



2017  
ГОД ЭКОЛОГИИ  
В РОССИИ

XV Всероссийская научно-практическая конференция  
с международным участием

# БИОДИАГНОСТИКА ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

04–06 декабря 2017 г.

Книга 1



ИБ Коми НЦ  
УрО РАН

Киров, 2017

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Вятский государственный университет»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук

## **БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ**

Материалы

XV Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием  
4–6 декабря 2017 г.

Книга 1

Киров 2017

УДК 502.1(082)  
ББК 28.081я431  
Б633

*Печатается по решению Научного совета  
Вятского государственного университета*

Ответственный редактор – **Т. Я. Ашихмина**, д. т. н., профессор, зав. кафедрой фундаментальной химии и методики обучения химии ВятГУ, зав. НИЛ биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГУ

Редакционная коллегия:

**С. В. Дёгтева**, д. б. н., **С. Г. Литвинец**, доцент, к. с.-х. н., **Л. И. Домрачева**, профессор, д. б. н., **Л. В. Кондакова**, профессор, д. б. н., **И. Г. Широких**, с. н. с., д. б. н., **Е. В. Дабах**, доцент, к. б. н., **Е. А. Домнина**, доцент, к. б. н., **Г. Я. Кантор**, с. н. с., к. т. н., **С. В. Пестов**, н. с., к. б. н., **С. Г. Скугорева**, доцент, к. б. н., **А. В. Сазанов**, доцент, к. б. н., **Е. С. Соловьёва**, доцент, к. б. н., **А. С. Тимонов**, н. с., **А. И. Фокина**, доцент, к. б. н., **С. В. Шабалкина**, доцент, к. б. н., **Е. Г. Шушканова** доцент, к. б. н.

**Б 633** Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем [Текст]: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 1. (г. Киров, 4–6 декабря 2017 г.) / отв. ред. Т. Я. Ашихмина. – Киров: ВятГУ, 2017. – 315 с.

ISBN 978-5-98-228-151-7

В сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем», посвященной Году экологии, вошли материалы исследований по изучению экологического состояния окружающей природной среды в регионах РФ. Особое внимание уделено использованию традиционных методов и инновационных технологий в оценке природных и природно-техногенных систем.

Значительное место в сборнике занимают материалы по устойчивости и адаптации растений, животных и микроорганизмов к действию неблагоприятных факторов среды. Представлены материалы по химии и экологии почв, а также освещены отдельные аспекты в области здоровья человека.

Сборник материалов конференции предназначен для научных работников, преподавателей, специалистов природоохранных служб и ведомств, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

УДК 502.1(082)  
ББК 28.081я431

ISBN 978-5-98-228-151-7

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»  
(ВятГУ), 2017

© ФГБУН Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, 2017

# СОДЕРЖАНИЕ

## СЕКЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

<i>Бурков Н. А.</i> О зелёном поясе г. Кирова.....	9
<i>Ашихмина Т. Я., Пугач В. Н., Кантор Г. Я., Кондакова Л. В., Савиных В. П., Широких И. Г., Тимонов А. С.</i> На российских объектах завершено уничтожение запасов химического оружия.....	11
<i>Хотько Н. И., Радюшкин Ю. Г., Симонова З. А.</i> Обоснование направлений совершенствования обеспечения безопасности населения в зонах функционирования опасных производственных объектов.....	17
<i>Шаров С. А., Ашихмина Т. Я.</i> Проблема изучения отсроченных техногенных воздействий на экосистемы.....	20
<i>Кургузкин М. Г., Кургузкин П. М.</i> Вариант векторного критерия оценки экологического состояния территории.....	25
<i>Баскин З. Л.</i> Непрерывный хроматографический мониторинг загрязнения воздуха и выбросных газов.....	28
<i>Туровская А. Д., Зайцева А. С., Арлянов В. А.</i> Изучение процесса переноса электронов в системе «микроорганизмы – медиатор – угольно-пастовый электрод».....	30
<i>Богданова М. С.</i> Картографическое моделирование динамики среднетаежных ландшафтов Карелии, испытавших длительное окультуривание.....	33
<i>Чадин И. Ф., Далькэ И. В., Захожий И. Г., Малышев Р. В., Мадиев Е. Г., Кузванова О. А., Кириллов Д. В., Елсаков В. В.</i> Моделирование географического распространения борщевика Сосновского ( <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.) на территории европейского северо-востока России.....	38
<i>Адамович Т. А., Савиных В. П.</i> Новая группировка спутников дистанционного зондирования Земли Sentinel.....	42
<i>Рутман В. В., Ашихмина Т. Я., Тимонов А. С.</i> Применение геоинформационных систем в оценке санитарно-эпидемиологической обстановки на территории Кировской области на примере распространения клещевых инфекций.....	45
<i>Рутман В. В., Ашихмина Т. Я., Ожегина И. Л., Кантор Г. Я., Кондакова Л. В.</i> Использование ГИС-технологий в оценке распространения заболевания бешенством по территории Кировской области.....	51
<i>Клековкина Е. А.</i> Перспективы использования мобильных ГИС в диагностике состояния природно-техногенных систем.....	58
<i>Адамович Т. А., Соловьёва Е. С., Злобина Ю. А.</i> Изучение содержания органического вещества и каталазной активности почв территории заказника «Пижемский».....	60

<b>Петухова Е. С., Русских А. Э., Солодянкина И. С., Болюбаш Р. А., Ашихмина Т. Я.</b> Особенности воздействия ионов тяжёлых металлов и соединений азота при различных их концентрациях на вегетативные органы ячменя <i>Hordeum vulgare</i> L. ....	63
<b>Клецов А. С., Адамович Т. А.</b> Динамика содержания тяжелых металлов в пробах воды водных объектов в районе г. Советска.....	68
<b>Чибрик Т. С., Глазырина М. А., Филимонова Е. И., Лукина Н. В.</b> Биоэкологический мониторинг флоры Коркинского железнодорожного отвала № 1 .....	70
<b>Рачкова Н. Г., Шапошникова Л. М., Шуктомова И. И.</b> Экологические аспекты фитопоглощения поллютантов в водных и наземных экосистемах территорий техногенного радиоактивного загрязнения.....	75
<b>Кутявина Т. И.</b> Результаты гидрохимического анализа родниковой и речной воды в районе Атарской луки Кировской области .....	80
<b>Адамович Т. А., Хорошавина М. В.</b> Оценка экологического состояния малых рек г. Кирова с использованием интегрального показателя – индекса загрязнения воды .....	82
<b>Кренёва С. В., Кренёва К. В.</b> Оценка состояния эвтрофных Состинских озер Калмыкии.....	85
<b>Шушпанникова Г. С., Кузькина О. Е.</b> Определение антропогенной нагрузки по экологическим шкалам Л. Г. Раменского на пойменных лугах р. Уса .....	89
<b>Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И., Перминов А. С., Шульмин Д. Н.</b> Метод экспресс-контроля очистки сточных вод промышленного предприятия .....	93
<b>Иванова К. В., Резник Е. Н.</b> Сравнительная оценка эффективности очистки сточных вод от формальдегида минеральными природными сорбентами и торфосорбентами .....	97

СЕКЦИЯ  
МЕТОДЫ БИОДИАГНОСТИКИ  
В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<b>Березина Е. А., Леухин И. В., Малюта О. В., Туев А. С.</b> Биоиндикация в оценке качества окружающей среды на особо охраняемых природных территориях.....	101
<b>Радюшкин Ю. Г., Хотько Н. И., Симонова З. А.</b> Биодиагностические методы в системе экологического мониторинга в районах сосредоточения химических объектов .....	103
<b>Куличенко А. Ю.</b> Оценка состояния р. Охта (г. Санкт-Петербург) на основе биотических методов .....	107
<b>Григорьев Ю. С., Величко Г. Р., Артына Н. К., Шашкова Т. Л.</b> Определение опасности солесодержащих сред и отходов для пресноводных организмов.....	111

<b>Скугорева С. Г., Домрачев И. А., Домрачева Л. И.</b> Сезонные изменения ионного состава и содержания микроорганизмов в родниковой воде (на примере двух родников г. Кирова) .....	115
<b>Скугорева С. Г., Домрачева Л. И., Бушковская М. А., Трефилова Л. В.</b> Оценка состояния почв г. Кирова методами химического анализа и биодиагностики .....	119
<b>Рычагова А. Г., Терехова В. А., Пряженникова М. Б.</b> Экологическая оценка тепличных субстратов производства завода ТехноНИКОЛЬ .....	125
<b>Бобрецова В. Р., Олькова А. С.</b> Применение торфа и торфогеля для снижения уровня токсичности нефтезагрязненных почв .....	128
<b>Порина Н. В., Оботурова М. Н., Фокина А. И.</b> Влияние сульфата меди(II) на кислотно-основную буферную емкость торфа .....	132
<b>Сырчина Н. В., Сазанов А. В., Козвонин В. А., Петухов Д. В., Мелентьева И. А.</b> Жидкие органоминеральные удобрения на основе молочной сыворотки .....	136
<b>Сырчина Н. В., Потапова И. А., Малышева А. В.</b> Органоминеральные удобрения на основе глауконитового концентрата и молочной сыворотки ..	140
<b>Сырчина Н. В., Полушина И. С.</b> Органоминеральные и биоорганоминеральные удобрения на основе куриного помета .....	144
<b>Сырчина Н. В., Соловьева Н. А., Кожевникова А. С.</b> Применение молотой серы в качестве удобрения .....	148
<b>Сырчина Н. В., Маркина Е. О.</b> Влияние гуминовых удобрений на фитотоксичные свойства соединений меди .....	152
<b>Ковязин В. Ф., Нгуен Тхи Тхю</b> Комплексная оценка зеленых насаждений Санкт-Петербурга.....	157
<b>Ковязин В. Ф., Фам Тхи Хиен Лыонг, До Хонг Хань</b> Санитарное состояние насаждений курортного лесопарка Санкт-Петербурга .....	160
<b>Пристова Т. А., Загирова С. В.</b> Элементный состав растений в предгорных лесах на западном макросклоне Приполярного Урала .....	165
<b>Рыбак А. В., Белых Е. С., Майстренко Т. А., Велегжанинов И. О.</b> Изменчивость микросателлитных локусов <i>Trifolium pratense</i> в условиях радиоактивного и химического загрязнения .....	168
<b>Андрянова Ю. М., Сергеева И. В., Мохонько Ю. М., Салтаева В. А., Кувшинова К. А.</b> Земляника – биологический маркер качества окружающей среды.....	173
<b>Лялина Е. И., Соколова М. Л., Ёлкина Ю. С.</b> Подбор способа экстракции восстановленного глутатиона из растений для создания экспресс-теста оценки глутатионзависимой защитной системы организма.....	177
<b>Козьминых В. В., Фокина А. И.</b> Влияние лимонной кислоты на аналитический сигнал глутатиона в присутствии ионов меди(II).....	179

<b>Пухальский Я. В., Воробьев Н. И., Шапошников А. И., Свиридова О. В., Белимов А. А., Пищик В. Н., Толмачев С. Ю.</b> Технология электромагнитного управления сигнальными процессами на примере корневой экссудации органических кислот и сахаров в микробно-растительных биосистемах.....	182
<b>Батыр Л. М., Джур С. В., Бырса М. Н., Рошка М. С., Ротарь М.</b> Антиоксидантная и антирадикальная активность экстрактов из биомассы спироулины.....	187
<b>Онофрейчук О. Н., Злыднев А. А., Анищенко Л. Н.</b> Эколого-физиологические особенности видов лишено- и бриобиоты как комплексный показатель биомониторинга .....	190
<b>Захожий И. Г., Шелякин М. А., Далькэ И. В., Малышев Р. В., Дымова О. В., Табаленкова Г. Н., Головки Т. К.</b> Биодиагностика среды в зоне добычи бокситового сырья на основе оценки функционального состояния лишайников.....	195
<b>Шихова С. В., Гржегоржевский К. В., Гагарин И. Д.</b> Оценка эффективности адресной доставки аминокперина с помощью железо-молибденовых нанокластерных полиоксометаллатов с использованием биотеста на <i>Drosophila melanogaster</i> .....	198
<b>Степанов А. А., Рябова Е. В.</b> Оценка урожайности рыжиков в Сунском районе Кировской области .....	202
<b>Гусакова Н. Н., Сергеева И. В., Дружкина Т. А., Лебедь Л. В.</b> Биоиндикация антропогенных воздействий на агроэкосистемы – дисциплина для магистров по направлению подготовки «Агрономия» .....	204
<b>Сухарева Т. А.</b> Использование зеленых мхов и лишайников при оценке состояния лесных экосистем в естественных и антропогенно-нарушенных условиях.....	205
<b>Скугорева С. Г., Жукова А. В.</b> Перекисное окисление липидов растений ячменя в присутствии ионов меди(II) и металлсвязывающих агентов.....	208

## СЕКЦИЯ ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<b>Сазанова М. Л., Попова Г. А., Сазанов А. В., Козвонин В. А.</b> Состояние здоровья студенток ВятГУ как индикатор состояния окружающей среды.....	212
<b>Корсукова Н. В., Ильясова А. Р.</b> Анализ распространенности заболеваний органов дыхания среди населения Республики Татарстан .....	217
<b>Жаворонков В. И., Рясик И. О.</b> Методы биофизики в оценке качества питьевой воды и её влияния на здоровье человека .....	220
<b>Лапин А. А., Калайда М. Л., Идрисова И. И.</b> Качество воды как показатель, влияющий на процессы старения организма.....	225

<b>Трухина С. И., Трухин А. Н., Циркин В. И., Шушканова Е. Г.</b> Успешность обучения в школе девочек и мальчиков, рожденных путем планового кесарева сечения .....	230
<b>Тулякова О. В., Юрчук-Зуляр О. А.</b> Особенности заболеваемости, физического и психического развития право- и леворуких детей с рождения до 7 лет .....	235
<b>Швечихина Ю. В., Вартанова Н. Б.</b> К оценке уровня некоторых показателей экофизиологического статуса студентов (на примере биологического факультета Самарского университета).....	239
<b>Шихова А. В., Трухин А. Н.</b> Время суток как фактор, оказывающий влияние на эмоциональный статус студентов .....	243
<b>Загустина И. Д.</b> Электромагнитное излучение как фактор ухудшения здоровья человека .....	248
<b>Лалин А. А., Исмагилов Ф. А., Пиганов Е. С.</b> Влияние водных биологических ресурсов на здоровье человека .....	252
<b>Борисова С. Д.</b> Влияние антропогенных факторов на здоровье городского населения .....	256
<b>Макаренко З. П., Русанова В. А., Русакова О. В.</b> Формирование экологической культуры лицеистов .....	260
<b>Кошкина Н. А.</b> Развитие представления современной молодежи о здоровом образе жизни .....	262
<b>Шушканова Е. Г., Чистякова Л. В., Бышева М. В., Душина Е. Э.</b> Гистаминореактивность эритроцитов беременных женщин и рожениц, определяемая по изменению времени начала агглютинации эритроцитов и по скорости их оседания .....	266
<b>Циркин В. И., Бушкова Е. Н., Душина Е. Э., Бурова М. В.</b> Динамика скорости оседания эритроцитов гепаринизированной венозной крови беременных женщин и рожениц в зависимости от срока гестации .....	271
<b>Циркин В. И., Бурова М. В., Бушкова Е. Н.</b> Влияние окситоцина и эстрадиола на скорость оседания эритроцитов гепаринизированной венозной крови беременных женщин.....	275
<b>Трухина С. И., Ситникова Е. Ю., Харина В. А., Бушкова Е. Н.</b> Влияние эстрадиола и дидрогестерона на М-холинореактивность эритроцитов беременных женщин .....	280
<b>Циркин В. И., Колпаков А. Г.</b> Влияние атозибана на ингибирующий эффект адреналина в опытах с миометрием небеременных крыс .....	284
<b>Патурова И. Г., Безмельцева О. М., Худяков А. Н., Сергушкина М. И., Полежаева Т. В.</b> Радиальная активность нейтрофилов как индикатор нормально протекающей беременности.....	289
<b>Сергушкина М. И., Худяков А. Н., Полежаева Т. В., Безмельцева О. М.</b> Использование коммерческого яблочного пектина для сохранения ядросодержащих клеток крови человека при отрицательных температурах.....	294

<b><i>Зобнина Н. Л., Цапок П. И.</i></b> Изучение адсорбции пировиноградной кислоты как участника глюконеогенеза.....	297
<b><i>Зеленков В. Н., Лапин А. А., Марков М. В.</i></b> Суммарная антиоксидантная активность образцов растений, используемых в питании долгожителей Вьетнама .....	301
<b><i>Окулова И. И., Жданова О. Б., Часовских О. В., Шабанова А. А., Кислицына А. Н., Сидоров А. А., Двойнишникова А. О.</i></b> Биологически активные препараты и перспективы их применения .....	305
<b><i>Козвонин В. А., Товстик Е. В., Сазанов А. В., Сырчина Н. В., Селезнев Р. В.</i></b> Оценка возможности получения гиалуроновой кислоты для медицинской и косметологической промышленности из отходов птицеводства .....	309
<b><i>Плотникова О. М., Иванова А. Ю., Каминская А. С.</i></b> Диагностика состояния ферментной системы лабораторных мышей по изменению активности ряда ферментов крови под влиянием корвалола.....	313

# СЕКЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

## О ЗЕЛЁНОМ ПОЯСЕ г. КИРОВА

*Н. А. Бурков*

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
Общественная палата Кировской области, ipo@vgsha.info*

В общественную палату Кировской области поступило обращение общероссийского народного фронта с предложением выступить инициатором организации вокруг областного центра лесопаркового зеленого пояса в соответствии с вступившей в силу главой 9.1 Федерального Закона «Об охране окружающей среды».

Проблема охраны зеленых насаждений является актуальной для г. Кирова. В условиях техногенного «пресса» качество окружающей среды практически не улучшается даже в условиях экономического спада. Зеленые насаждения, выполняя роль демпфера между источниками воздействий и человеком, существенно улучшают качество окружающей среды. Поэтому требования по защите зеленых насаждений содержат экологическое, лесное, градостроительное законодательства [1–4]. Эти требования в случае их выполнения в целом достаточны для обеспечения охраны зеленых насаждений. Однако правоприменительная практика указывает на системные сбои, следствием которых является истощение «зеленого щита». Прежде всего это относится к той части зеленых насаждений, которая представлена рекреационными зонами и зонами охраняемых природных территорий. Многочисленные примеры наступления бизнеса на зеленые насаждения отмечались в последние годы и в г. Кирове, особенно в отношении городских «парков» и скверов (слово «парки» взято в кавычки, т.к. в городе нет ни одного объекта, удовлетворяющего этим целям по площадным характеристикам) [4]. Общественная палата почти каждый год организовывала публичные мероприятия по этому вопросу, заканчивавшиеся, как правило, призывами к властям прекратить передачу озелененных территорий в территориальные зоны, где не обеспечивается их сохранность.

Другой не менее важной частью «зеленого щита» являются леса пригородных зон, объединенные для городов Киров, Кирово-Чепецк, Слободской в единую зеленую зону этих городов. В 1991–1992 гг. по заказу комитета по охране природы Воронежским филиалом ГПИ «Союзгипролес» проведена разработка схемы генерального плана зеленой зоны городов Кирова, Кирово-Чепецка, Слободского и рабочего проекта благоустройства и хозяйственных

мероприятий лесов лесопарковой части этой зеленой зоны. В 1994 г. была утверждена схема генерального плана всей зеленой зоны на площади 175 тыс. га, в том числе ее лесопарковой части площадью 15,8 тыс. га. В 1995 г. леса сельхозпредприятий в ней на площади 27 тыс. га переданы государственным органам лесного хозяйства. В то же время в системе управления лесами создан парковый лесхоз.

Эти мероприятия позволили позднее, в 2007 г. (Постановление Правительства Кировской области от 20.06.2007 № 98/258) объявить зеленую зону городов Кирова, Кирово-Чепецка и Слободского на площади 175 тыс. га особо охраняемой природной территорией (ООПТ) регионального значения. По мнению автора, это, возможно, самое серьезное мероприятие за последние 20 лет в сфере природоохранной деятельности в Кировской области. Его эффект мог бы быть значительно выше, если бы выделялись достаточные средства на содержание и охрану зеленой зоны и соблюдался ее режим.

Режим охраны и использования лесов в уже существующих зонах ограничения лесохозяйственной деятельности (зеленой зоне и ее лесопарковой части, а тем более в ООПТ регионального значения) значительно жестче, чем в предполагаемом лесопарковом зеленом поясе. Недаром в ряде публикаций [6, 7] высказывается опасение о недостаточной правовой защищенности лесов в пределах зеленого пояса. В Кировской области этой проблемы нет.

Таким образом, проблема охраны зеленых насаждений состоит не в отсутствии механизмов регулирования хозяйственной деятельности, а в невыполнении государственными и муниципальными органами власти полномочий по их обеспечению. Узаконивание границ ООПТ в государственном земельном кадастре и обеспечение должного контроля за режимом хозяйственной деятельности в ее пределах практически полностью решило бы проблему без организации зеленого пояса.

Полезность организации зеленого пояса объясняют тремя факторами:

- наличием федерального финансирования землеустроительных кадастровых работ (около одного миллиона рублей, более точно цена определяется в ходе конкурсных процедур);

- возможностью включения в него городских зеленых насаждений, числящихся в составе ООПТ;

- компенсационным принципом при исключении земель из состава зеленого пояса: площадь исключаемых территорий компенсируется включением в его границы территорий, площадь которых не меньше площади исключаемых территорий, которые соответствуют требованиям закона и расположенные на которых лесные насаждения и иные природные объекты обеспечивают выполнение средообразующих, природоохранных, экологических, санитарно-гигиенических и рекреационных функций.

Исходя из этих соображений в ходе общественного обсуждения этого вопроса практически единогласно его участниками было принято решение об инициировании организации зеленого пояса г. Кирова.

## Литература

1. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: федер. закон от 10.01. 2002 № 7-ФЗ. Режим доступа: СПСКонсультантПлюс.
2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006. № 200-ФЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: СПСКонсультантПлюс.
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004. № 190-ФЗ (ред. от 24.11.2014) (с изм. и доп., вступ. в силу с 25.11.2014) [Электронный ресурс]. Режим доступа: СПСКонсультантПлюс.
4. СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».
5. Бурков Н. А. О проблеме зеленых насаждений г. Кирова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ООО «Лобань», 2012. С. 227–233.
6. Ермолаев К. Закон о «зеленом щите» нуждается в доработке, считает эксперт ОНФ [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://ria.ru/society/20170523/1494986078.html>
7. Закон о «зелёном поясе» может погубить многие леса вокруг больших городов [Электронный ресурс]. Режим доступа [www.greenpeace.org/russia/ru/news/2016/07-04-shield/](http://www.greenpeace.org/russia/ru/news/2016/07-04-shield/)

## НА РОССИЙСКИХ ОБЪЕКТАХ ЗАВЕРШЕНО УНИЧТОЖЕНИЕ ЗАПАСОВ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

*Т. Я. Ашихмина<sup>1,2</sup>, В. Н. Пугач<sup>1</sup>, Г. Я. Кантор<sup>1,2</sup>, Л. В. Кондакова<sup>1,2</sup>,  
В. П. Савиных<sup>1,4</sup>, И. Г. Широких<sup>1,2,3</sup>, А. С. Тимонов<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Вятский государственный университет,

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

<sup>3</sup> НИИ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,

<sup>4</sup> Московский государственный университет геодезии и картографии

Отрадно отметить, что в Год Экологии произошло поистине выдающееся событие, которое знаменует собой полное уничтожение всех запасов химического оружия, объявленных Российской Федерацией. В исторический день 27 сентября 2017 г. на объекте «Кизнер» Удмуртской республики ликвидирован последний химический боеприпас из российских арсеналов химического оружия. К этой вехе в истории химического разоружения наша страна продвигалась упорно и настойчиво, преодолевая все объективные и субъективные трудности, последовательно решая сложнейшие технические, технологические, социальные и экономические проблемы. В 1993 г. наша страна выступила одним из основных инициаторов международного соглашения по подписанию Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении [1]. Через три года, в 1996 г. Правительством РФ была принята федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» [2, 3], а в 1997 г. состоялась ратификация Конвенции Государственной Думой Российской Федерации [4] и вступил в силу Федеральный закон «Об уничтожении химического оружия» [5].

За 20 прошедших лет коллективом военных и гражданских специалистов, учёных, под руководством Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия проведена огромная, масштабная работа. Были разработаны отечественные безопасные технологии уничтожения высоко опасных отравляющих веществ, в том числе в боеприпасах сложной конструкции [6–9], созданы современные наукоёмкие предприятия, построено семь современных крупных объектов по промышленному уничтожению химического оружия [10–12]. Первый объект по уничтожению боевых отравляющих веществ (ОВ) был построен и введен в эксплуатацию в пос. Горный Саратовской области в декабре 2002 года. Там хранилась 1,1 тыс. т отравляющих веществ кожно-нарывного действия иприт и люизит в специальных крупнотоннажных емкостях. Они полностью и безопасно были уничтожены в 2005 г. В том же 2005 г. в строй вступил объект «Камбарка» в Удмуртской Республике, где хранились 6,4 тыс. т ОВ кожно-нарывного действия (люизит) в специальных крупнотоннажных емкостях. С поставленной задачей коллектив объекта «Камбарка» справился в 2009 г. В 2006 г. был пущен в эксплуатацию третий российский объект «Марадыковский» в пос. Мирный Кировской области. Здесь хранились авиационные химические боеприпасы, снаряженные фосфорорганическими ОВ последнего поколения (зарин, зоман, ОВ типа ви-икс), а также люизитом, общей массой 6,9 тыс. т. В октябре 2015 г. на этом объекте был уничтожен последний химический боеприпас. В 2008 г. приступил к уничтожению химического оружия объект «Леонидовка» в Пензенской области. Все хранившиеся на нем 6,9 тыс. т фосфорорганических отравляющих веществ, снаряженные в авиационные химические боеприпасы, полностью уничтожены в сентябре 2015 г. Объект «Щучье» в Курганской области был введен в эксплуатацию в 2009 г. В ноябре 2015 г. коллектив объекта успешно завершил основную работу, уничтожив 5,5 тыс. т фосфорорганических ОВ, снаряженных в химические боеприпасы ствольной и реактивной артиллерии. В 2010 г. начались работы по уничтожению химического оружия на самом крупном по запасам ОВ объекте «Почеп» в Брянской области. Все хранившиеся на нём 7,5 тыс. т фосфорорганических отравляющих веществ, снаряженных в авиационные химические боеприпасы, были успешно уничтожены в октябре 2015 г. Седьмой объект «Кизнер» в Удмуртской Республике вступил в строй в декабре 2013 г. Там хранились 5,7 тыс. т фосфорорганических отравляющих веществ и люизита в артиллерийских химических боеприпасах. На этом объекте и, соответственно, в Российской Федерации в целом последний химический боеприпас был уничтожен 27 сентября 2017 года.

Процесс уничтожения запасов химического оружия в Российской Федерации проходил в четыре этапа. Согласно требованиям Конвенции и Программы, к апрелю 2003 г. было уничтожено 400 тонн отравляющих веществ, что составляло 1% имевшихся запасов. Это был I этап [13]. В апреле 2007 г. был выполнен II этап, по итогам которого уничтожено 8 тыс. т ОВ, что составило более 20% запасов химического оружия [11, 13]. В ноябре 2009 г. был

выполнен III этап: уничтожено 18 тыс. т ОВ, или более 45 % всех запасов химического оружия [11, 14, 15]. Завершающий, IV этап конвенционных обязательств выполнен в сентябре 2017 года [6, 16, 17]. Таким образом, уничтожены все имевшиеся на хранении 40 тыс. т боевых ОВ, которые были снаряжены в 4,4 млн. химических боеприпасов. Часть химических боеприпасов содержала не только отравляющие, но и взрывчатые вещества, которые невозможно было извлечь. И эти сложные боеприпасы были также уничтожены с использованием отечественных технологий российскими специалистами на российских предприятиях [8, 9, 17].

В процессе всей деятельности объектов, на которых проводилось уничтожение запасов химического оружия, были созданы и действовали высокотехнологичные системы обеспечения экологической безопасности окружающей природной среды на территории промплощадки, санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий, здоровья работающего персонала, населения, проживающего вблизи объекта. С этой целью на каждом объекте системно, на постоянной основе, проводился экологический контроль и мониторинг, включающий организацию производственного экологического контроля и мониторинга, государственного экологического контроля и мониторинга, санитарно-гигиенического надзора и мониторинга [18–22]. Следует отметить, что в процессе деятельности всех семи объектов уничтожения химического оружия не допущено ни одного случая прорыва в окружающую среду ОВ или продуктов их деструкции. Все объекты отработали благополучно, в штатном режиме, без аварийных ситуаций.

За счет средств ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» в регионах хранения и уничтожения химического оружия построены многие объекты социальной инфраструктуры. В их числе более 400 многоквартирных жилых домов, 14 больниц, 22 детских общеобразовательных учреждения, 3 Дома культуры, 3 здания РОВД, 3 бани, 1 Дворец водного спорта, 3 спортивных комплекса, 7 электроподстанций, 11 котельных, 2 полигона ТБО, водозаборное сооружение и пруд. Проложено 10,5 км сетей электроснабжения, 201 км сетей водоснабжения, 29,9 км теплоснабжения, 516 км газоснабжения. Благоустроено 52,9 км улиц, отремонтировано 155 км автомобильных дорог. Всё это сделано для улучшения социальных условий проживающего населения в зонах защитных мероприятий объектов хранения и уничтожения химического оружия [6, 10, 15]. На эти цели направлено до 10% стоимости каждого из семи объектов по хранению и уничтожению химического оружия.

В настоящее время все семь российских объектов хранения и уничтожения химического оружия находятся на этапе вывода из эксплуатации и подготовки к ликвидации последствий деятельности. Эта работа должна быть выполнена на высочайшем уровне с использованием разработанных современных российских и других технологий санации и реабилитации территорий [23–32].

О том, как предполагается министерством промышленности и торговли Российской Федерации использовать созданные на объектах хранения и уничтожения химического оружия здания, сооружения, инфраструктуру для решения народнохозяйственных задач в докладе Президенту РФ В. В. Путину пояснил Министр промышленности и торговли Российской Федерации Д. В. Мантуров. Он отметил, что созданная для уничтожения запасов химического оружия инфраструктура будет обязательно использована в последующем. В частности, на объекте «Почеп» в Брянской области и комплексе «Марадыковский» в Кировской области планируется организовать выпуск фармацевтической и химической продукции, на объекте «Кизнер» (Удмуртия) планируется создать производство порохов и взрывчатых веществ. Инфраструктуру других объектов, в частности, «Камбарку» в Удмуртии, «Горный», Саратовская область, «Щучье», Курганская область, и «Леонидовка» Пензенская область планируется использовать под обезвреживание промышленных отходов первого и второго класса опасности, которых на предприятиях различных отраслей промышленности накопилось к настоящему времени достаточно большое количество.

Таким образом, на сегодня Россия полностью выполнила взятые на себя обязательства по международной Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении. Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации завершено безопасно, эффективно и на три года раньше установленного срока. За всем этим стоит напряженный кропотливый труд многих тысяч сотрудников и учёных российских организаций и предприятий, и, в первую очередь, коллектива Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.*

### **Литература**

1. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении. Междунар. конф. по подписанию Конвенции. GE. 92-619266. Париж, 1993. 133 с.

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 марта 1996 г. № 305 «Об утверждении федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1996 г. № 14. Ст. 1448.

3. Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации». Постановление Правительства РФ от 21.03.1996 г. № 305 и от 5.07. 2001 г. № 510.

4. Федеральный закон от 5 ноября 1997 г. № 138-ФЗ «О ратификации Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1997. № 45. Ст. 5138.

5. Федеральный закон от 2 мая 1997. № 76-ФЗ «Об уничтожении химического оружия» // Собрание законодательства Российской Федерации № 18. Ст.2105; 2003. № 2. Ст. 167; 2005. №19. Ст.1752; 2006. № 52. Ст. 5498.
6. Капашин В. П. Уничтожение запасов химического оружия на основе современных российских технологий // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 3. С.10–13.
7. Холстов В. И. Реализация научно-технической политики в области уничтожения химического оружия в Российской Федерации // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 4. С. 5–7.
8. Капашин В. П., Холстов В. И. Мандыч В. Г., Кармишин А. Ю., Коваленко И. В., Краснянский А. И. Безопасный процесс уничтожения боеприпасов сложной конструкции – от концепции до технологии // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 3. С. 29–34.
9. Антипов В. Б., Хасанов А. Х. Научно-технические аспекты оптимизации процесса доставки химических боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии на объекты по уничтожению химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 4. С. 26–33.
10. Капашин В. П. Актуальные вопросы завершающего четвёртого этапа выполнения конвенционных обязательств Российской Федерацией // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 8–9.
11. Холстов В. И. Уничтожение химического оружия – 3-й этап // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 1. С. 4–12.
12. Kholstov V. I. Chemical Weapons Decomission – the 3d Stage // Theoretical and applied ecology. 2010. № 1. С. 12–18.
13. Холстов В. И. Выполнение Россией обязательств по конвенции о запрещении химического оружия: состояние и ближайшие задачи // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 4–7.
14. Холстов В. И. О состоянии работ по уничтожению химического оружия в Российской Федерации в 2008 году // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 5–10.
15. Капашин В. П., Афанасенко Е. П., Назаров А. В. Выполнение Российской Федерацией третьего этапа работ в соответствии с положениями Конвенции о запрещении химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 1. С. 19–26.
16. Холстов В. И. Реализация Федеральной целевой программы на четвёртом заключительном этапе уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 6–7.
17. Капашин В. П., Холстов В. И., Кондратьев В. Б. 20 лет со дня принятия федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 4. С. 6–11.
18. Капашин В. П. Химическое разоружение. Производственный экологический мониторинг. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2000. 160 с.
19. Ашихмина Т. Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.
20. Капашин В. П., Кутьин Н. Г., Мартынов В. В., Ферезанова М. В., Чупис В. Н. Экологический мониторинг опасных производственных объектов: опыт создания и перспективы развития. М.: Научная книга, 2019. 526 с.
21. Ашихмина Т. Я. Научно-методические основы комплексного экологического мониторинга окружающей среды в районе объектов хранения и уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 23–34.
22. Капашин В. П., Кармишин А. Ю., Воронин В. А., Воробьёв Т. В., Лякин А. С., Коваленко И. В., Осокин Р. В. Методические аспекты обеспечения безопасности на опасных

производственных объектах: технология производства, многоуровневый контроль, комплексная защита // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 4. С. 25–33.

23. Кармишин А. Ю., Воробьёв Т. В., Лякин А. С., Исаев И. Н., Рудь В. Л. Универсальная рецептура для обезвреживания в ходе ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 3. С. 100–109.

24. Акишин Р. О., Лякин А. С. Научно-технические аспекты ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 13–16.

25. Загребин Е. М., Соснов А. В., Садовников С. В., Землякова М. А., Пуцыкин Ю. Г., Шаповалов А. А. Новые высокотехнологичные сорбенты и сорбенты-биодеструкторы на основе гуминовых кислот в качестве средств ремедиации и рекультивации загрязнённых почв // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 21–29.

26. Растегаев О. Ю., Субботин В. Е., Ченцов А. М., Рыжков В. А., Черников С. Н. Практические направления экологической реабилитации почв при их химическом загрязнении // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 30–33.

27. Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Клаучек В. В., Лось С. П. Гигиенические аспекты рекультивации промплощадки бывшего объекта по производству иприта, люизита и ипритнолюизитных смесей // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 39–42.

28. Stepanov A.L., Zviagintsev D. G., Lisak L. V., Shapovalov A. A. Putsykin Y. G. Isolation of humic acids from SOM by use of soil microorganisms // EUROSOL. Book Abstracts. Vienna. 2008. P. 231.

29. Лазыкин А. Г., Лещенко А. А., Ашихмина Т. Я. Погорельский И. П., Дармов И. В., Лундовских И. А., Устюжанин И. А., Шаров С. А. Оценка возможности использования растительно-микробных ассоциаций при рекультивации почвы на объекте «Марадыковский» // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 4. С. 96–104.

30. Стяжкин К. К., Петров С. В., Туманов А. С., Завьялова Н. В., Воробьёв К. А., Тетерин В. В., Погорельский И. П., Лещенко А. А., Лазыкин А. Г., Менухова В. С. Биопрепарат для ремедиации почвы в пределах зоны защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» // Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 4. С. 41–48.

31. Stepanov A. L., Zviagintsev D. G., Lisak L. V., Shapovalov A. A. Putsykin Y. G. Use of Soil Microorganisms for Producing Standard Samples of Humic Acids // 14-th International Meeting of the Humic Substances Society. Moscow. 2008. V. II. P. 721–722.

32. Лякин А. С. Способы приведения в безопасное состояние территорий и объектов инфраструктуры при выводе из эксплуатации объекта по хранению и уничтожению химического оружия «Горный» (пос. Горный Саратовской области) // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 17–20.

## ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

*Н. И. Хотько<sup>1</sup>, Ю. Г. Радюшкин<sup>1</sup>, З. А. Симонова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *НИИ промышленной экологии, info@sar-ecoinst.org*

<sup>2</sup> *Саратовский технический университет им. Ю. А. Гагарина,  
ecology.sstu@mail.ru*

Современный период социума характеризуется широким применением различных видов токсичных соединений, используемых в химической индустрии и способных наносить ущерб здоровью людей, а в особых условиях формировать обширные зоны химического заражения.

На территории РФ функционирует более 4 тыс. опасных промышленных объектов (ОПО). На них выпускается большим тоннажем около 40 тыс. химических веществ (ХВ), которые широко используются в различных отраслях промышленности, в сельском хозяйстве, в быту и в медицине; при этом более 100 из них обладают токсичностью, сопоставимой с токсичностью боевых отравляющих веществ. Только в Европе ежегодно производится более 0,5 млрд. смертельных доз мышьяка, 5 млрд. доз бария, 100 млрд. доз аммиака, 10000 млрд. доз хлора [1].

Аварии с выбросом токсикантов и химическим заражением больших территорий могут происходить там, где проживают люди. Не исключается и опасность химического терроризма [2–9].

Особую настороженность вызывают места компактного размещения большого числа ОПО, где вероятность возникновения химических катастроф со значительным поражением людей и нанесения территориям материального и экологического ущерба достаточно высока. Не исключается риск развития у населения токсического процесса и при штатной работе ОПО в виде развития стойкого аллобиоза (аллергизация, иммуносупрессия, астеническое состояние) или в виде формирования специальных патологических форм (химического мутагенеза, канцерогенеза, тератогенеза, нарушения репродуктивных функций).

Одной из таких территорий в РФ является Саратовская область, где функционировал химический испытательный полигон, объект по уничтожению химического оружия и множество промышленно-хозяйственных предприятий химической направленности [10].

В основах государственной политики в сфере обеспечения химической и биологической безопасности РФ до 2025 г. указывается, что химическая безопасность определяется состоянием готовности государства к предотвращению угроз химического характера [11].

По реализации этой задачи следует совершенствовать прогнозную оценку медико-санитарных последствий химических аварий и катастроф,

формирующих чрезвычайные ситуации (ЧС), тактику действий персонала здравоохранения при их развитии, организацию управления и межведомственного взаимодействия. Важным является и изучение структуры заболеваемости у населения, проживающего в районах сосредоточения ОПО, функционирующих в штатном режиме.

Таким образом, в настоящее время остаются не полностью решенными вопросы, касающиеся медицинского обеспечения населения районов сосредоточения ОПО в части:

- возникновения на этих объектах ЧС химического генеза, характеризующихся значительными безвозвратными и санитарными потерями среди людей, возникновением материальных потерь в инфраструктуре и развитием экологического неблагополучия территорий;

- осуществления эффективных медико-профилактических мероприятий среди населения при повседневной работе ОПО, выбрасывающих в окружающую среду различный спектр ХВ в концентрациях и дозах, нередко превышающих допустимые пределы.

Эти обстоятельства предстают, по сути, перманентным мотивом для проведения исследований с целью оптимизации проведения организационных, лечебно-эвакуационных и медико-профилактических мероприятий населению, проживающему в районах сосредоточения опасных химических объектов, как при возникновении чрезвычайных ситуаций химического генеза, так и при функционировании их в штатном режиме повседневной деятельности, а также предложений по их совершенствованию.

*Для реализации указанной цели решаются следующие научные задачи:*

- Выявление химических опасностей, негативно влияющих на здоровье людей, проживающих в районе сосредоточения ОПО.

- Проведение расчёта величины людских санитарных потерь в прогнозируемых чрезвычайных ситуациях химического характера, а также необходимых сил и средств службы медицины катастроф для ликвидации их медико-санитарных последствий.

- Разработка путей оптимизации лечебно-эвакуационного процесса пораженных опасными химическими веществами при развитии ЧС в районе сосредоточения химических опасных объектов

- Оценка состояния здоровья населения и выявление его взаимосвязи с загрязнением среды обитания химическими веществами.

- Разработка предложений по совершенствованию организационных и медико-профилактических мероприятий среди населения, проживающего в районах сосредоточения опасных химических объектов, как в процессе их функционирования в штатном режиме повседневной деятельности, так и по прекращению (перепрофилированию) их деятельности.

*ФГБУ «ГосНИИЭНП» совместно с заинтересованными организациями (ФГОУ «СГМУ», ФГУП «НИИ ГПЭЧ», Управлениями росприроднадзора, роспотребнадзора и МЧС области) впервые проведена комплексная оценка*

*территорий сосредоточения ОПО и определён экологический потенциал всей территории области:*

- дана её климатогеографическая и химико-экологическая оценка;
- проведён анализ источников химической опасности;
- оценена медико-тактическая характеристика возможных очагов химического поражения;
- проанализированы наиболее распространенные методики расчёта медико-санитарных последствий при возможном развитии ЧС химического характера и выбрана наиболее оптимальная из них для исследуемой территории;
- оценены возможности медицинских организаций различных министерств и ведомств, функционирующих в Саратовской области, по оказанию экстренной медицинской помощи в ЧС химической природы;
- разработаны предложения по совершенствованию подготовки сил и средств службы медицины катастроф (СМК) к оказанию экстренной медицинской помощи в ЧС химической природы;
- определена потребность в медицинском имуществе (по номенклатуре и количеству) для оказания медицинской помощи на внешней границе очага химического поражения;
- предложена оптимальная схема проведения лечебно-эвакуационных мероприятий (ЛЭМ) в очаге возможного химического поражения, применительно к изучаемой территории с определением в качестве этапа медицинской эвакуации, оказывающего специализированную медицинскую помощь одного из госпиталей Минобороны России;
- определены пути оптимизации взаимодействия военного госпиталя с медицинскими организациями других министерств и ведомств, функционирующих на исследуемой территории.
- представлены варианты совершенствования лечебно-профилактических мероприятий, смягчающих негативное влияние опасных химических веществ на население, проживающее в районах сосредоточения ОПО.

*Теоретическая и практическая значимость работы определяется следующим образом:*

1. Разработана компьютерная программа для расчета номенклатуры и количества медикаментов по оснащению укладок формирований СМК, предназначенных для оказания первичной медико-санитарной помощи на внешней границе очага химического поражения.

2. Для совершенствования взаимодействия государственного и ведомственного здравоохранения, функционирующего на территории Саратовской области, в части ликвидации медико-санитарных последствий ЧС химического характера предложена схема осуществления ЛЭМ пораженным ОХВ в специализированном военном госпитале.

3. В ходе корреляционного анализа заболеваемости населения и состояния химического загрязнения воздуха, воды и почвы токсикантами из числа опасных химических веществ выявлено, что население районов сосредото-

ния ОПО находится в группе риска по заболеваемости большинством классов болезней.

### Литература

1. Гребенюк, А. Н. Вопросы токсикологии в подготовке и практической деятельности военных врачей / А.Н. Гребенюк // Токсикологический вестник. 2011. № 6. С. 7–13.
2. Уроки применения химического оружия в первую мировую войну для современной военной медицины / А. Н. Бельских, В. А. Башарин, С. В. Чепур, Ю. Ш. Халимов [и др.] // Военно-медицинский журнал. 2015. № 8. С. 11–16.
3. Гребенюк, А. Н. Задачи медицинской службы в области обеспечения токсикологической безопасности военнослужащих / А. Н. Гребенюк // Военно-медицинский журнал. 2009. № 4 С. 12–16.
4. Barelli, A. The comprehensive medical preparedness in chemical emergencies: the chain of chemical survival / A. Barelli [et al.] // Eur. J. Emerg. Med. 2008. Vol. 15. № 2. P. 110–118.
5. Bland, S. A. Chemical, biological and radiation casualties: critical care considerations / S.A. Bland [et al.] // J. R. Army Med. Corps. 2009. Vol. 155. № 2. P. 167–171.
6. Ganesan, K. Chemical warfare agents / K. Ganesan [et al.] // J. Pharm. Biol. Sci. 2010. Vol. 2. № 3 P. 168–178.
7. Goh, S. H. Bomb blast mass casualty incidents: initial triage and management of injuries / S. H. Goh // Singapore Med. J. 2009. Vol. 50. № 1. P. 101–106.
8. Greenberg, M. I. Sea-dumped chemical weapons: environmental risk, occupational hazard / M. I. Greenberg, K. J. Sexton, D. Vearrier // Clin. Toxicol. (Phila). 2015. № 12. P. 22–24.
9. Химическая оборона России / Под ред. Н. И. Алимова. Саратов, 1998. 189 с.
10. Антидотная терапия в системе мероприятий по ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций / И. М. Чиж, В. Д. Гладких, В. Г. Белых, С. Н. Русанов // Медицина катастроф. 2015. № 3 (91). С. 29–33.
11. Щеголев, А. В. Перспективы материально-технического развития службы анестезиологии и реанимации / А. В. Щеголев // Военно-медицинский журнал. 2013. № 7. С. 9–16.

## ПРОБЛЕМА ИЗУЧЕНИЯ ОТСРОЧЕННЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЭКОСИСТЕМЫ

*С. А. Шаров<sup>1</sup>, Т. Я. Ашихмина<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет,*

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
sharky2007.doost@mail.ru, ecolab2@gmail.com*

Необузданный рост различных производств [1], развитие техники и технологий, ядерной энергетики, расширение добычи полезных ископаемых, развитие сельского хозяйства, внедрение его в зонах, ранее не использовавшихся для этих целей, рост объемов оборота топливно-энергетических ресурсов, автомобилизация населения все это ведет к увеличению и усложнению нагрузки на окружающую среду. Антропогенное воздействие недостаточно нормировать по отдельным компонентам, необходимо учитывать комплекс-

ное, комбинированное и сочетанное воздействие вкупе с физическими, химическими и биологическими факторами.

Решение экологических проблем в рамках рационального природопользования реализуется посредством:

- контрмер по отношению к непосредственному виду негативного воздействия;
- восполнения или замещения нанесенного вреда;
- проведения мероприятий по очистке и минимизации оказанного воздействия.

Но как быть с теми видами воздействий, которые не столь очевидны? Как быть с воздействиями, последствия которых проявятся много позже, когда изменения для экосистемы в целом будут необратимы? В зависимости от природы воздействия возможны эффекты суммации, ослабления или усиления тех или иных факторов воздействия в объектах окружающей среды.

В этих условиях крайне необходима разработка методологического подхода к изучению отсроченного антропогенного воздействия.

Согласно трактованию по [2], отдаленный или отсроченный эффект характеризуется наличием эффекта от воздействия вещества на организм после прекращения контакта с ним. Аналогично под отсроченной реакцией понимается [3] целенаправленная поведенческая реакция, осуществляющаяся не сразу после действия стимула, а с некоторой задержкой [4].

Наибольшая степень исследования отсроченных воздействий встречается в медицинских справочниках по изучению радиобиологических эффектов на молекулярном, субклеточном, клеточном, тканевом, органном, организменном и популяционном уровнях при воздействии остро, подостро и хронически эффективных доз в условиях однократного, фракционированного или хронического облучения.

Вместе с тем имеются данные, что не только в зонах радиационных аварий или в качестве последствий испытания ядерного оружия развиваются генетические изменения у животных и растений, например уровни радиации над залежами урановых руд существенно выше, чем в таких же породах в другой местности. По данным американских ученых [5] природный газ радон виновен в трехкратном превышении естественного радиационного фона. Исследования [6–10] в районах с наибольшей радиационной нагрузкой выявили достоверный рост хромосомных aberrаций в лимфоцитах крови более чем у 80000 человек.

По мнению многих авторов [11–16] отсроченное воздействие, связанное с радиацией, в основном ведет к генетическим изменениям, происходящим в организме под воздействием радиации.

Говоря о генетических изменениях, нельзя не упомянуть об отсроченном действии ультрафиолетового излучения. Авторы работ [17–18] также отмечают хромосомные изменения под воздействием ультрафиолетового излучения. Фреоны и хлорорганика, вызывающие разрушение озонового слоя,

вносят вклад в рост генетических изменений видов, а так же в развитие злокачественных опухолей [19].

Даже такой физический фактор как температура способен оказывать наследственное действие. Изменение климата также оказывает воздействие в купе с загрязнением окружающей среды, например [20] при повышении температуры на  $10^{\circ}\text{C}$  точковые мутации увеличиваются в пять раз. В ходе исследований авторами [21] выявлено увеличение мутантно измененных клеток мышей при повышении температуры до  $+42^{\circ}\text{C}$ . Именно такая температура вызывает денатурацию белков и, как оказалось разрушения проявлялись и в появлении деконденсированных участков ДНК, что в свою очередь приводило к хромосомным aberrациям [22]. Хромосомные aberrации при гипертермии также приводили к дефектам развития детей [23].

Но если ультрафиолетовое излучение, температурные сдвиги и даже колебания радиационного фона (за исключением зон радиационного загрязнения) скорее можно отнести к естественными эволюционным процессам, то химические мутагены при взаимодействии с другими факторами, такими, как радиация и температура, способны резко увеличить количество мутаций [24–25]. Помимо изменения генетического материала работников химических производств [26–27], биологический эффект мутагена варьирует в зависимости от метаболизма того или иного организма. Многие вещества, не показавшие мутагенность в бактериальных тестах, попав в организм человека, подвергаются метаболической активации и становятся мутагенами [28–32].

Некоторые мутагены влияют на метаболизм ДНК, некоторые – на белки-регуляторы, некоторые взаимодействуют с мембранами и опосредованно индуцируют мутации, некоторые прямо влияют на структуру ДНК [33].

Сложность идентификации мутагенного воздействия химических веществ зачастую связана с воздействием нестойких соединений, а также последующей трансформацией соединений после внесения цитогенетических нарушений [1].

Клинико-статические данные, несмотря на свою значимость, могут быть запоздалыми и, кроме того, интерпретация их вызывает зачастую затруднение в связи с многочисленностью факторов, воздействующих на человека в производстве и быту, поэтому эколого-генетические эксперименты в рамках естественной экосистемы трудно переоценить [34]. Руководствуясь литературными данными, отдаленные повреждения, во-первых, объясняются повреждением сосудов, приводящим к дегенерации клеток и тканей и генерализационным поздним фиброзам, а во-вторых, широкое разнообразие отдаленных последствий, наблюдаемое в разных тканях, различия в сроках появления, тяжести и скорости развития объясняется кинетикой клеточных популяций. Эффекты являются отдаленными, так как вследствие медленного деления клеток проявление повреждения в митозе отодвигается на поздний срок [12].

В работе [34] экспериментально доказано возрастное накопление спонтанных повреждений ДНК, сходных с радиационными повреждениями, на примере исследования клеток мозга крыс, что заставляет пересмотреть поло-

жение о стабильности ДНК в клетке на протяжении всего периода жизни, а значит для исследования отсроченного антропогенного воздействия на экосистему недостаточно статистической оценки центральной тенденции опытного объекта, необходим поиск функциональных расстройств во взаимодействии со всей экосистемой.

При эколого-генетическом мониторинге необходимо выявление очагов локального загрязнения, оценка их площади и доли в составе однотипного биогеоценоза, поиск функциональных нарушений растений и живых организмов, по которым можно судить о наличии гонандотропного, мутагенного или эмбриотропного действия, а также, бластмогенного эффекта. Причем высокие химические уровни воздействия не всегда являются индикаторами отдаленных последствий, необходимо учитывать избирательный эффект [34]. О функциональных изменениях в различных уровнях биогеоценоза должны свидетельствовать как нарушения в пищевой цепи от редуцентов к высшим консументам, так и появление внешних отличительных черт по сравнению с эталонными участками. В связи с этим крайне важно отследить отсроченное воздействие на почвенные, водные, растительные и животные объекты на участках экологического мониторинга территории санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий объекта хранения и уничтожения химического оружия. Деятельность по уничтожению боевых отравляющих веществ на объекте уничтожения химического оружия в Кировской области была начата в 2006 году и закончена в 2015 году. Исследования в данном направлении в настоящее время проводятся.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.*

#### Литература

1. Мотузова Г. В., Карпова Е. А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2013. 304 с.
2. Словарь токсикологических терминов. Авторы-составители: А. Н. Котик, О. В. Труфанов, В. А. Труфанова. Харьков, 2006. 100 с.
3. Даль В. И. Иллюстрированный толковый словарь живого великорусского языка / Под ред. В. П. Бутромеев. М.: Олма Медиа Гр., 2013. 448 с.
4. Энциклопедический словарь медицинских терминов: в 3-х томах / Гл. ред. Б. В. Петровский. М.: Советская энциклопедия, 1982–1984.
5. Холл Э. Дж. Радиация и жизнь. М.: Медицина. 1989. С. 257.
6. Chen Deqing et al. Cytogenetic investigation in a population living in the high background radiation area // Chin. J. of Radiology Med. and Protection. 1982. V. 2. P. 61–63.
7. Cui Yanwei. Heredity diseases and congenital malformation survey in high background radiation area // Chin. J. of Radiology Med. and Protection. 1982. V. 2. P. 55–57.
8. Deng Shaozhuang et al. Birth survey in high background radiation area // Chin. J. of Radiology Med. and Protection. 1982. V. 2. P. 60.
9. High Background Radiation Research Group, China. Health survey in high background radiation area in China // Science. 1980. V. 209. P. 877–880.

10. Lu Bingxin et al. Survey of hereditary ophthalmopathies and congenital ophthalmic malformation in high background areas // *Chin. J. of Radiology Med. and Protection*. 1982. V. 2. P. 58–59.
11. Эколого-генетический анализ отдаленных последствий Тоцкого ядерного взрыва в Оренбургской области в 1954 г. (факты, модели, гипотезы) / А. Г. Васильев, В. М. Боев, Э. А. Гилева и др. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1997. 192 с.
12. Москалев Ю. И., Стрельцова В. Н. Отдаленные последствия радиационного поражения. Неопухолевые формы // *Радиационная биология*. Т. 6. ВИНТИ. 1987.
13. Виленчик М. М. Нестабильность ДНК и отдаленные последствия воздействия излучений. М.: Энергоатомиздат, 1987. 192 с.
14. Отдаленные эколого-генетические последствия радиационных инцидентов: Тоцкий ядерный взрыв (Оренбургская область, 1954 г.) / А. Г. Васильев, В. М. Боев, Э. А. Гилева и др. 2 изд., дополн. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 2000. 288 с.
15. Ильин Б. Н., Борисова В. В., Ветух В. А. Отдаленные биологические эффекты комбинированного действия радионуклидов различной тропности. ДО.: Энергоатомиздат, 1991. 160 с.
16. Радиобиология человека и животных: Учеб. пособие / С. П. Ярмоненко, А. А. Вайсон; Под ред. С. П. Ярмоненко. М.: Высш. шк., 2004. 549 с.
17. Харрисон Дж., Уайнер Дж., Тэннер Дж., Барникот Н., Рйнолдс В. Биология человека. М.: Мир. 1979. С. 611.
18. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека. М.: Мир, 1990. Т. 2. С. 378.
19. Дубинин Н. П. Некоторые проблемы современной генетики. М.: Наука, 1994. С. 223.
20. Гершкович И. В. Генетика. М.: Наука, 1968. С. 702.
21. Paolino M., Corst C., Mannironi C., Cundari E. The effect of the temperature on the monooxygenase system during the incubation for the in vitro «genotoxicity» studies // *Affl. Assoc. genet. ital.* 1984. V. 30. P. 169–172.
22. Knippers R. *Molekulare Genetik*. Georg Thime Verlag. Stuttgart. N.Y., 1997. P. 508.
23. Edwards M. J. The effect of hiperthermia on prenatal development // *Experimental Embriology and Teratology* Elck. Science. London. 1974. P. 130–143.
24. Dellarco V. L., Mavournin K. M., Waters M. D. An evaluation of current testing approaches for the detection of chemically induced aneuploidy // *Aneuploidy, etiology and mechanism*. N.Y.; L.: Plenum press. 1985. P. 445–454.
25. Bond D. J., Chandley A. C. *Aneuploidy*. Oxford: Univ.press. 1983. P. 198. (Oxford monogr. on med. genet. № 11).
26. Оксенгендлер Г. И. Яды и организм. СПб.: Наука, 1991. С. 315.
27. Ауэрбах Ш. Проблемы мутагенеза. М.: Мир, 1978. С. 463.
28. Waters R., Crocombe K., Mirzayans R. The inhibition of DNA repair by aphidicolin or cytosine arabinoside in X-irradiated normal and xeroderma pigmentosum fibroblasts // *Ibid.* 1981. V. 94. № 1. P. 229–234.
29. Motukewicz G., Szeliga I., Cimander B., Chorazy M. Seasonal variations in mutagenic activity of air pollutants at an industrial district of Silesia. // *Ibid.* 1989. V. 223. № 2. P. 243–251.
30. Бигалиев А. Б., Елемесова М. Ш., Бигалиева Р. К., Туребаев М. Н. Цитогенетическое обследование лиц, занятых в сфере хромового производства // *Генетика*. 1977. Т. 13. № 3. С. 545–547.
31. Лежачус Р., Идзелене И., Матукевичюте А. Цитогенетическое исследование рабочих, контактировавших с ртутью, свинцом, марганцем // *Генетика и селекция народному хозяйству*. Вильнюс, 1981. С. 115–118.
32. Бочков Н. П. Клиническая генетика. М.: Медицина, 1997. С. 287.
33. Селезнева Е. С., Неретина А. В., Прохорова Н. В., Ненашева С. А., Старых Л. М. Экопатологический анализ распределения некоторых врожденных пороков развития в

Самарской области // Актуальные проблемы биологии: Сб. науч. работ. Томск, 2004. V. 3. С. 62–63.

34. Плясунова А. К., Пашкова Г. А. Основные вопросы проблемы отдаленных последствий воздействия профессиональных ядов // Основные вопросы проблемы отдаленных последствий воздействия профессиональных ядов: Сб. науч. трудов М., 1976. С. 22–28.

## ВАРИАНТ ВЕКТОРНОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ

*М. Г. Кургузкин, П. М. Кургузкин*

*Автономное учреждение «Управление Минприроды УР»,  
mgk@minpriroda-udm.ru, 18kpm@mail.ru*

Результатом комплексного экологического обследования территории с целью оценки ее состояния является многомерный массив данных химических анализов проб, информация об их токсичности, параметры биоиндикации и т. д. Комплексный характер результатов обследования подразумевает их дальнейшее обобщение в виде интегрального критерия оценки экологического состояния территории и, прежде всего, уровня ее загрязнения.

Возможность снижения размерности массива данных без потери информативности применительно к результатам экологического мониторинга объектов уничтожения химического оружия (ОУХО) показана в работах [1, 2] на основе использования методов многомерной статистики. Одним из классических является метод главных компонент (МГК) [3, 4], в основе которого лежит переход от множества исходных результатов мониторинга (например, в виде концентраций загрязняющих веществ  $C_k$ , индексов токсичности т. д.) к линейно агрегированным комплексам вида

$$F_j = \sum_{k=1}^n a_{kj} * C_k, \quad 1$$

где  $k$  – количество контролируемых веществ;  $a_{kj}$  – искомые коэффициенты линейной комбинации исходных переменных;  $F_j$  – главная компонента с номером  $j$ .

Для определения коэффициентов  $a_{kj}$  осуществляется переход к новым (главным) осям координат, в направлении которых изменчивость (дисперсии) исходного массива данных максимальна. Количество главных осей определяется исходя из требуемой точности описания. На практике 75% – 80% изменчивости исходного массива удается описать при использовании 3 или 4 главных компонент [1, 2].

Переход к описанию системы в главных осях резко снижает ее размерность, позволяет выделить главные факторы (компоненты) и избавиться от «информационного шума», связанного с коррелированностью исходных данных. С учетом этого обстоятельства главные компоненты могут рассматри-

ваться как параметры, наиболее полно и информативно характеризующие экологическое состояние (загрязнение) объектов окружающей среды.

В том случае, когда массив данных мониторинга и его изменчивость удовлетворительно описывается одной главной компонентой ( $j = 1$ ), ее можно использовать в качестве интегральной характеристики загрязнения территории. При этом уровень этого загрязнения, как было отмечено в работе [2], можно оценивать, как на основе фоновых параметров, так и на основе их предельно допустимых значений.

В первом случае сравниваются текущее значение главной компоненты  $F_t^i$  в  $i$ -ой точке территории и фоновое значение  $F_0^i$ , полученные в виде линейных комбинаций (1) концентраций загрязняющих веществ текущего и фонового состояний соответственно. Таким образом, оценивается степень трансформации состояния окружающей среды за время функционирования источника негативного воздействия.

Вторая оценка связана с представлением о существовании предельно допустимого загрязнения окружающей среды, которое в терминах МГК может быть выражено в виде критических значений главных компонент  $F_{jd}$ . Указанные значения также можно определить как линейную комбинацию концентраций, но уже не текущих, а критических или предельных. В качестве последних могут быть использованы ПДК, ОДК, региональные нормативы допустимого содержания загрязняющих веществ в объектах окружающей среды и т. д. Сравнение величин  $F_{jt}^i$  и  $F_{jd}$  (в одномерном случае) позволяет судить о степени опасности загрязнения окружающей среды в рамках общепринятого подхода с учетом воздействия всего комплекса загрязнителей.

При  $j > 1$  для комплексного описания текущего экологического состояния среды в  $i$ -ой точке территории вводится вектор  $V_t^i$ , модуль и направление которого определяется главными компонентами  $F_{jt}^i$ , как проекциями этого вектора на главные оси. Как было показано в работе [1], сравнение этого вектора с вектором  $V_0^i = V(F_{j0}^i)$ , рассчитанным для фоновых значений концентраций в той же точке, позволяет определить величину и направление изменений в окружающей среде, возникших как следствие техногенного воздействия. В общем случае векторы  $V_t^i$  и  $V_0^i$  не являются коллинеарными (рис. 1).

Для определения уровня опасности экологической ситуации при  $j > 1$  вводится понятие эллипсоида предельных состояний. Его полуосями являются отрезки  $F_{jd}$  определенные в виде линейных комбинаций критических (предельных) концентраций загрязнителей.

Алгоритм оценки экологической ситуации продемонстрирован для двух главных компонент (рис.), при этом эллипсоид предельных состояний вырождается в эллипс с полуосями  $F_{1d}$  и  $F_{2d}$ . Рассмотрен простейший случай, когда текущие концентрации загрязнителей больше фоновых и меньше критических (предельных).

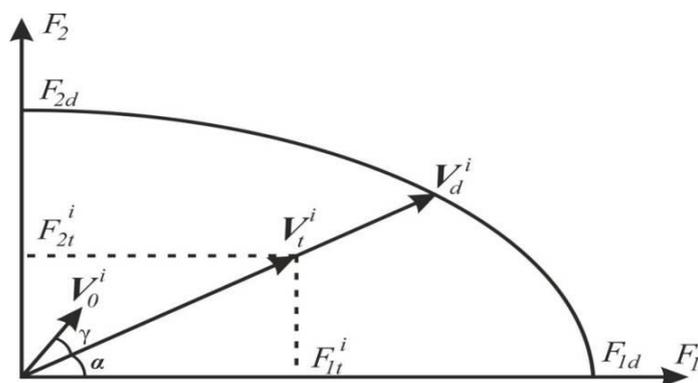


Рис. Эллипс предельных состояний в случае двух главных компонент

Отрезок  $V_t^i$ , как и ранее, представляет собой результирующий вектор текущего экологического состояния в точке  $i$ . Однако, в отличие от одномерного случая, во внимание принимается не только его модуль, но и направление (угол  $\alpha$ ). Используя параметрические уравнения эллипса, можно найти критическое для данной точки значение вектора  $V_d^i$ , конец которого находится на кривой эллипса предельных состояний.

Собственно оценка степени экологической опасности в  $i$ -ой точке территории осуществляется путем сравнения модулей векторов  $V_t^i$  и  $V_d^i$ .

Предложенный подход использован для комплексной оценки загрязнения почв в зоне защитных мероприятий ОУХО в г. Камбарка Удмуртской Республики. Показано, что использование векторной формы критерия на основе использования МГК позволяет комплексно оценивать уровень загрязнения и степень экологической трансформации почвы в исследуемых точках. Преимуществом изложенного подхода является возможность учета всего массива данных экологического мониторинга без использования экспертных оценок и постулирования конкретного вида критерия оценки.

#### Литература

1. Кургузкин М. Г., Кургузкин П. М. Вариант интегрального критерия оценки экологического состояния территории // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров, ВятГУ, 2017. С. 8–12.
2. Кургузкин М. Г., Кургузкин П. М. Использование методов многомерной статистики для обобщения результатов экологического мониторинга // Проблемы региональной экологии и географии: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2017. С. 57–60.
3. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. Пер. с англ. М: Мир, 1982. 488 с.
4. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию. Петрозаводск: Изд-во Петр-ГУ, 2011. 302 с.

## НЕПРЕРЫВНЫЙ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА И ВЫБРОСНЫХ ГАЗОВ

*З. Л. Баскин*

*Вятский государственный университет, baskin.zakhar@mail.ru*

Сохранение чистоты атмосферного воздуха стало глобальной проблемой человечества. Контролируемые объекты воздушной среды – это, как правило, динамические объекты со случайным характером изменения параметров и режимов функционирования. Охрана таких объектов должна начинаться с непрерывного автоматического или автоматизированного контроля степени их загрязнения.

В работе рассмотрены основные задачи эколого-аналитического, технологического-аналитического и токсиколого-аналитического контроля (ЭАК, ТеАК и ТоАК) примесей загрязняющих веществ (ЗВ) в воздухе и выбросных технологических газах, которые являются основными источниками загрязнения воздушной среды. К этим задачам относятся:

- определение организованных выбросов – прежде всего контроль выбросных газов после скрубберной очистки их;
- контроль неорганизованных выбросов – утечек газов из технологического оборудования;
- контроль загрязнения воздуха рабочих, производственных, санитарно-защитных, жилых и природных зон;
- индивидуальный химический дозиметрический контроль;
- токсиколого-аналитический контроль воздействия ЗВ на человека.

Показаны недостатки действующих стандартов по безопасности труда и охране атмосферы, руководств по контролю загрязнения атмосферы и других нормативных документов, в которых регламентируется периодический отбор не представительных случайных разовых проб, не связанных с техническими характеристиками и особенностями работы объектов контроля. Следствием этого является недостоверный анализ этих проб в лабораторных условиях. В действующих нормативных документах все еще предусмотрены статические способы калибровки газоаналитических приборов без учета погрешностей, связанных с отбором проб и их подготовкой к анализу, что увеличивает суммарную погрешность измерения.

Эту проблему позволяют решить непрерывные хроматографические методы анализа (НХМА) и специализированные приборы, которые предназначены для автоматического и автоматизированного контроля примесей ЗВ в воздухе и выбросных технологических газах на динамических объектах, а также метрологическое обеспечение измерений в условиях, соответствующих рабочим.

Представлены разработанные на Кирово-Чепецком химическом комбинате (КЧХК) и внедренные в химических производствах специализированные автоматические хроматографы: «ПАФОС», «ТОКСИГАЗ», предназначенные

для непрерывного определения концентрации примесей ЗВ в воздухе рабочих и жилых зон. Для непрерывного определения состава, расхода и количества выбросных технологических газов разработан специализированный промышленный газохроматографический комплекс «ТОКСИГАЗ-ВГ».

В материалах исследований приведены результаты основных операций НХМА: непрерывного сорбционного пробоотбора, хроматографического разделения отбираемых проб на отдельные компоненты и метрологического обеспечения измерений хроматографов в комплекте с системами пробоотбора и пробоподготовки. Это новая концепция промышленного контроля загрязнения атмосферного воздуха и выбросных технологических газов.

В исследованиях рекомендуется использовать динамические методы и средства метрологического обеспечения газоаналитических измерений: стабильные источники микропотоков газов, паров и аэрозолей (СИМГПА) «Микрогаз» и динамические установки «МИКРОГАЗ» и «МАКРОГАЗ», предназначенные для непрерывного приготовления поверочных газовых смесей (ПГС) в диапазонах микро- и макроконцентраций [1].

Хроматографические методы анализа получили наибольшее распространение в экоаналитическом, технолого-аналитическом и токсикоаналитическом контроле загрязнения атмосферного воздуха и выбросных технологических газов. Этими методами выполняют более 50% анализов и получают более 90% информации.

Конкурентным хроматографическим методом анализа атмосферного воздуха, особенно в области оперативной дистанционной индикации ЗВ в выбросных газах без отбора проб, стал лазерный оптико-акустический анализ многокомпонентных газовых смесей [2].

Обучение методам хроматографического анализа при изучении учебной дисциплины «Анализ атмосферного воздуха» позволяет познакомить обучающихся с методами хроматографического анализа, приборами и методологией непрерывного контроля, которая отличается научной новизной и практической полезностью описанных технических решений, внедренных в производство [3].

### Литература

1. Баскин З. Л. Непрерывные хроматографические методы анализа. Монография. Киров: Научное изд-во ВятГУ, 2017. 230 с.
2. Козинцев В. И., Белов М. Л., Городничев В. А., Федотов Ю. В. Лазерный оптико-акустический анализ газовых смесей. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. 352 с.
3. Баскин З. Л. Непрерывный хроматографический мониторинг загрязнения воздуха и выбросных газов. Учебно-методическое пособие. 2017. (В печати)

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОНОВ В СИСТЕМЕ «МИКРООРГАНИЗМЫ – МЕДИАТОР – УГОЛЬНО-ПАСТОВЫЙ ЭЛЕКТРОД»

*А. Д. Туровская, А. С. Зайцева, В. А. Арлянов*

*Тульский государственный университет, anna\_turovskaya@mail.ru*

В настоящее время актуальны разработки биосенсоров, в основу которых положена система «микроорганизмы – медиатор – электрод». Данные системы применяют для создания анализаторов для определения индекса определения биохимического потребления кислорода [1] или оценки интегральной токсичности [2]. Процесс функционирования данных анализаторов сводится к тому, что биологическое окисление определенного субстрата, регистрируется с помощью окислительно-восстановительных соединений – медиаторов. Характеристики получаемых анализаторов зависят от скорости взаимодействия микроорганизмов и медиатора, а также от скорости переноса электронов от медиатора на электрод.

Целью данной работы является изучение физико-химических и электрохимических особенностей переноса электронов в системе «глюкоза – дрожжи *D. hansenii* – медиатор – угольно-пастовый электрод».

В качестве медиатора были выбраны гидрофобные соединения, такие как ферроцен, 1,1'-диметилферроцен, а также растворимый медиатор – метиленовый синий. Исследование их в качестве медиаторов обуславливается тем, что они удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к медиаторам: нетоксичность, возможность переноса электронов от активного центра ферментов клеток к поверхности электрода. Клетки дрожжей *D. hansenii* были использованы в качестве микроорганизмов, так как характеризуются широким спектром окисляемых субстратов и стабильностью ферментативных систем в стрессовых условиях, что делает данные микроорганизмы перспективными при разработке сенсоров для мониторинга параметров окружающей среды.

Процесс переноса электронов от медиатора на электрод сопровождается следующими процессами: массоперенос к поверхности электрода, поверхностные явления (адсорбция и десорбция), т.е. измеряемый ток является суммой данных процессов. В случае если основной вклад вносит диффузия, то согласно уравнению Рэндлса-Шевчика зависимость силы тока от корня скорости развертки линейна и аппроксимируется через начало координат. Если электрохимический процесс происходит за счет адсорбированных молекул, то измеряемый предельный ток будет пропорционален скорости развертки потенциала (рис.).

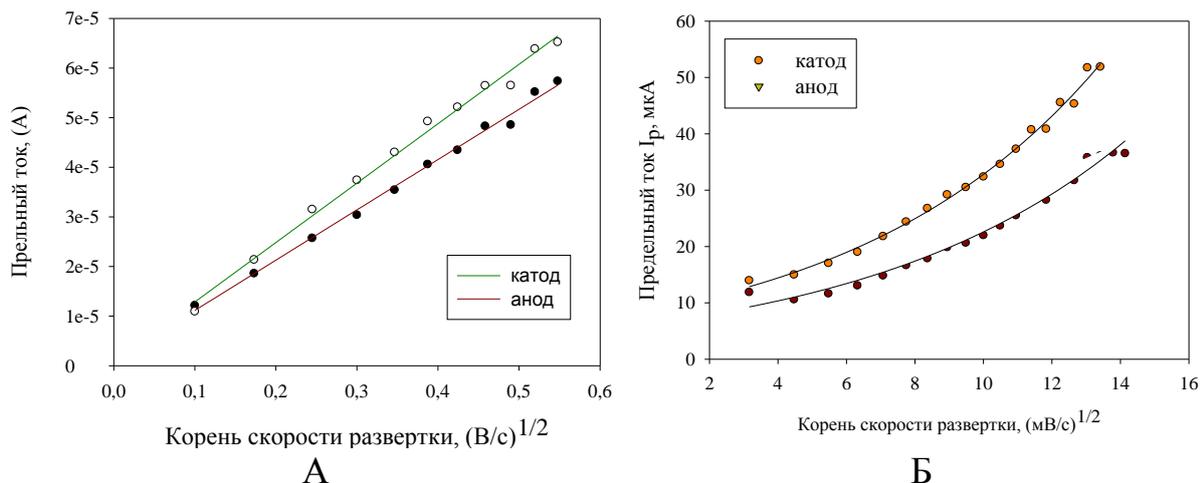


Рис. Зависимость предельного тока  $I_p$  от корня скорости развертки  $v^{1/2}$  в присутствии: А) метиленового синего и Б) ферроцена

Когда в системе присутствуют растворимый медиатор метиленовый синий, зависимость предельного тока от корня скорости развертки линейна и аппроксимируется через начало координат, что указывает на вклад диффузии в данный процесс. В случае ферроцена и 1,1'-диметилферроцена данные зависимости не линейны (рис. б), так как на электрохимическое окисление ферроцена влияет адсорбция [3]. Поэтому расчет гетерогенной константы переноса электронов для ферроцена и метиленового синего будет различен. Для расчета гетерогенной константы для ферроцена приемлема модель Лавирона [4], а для метиленового синего модель Николсона [5]. Рассчитанные константы представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Константы гетерогенного переноса электронов и взаимодействия биоматериала с медиаторами для изучаемой системы**

Медиатор	Константа гетерогенного переноса, $k_s$ ( $\text{см} \cdot \text{с}^{-1}$ )
Метиленовый синий	$0,25 \pm 0,09$
Ферроцен	$0,4 \pm 0,1$
1,1'-диметилферроцен	$0,07 \pm 0,01$

На основе полученных констант можно сделать вывод о том, что скорость переноса электрона с ферроцена на электрод почти в 2 раза выше, чем с метиленового синего. Система «ферроцен – угольно-пастовый электрод» может рассматриваться как основа для создания биосенсоров, при этом необходимо учитывать скорость взаимодействия медиатора с биоматериалом.

Определение константы скорости взаимодействия медиатора с биоматериалом проводили с помощью метода циклической вольтамперометрии, используя уравнение Николсона и Шайна (1), были определены константы скорости взаимодействия медиаторов, ферроцен и 1,1'-диметилферроцен, с микроорганизмами, по зависимости отношения предельных токов в присут-

ствии и в отсутствие субстрата от обратной величины корня скорости раз-  
вертки (табл. 1).

$$\frac{I_k}{I_d} = \sqrt{\frac{k_{Ox}[E]RT}{Fv}} \quad (1)$$

где:  $I_k$  – предельный ток в присутствии субстрата,  $I_d$  – предельный ток в  
отсутствие субстрата,  $k_{Ox}$  – константа скорости восстановления медиатора.

Для нахождения константы скорости взаимодействия медиатора мети-  
ленового синего с биоматериалом использовали спектрофотометрический ме-  
тод. Взаимодействие субстрата с биоматериалом в присутствии медиатора  
можно представить в виде двухсубстратной ферментативной реакции, проте-  
кающей по механизму «пинг-понг». При избытке субстрата и концентрации  
медиатора ниже константы Михаэлиса, то можно найти константу взаимо-  
действия медиатора с клетками. В таблице № 2 представлены константы ско-  
рости взаимодействия дрожжей *D. hansenii* и медиатора.

Таблица 2

**Константы взаимодействия биоматериала с медиаторами  
для изучаемой системы**

Медиатор	Константа взаимодействия <i>D. hansenii</i> с медиаторами, $\text{дм}^3/(\text{г}\cdot\text{с})$
ферроцен	0,024±0,003
1,1'-диметилферроцен	0,012±0,001
метиленовый синий	0,007±0,001

На основе полученных констант, представленных в таблицах 1 и 2,  
можно сделать вывод, что лучший перенос электронов на электрод достигае-  
тся в присутствии медиатора ферроцена.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
(проект №17-74-10078).*

**Литература**

1. Gao G. et al. Development of a mediated whole cell-based electrochemical biosensor for joint toxicity assessment of multi-pollutants using a mixed microbial consortium // *Analytica chimica acta*. 2016. Vol. 924. P. 21–28.
2. Niyomdecha S. et al. A novel BOD biosensor based on entrapped activated sludge in aporous chitosan-albumin cryogel incorporated with graphene and methylene blue // *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2017. Vol. 241. P. 473–481
3. Kurbanalieva S. K. et al. The study of the process of electron transfer in the system substrate – *D. hansenii* yeast – mediator ferrocene – carbon-paste electrode // *News of science and education*. 2017. Vol. 2. № 8. P. 70–73.
4. Laviron E. General expression of the linear potential sweep voltammogram in the case of diffusionless electrochemical systems // *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*. 1979. Vol. 101. № 1. P. 19–28.
5. Nicholson R. S. Theory and Application of Cyclic Voltammetry for Measurement of Electrode Reaction Kinetics // *Analytical chemistry*. 1965. Vol. 37. № 11. P. 1351–1355.

## КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ КАРЕЛИИ, ИСПЫТАВШИХ ДЛИТЕЛЬНОЕ ОКУЛЬТУРИВАНИЕ

*М. С. Богданова*

*Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН,  
mari-mb@mail.ru*

Картографическое моделирование динамики среднетаежных ландшафтов Карелии, испытавших длительное окультуривание рассмотрено на примере репрезентативного ключевого участка «Падмозерский», расположенного на Заонежском полуострове Онежского озера.

Для изучения современного состояния ландшафтов Заонежья применялся ландшафтно-динамический подход, разработанный Г. А. Исаченко и А. И. Резниковым [1].

Автором была разработана типология элементарных ландшафтов (местоположений) Заонежья [2, 3]. На основе материалов полевых ландшафтных исследований была составлена ландшафтная карта ключевого участка (рис. 1). Площадь участка 52 км<sup>2</sup>.

На основе карты современной ландшафтной структуры автором была проведена реконструкция ландшафтов на период максимальной освоенности территории (рис. 2). В ходе реконструкции было выделено три группы земель: неокультуренные, окультуренные на вторую половину XIX в., а также болота, осушенные и окультуренные в XX в.

Выделение окультуренных местоположений проводилось в ходе полевых исследований по наличию в почве старопашотного горизонта (мощность не менее 15 см), по особенностям древесного яруса (наличию ольхи серой и древесных форм черемухи и рябины), а также по присутствию в напочвенном покрове луговых видов растений.

За всю историю аграрного освоения ключевого участка было окультурено (включая осушенные торфяники) около 72% территории, т.е. использовалось в качестве сельскохозяйственных угодий – огородов, пашен и сенокосов. Максимум сельскохозяйственного освоения ландшафтов приходится на вторую половину XIX столетия и составляет около 62%. Полностью были освоены местоположения холмов и гряд, сложенных шунгитовой мореной, а также равнин, сложенных шунгитовыми валунно-песчаными отложениями. Максимальную освоенность имели равнины на песчано-галечных отложениях, а также равнины, сложенные безвалунными глинами и суглинками. Дренированные моренные равнины были освоены на 95%. Дренированные равнины на безвалунных песках были окультурены на 70%, а холмы и гряды, сложенные флювиогляциальными валунно-галечными песками — на 60%. Оставшиеся 10% площади всех местоположений с признаками окультуренности приходится на осушенные в XX в. торфяники.

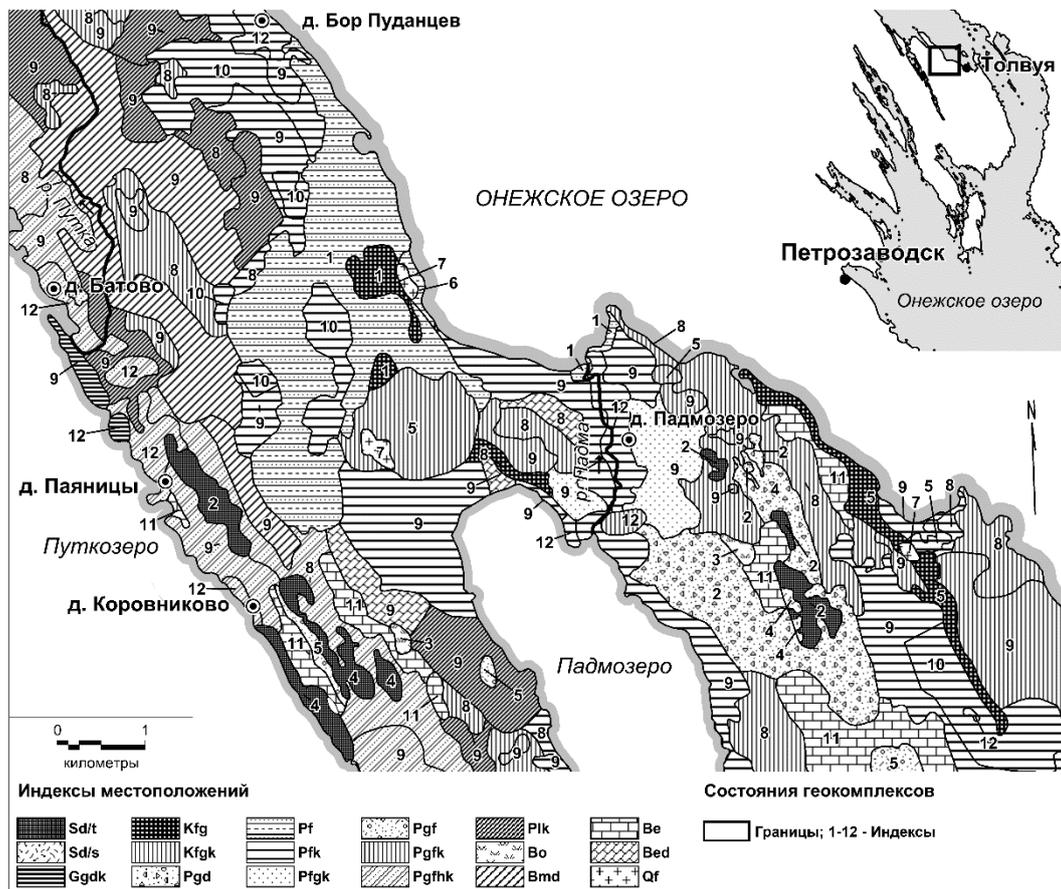


Рис. 1. Ландшафтная карта Падмозерского ключевого участка

Примечание: Местоположения: *Sd/t* – вершины и привершинные склоны сельг с многочисленными скальными выходами и маломощным прерывистым элювием; *Sd/s* – склоны сельг средней крутизны с редкими скальными выходами и многочисленными валунами; *Ggdk* – пологосклонные супесчано-валунные (моренные) холмы и гряды, окультуренные; *Kfg* – холмы и гряды, сложенные галечными и валунными песками; *Kfgk* – то же, окультуренные; дренированные равнины: *Pgd* – на валунных супесях с редкими скальными выходами, *Pf* – на безвалунных песках, *Pfk* – то же, окультуренные, *Pfgk* – на мелковалунно-галечных песках, окультуренные, *Pgf* – на валунных супесях, *Pfgk* – то же, окультуренные, *Pgfhk* – на шунгитовых валунных песках, окультуренные, *Plk* – на безвалунных глинах и суглинках, окультуренные; торфяники: *Ve* – евтрофные, *Bed* – то же, осушенные, *Bmd* – мезотрофные, осушенные и окультуренные, *Vo* – олиготрофные; *Qf* – песчано-гравийные карьеры. Многолетние состояния геокмплексов: 1 – сосновые кустарничково-зеленомошные, в том числе с примесью ели леса; 2 – сочетание сосновых кустарничково-лишайниковых лесов и скальных лишайниковых пустошей; 3 – сосновые кустарничково-зеленомошно-сфагновые леса; 4 – мелколиственно-сосновые вейниково-кустарничковые леса; 5 – мелколиственно-сосновые травяные и травяно-злаковые леса; 6 – мелколиственные травяные леса; 7 – мелколиственное редколесье; 8 – сочетание мелколиственных травяных лесов и зарастающих разнотравно-злаковых лугов; 9 – разнотравно-злаковые луга; 10 – посевы картофеля и кормовых злаков; 11 – сочетание ивово-березовых таволговых и травяно-осоковых лесов и низинных хвоцево-осоковых с ивой и березой болот; 12 – малоэтажная застройка.

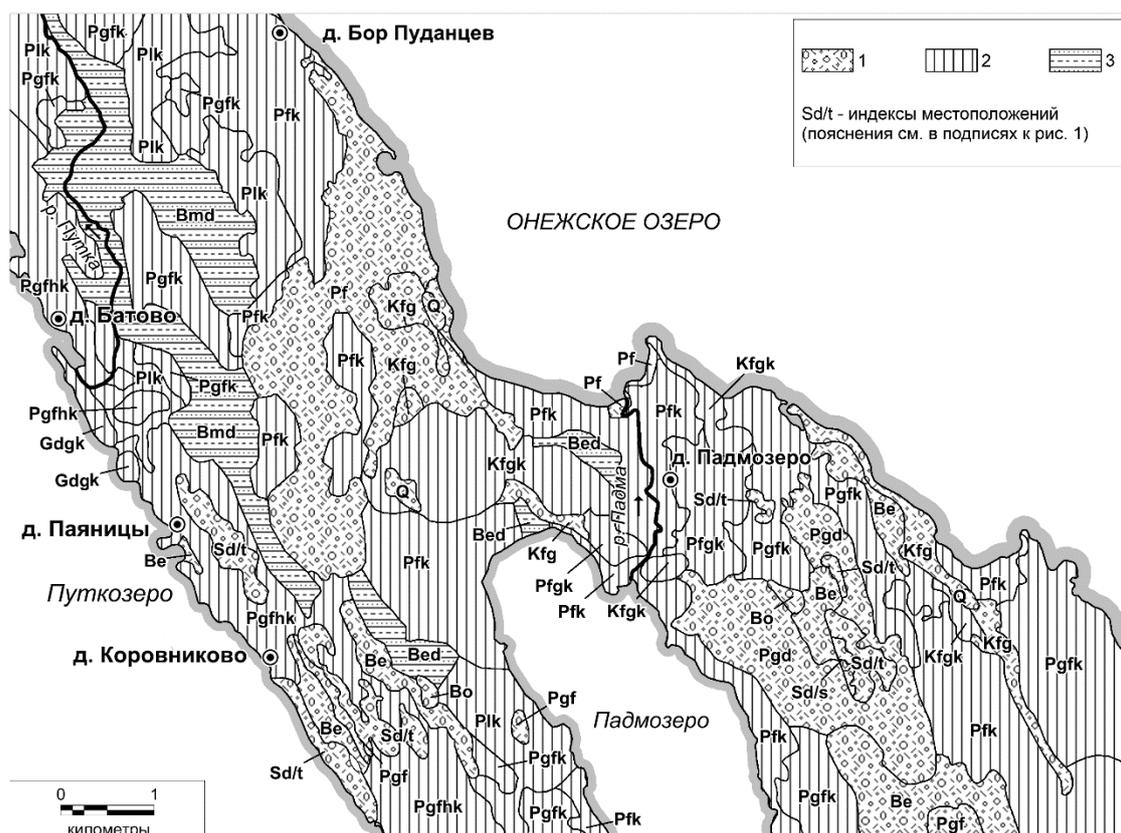


Рис. 2. Карта максимальной сельскохозяйственной освоённости ландшафтов Падмозерского ключевого участка

Примечание. 1 – некультуренные земли с лесной и болотной растительностью; 2 – окультуренные земли (на вторую половину XIX в.); 3 – болота, осушенные и окультуренные в XX в.

Около 20% территории занято мелколиственными с примесью хвойных пород лесами на месте бывших сельскохозяйственных угодий. Среди них преобладают сероольхово-сосновые травяные леса при участии черемухи и ивы козьей. Серая ольха в таких лесах имеет возраст 20–60 лет, высота деревьев до 10–15 м, диаметр ствола 20 см. Как правило, сосны в таких лесах немногочисленны, но преобладают в общем запасе древостоя. Их возраст 80-90 лет. Возможно, они начали расти еще в то время, когда луг выкашивался. В напочвенном покрове преобладают сныть обыкновенная, дудник обыкновенный, борец северный, таволга вязолистная, крапива двудомная и др. На некультуренных землях произрастают сосновые леса (30% площади ключевого участка). Оставшиеся 3% – это болота, территории с малоэтажной застройкой и карьеры.

Карта современной ландшафтной структуры послужила основой для создания карты современных процессов, происходящих в природных комплексах ключевого участка (рис. 3). В настоящее время можно выделить 14 направлений процессов, 6 из которых в той или иной степени связаны с сельскохозяйственной деятельностью в прошлом и охватывают около 70% территории.

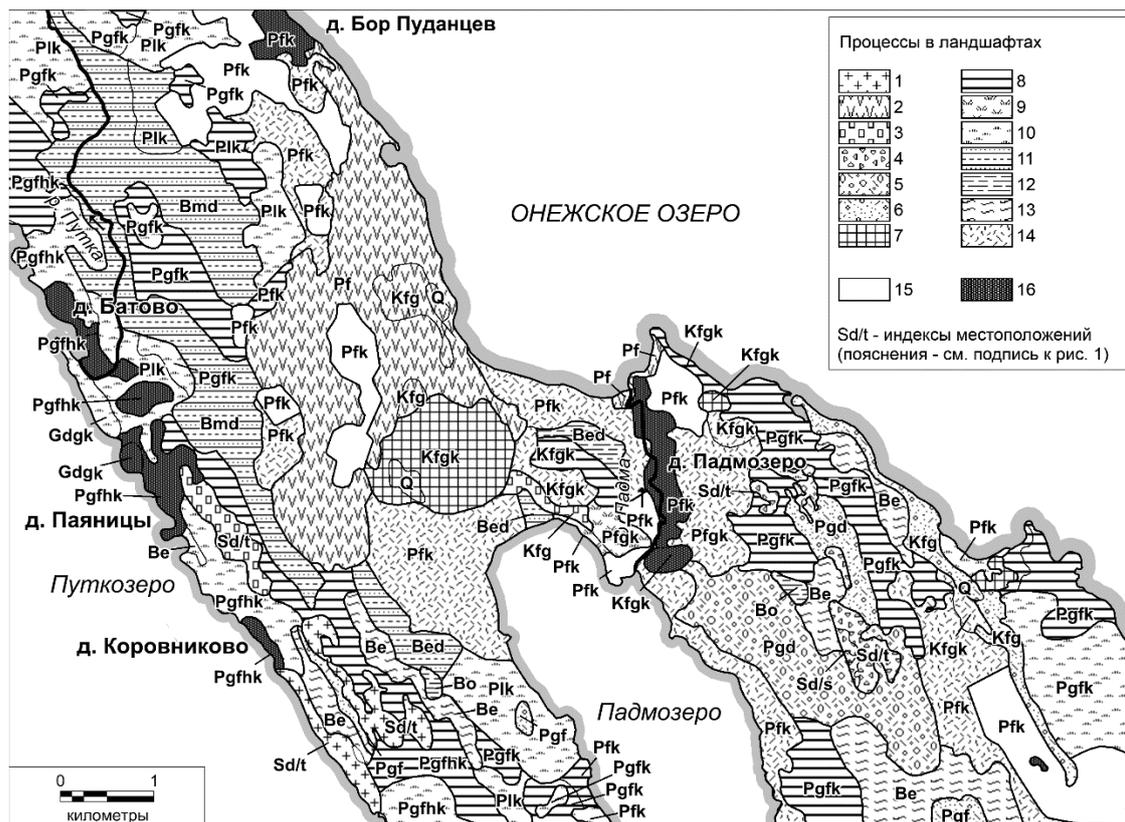


Рис. 3. Современные процессы в ландшафтах Падмозерского ключевого участка

Примечание: 1 – относительная стабилизация состава и фитомассы древостоя при абсолютном преобладании сосны; 2 – увеличение фитомассы сосны при сохранении состава древостоя; 3 – увеличение фитомассы сосны и можжевельника при сохранении состава древостоя; 4 – относительная стабилизация состава и фитомассы древостоя при абсолютном преобладании сосны и сохранении скальных пустошей; 5 – увеличение фитомассы мелколиственных пород и сосны в смешанных лесах при сохранении скальных пустошей; 6 – увеличение фитомассы мелколиственных пород (ольхи серой, березы, осины) и сосны в смешанных лесах; 7 – увеличение фитомассы мелколиственных пород (ольхи серой, березы, осины) и сосны в смешанных лесах на бывших сельскохозяйственных угодьях (4 стадия); 8 – сокращение площадей мелкоконтурных лугов за счет зарастания высокотравьем, ольхой серой, березой, сосной (1 стадия) и при смыкании мелколиственных древостоев и увеличении их фитомассы (2-3 стадия); 9 – зарастание лугов высокотравьем и мелколиственными породами при увеличении фитоценотической роли и фитомассы можжевельника (1-2 стадия); 10 – зарастание лугов высокотравьем и мелколиственными породами (1-2 стадия); 11 – заболачивание, сопровождающееся увеличением фитоценотической роли влажнотравья и зарастанием лугов ивой и березой; 12 – увеличение фитоценотической роли и фитомассы редкостойной сосны на болотах, сопровождающееся накоплением торфа; 13 – увеличение фитоценотической роли и фитомассы березы на болотах, сопровождающееся накоплением торфа; 14 – луга, поддерживаемые сенокосением, в том числе заброшенные, но еще не зарастающие; 15 – пашни; 16 – малоэтажная застройка и огороды.

Основное направление изменения геокомплексов – зарастание лугов. Зброшенне луга на безвалунных песчаных равнинах активно зарастают подростом сосны, а луга на валунно-галечных и валунных песках и супесях – преимущественно мелколиственными породами (ольха серая, ива козья, бере-

за, осина). Значительная часть мелиорированных земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота, также находится на разных стадиях зарастания. На некоторых из них развиваются процессы вторичного заболачивания, вызванные зарастанием и выходом из строя мелиоративной сети. Как правило, при вторичном заболачивании в травостое появляются влаголюбивые виды растений, а в напочвенном покрове – мхи.

Наиболее широкое распространение среди всех процессов получило направление по сокращению площадей мелкоконтурных лугов, сопровождающееся смыканием мелколиственных древостоев. Этот процесс развивается на 16% территории ключевого участка. Зарастание мелкоконтурных лугов идет за счет увеличения доли высокотравья в структуре луговой растительности, а также в ходе «наступления» с периферии мелколиственных пород: ольхи серой, березы, черемухи, рябины, что в последствии приводит к смыканию древостоев и увеличению их фитомассы.

Увеличение фитоценотической роли сосны при сохранении состава древостоя происходит в основном в местоположениях равнин на безвалунных песках, озовых грядах, а также сельгах, причем в двух последних типах местоположений часто сопровождается увеличением фитомассы можжевельника. На равнинах с выходами кристаллических пород идет увеличение фитомассы сосны и мелколиственных пород, преимущественно березы и осины, при сохранении скальных пустошей. Относительная стабилизация состава и фитомассы древостоя при абсолютном преобладании сосны наблюдается в урочищах сельговых грядах.

Торфяники ключевого участка находятся либо в состоянии относительной стабилизации состава растительности, либо в процессе постепенного увеличения фитоценотической роли сосны и березы.

При отсутствии антропогенных воздействий (рубок и сельскохозяйственной деятельности) развивающиеся и происходящие в ландшафтах территории процессы, связанные с зарастанием лугов и увеличением площадей мелколиственных и мелколиственно-сосновых лесов, приведут к увеличению залесенности территории почти на 50%.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 16-35-00085 мол\_а.*

#### Литература

1. Исаченко Г. А. Методы полевых ландшафтных исследований и ландшафтно-экологическое картографирование. СПб., 1998. 112 с.
2. Богданова М. С. История освоения и современное состояние ландшафтов Заонежья: опыт ландшафтно-динамического изучения // Известия РГО. 2011. Т. 143. Вып. 2. С. 23–31.
3. Богданова М. С. Динамика сельскохозяйственного освоения ландшафтов Заонежья (Республика Карелия) // Известия РГО. 2014. Т. 146. Вып. 6. С. 26–40.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.) НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

*И. Ф. Чадин, И. В. Далькэ, И. Г. Захожий, Р. В. Малышев,  
Е. Г. Мади, О. А. Кузванова, Д. В. Кириллов, В. В. Елсаков*  
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
*chadin@ib.komisc.ru*

Для пространственного и биоклиматического моделирования распространения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) был собран набор пространственных данных – предикторов в виде растровых файлов в формате GeoTiff. Были собраны две группы предикторов для двух участков земной поверхности. Участок 1 – прямоугольная область в проекции WGS84 (EPSG: 4326), ограниченная с юга 61.0088° с.ш., с севера 62.1387° с.ш., с запада 49.5013° в.д., с востока 51.5941° в.д. Площадь участка 1 – 9180 км<sup>2</sup>. Участок 2 – прямоугольная область в проекции WGS84 (EPSG: 4326), ограниченная с юга 57.0° с.ш., с севера 70.0° с.ш., с запада 42.0° в.д., с востока 68.0° в.д. Площадь участка 2 – 1857586 км<sup>2</sup>.

Группа предикторов 1 – состояние земной поверхности, с пространственным разрешением 1 секунда ( $\approx 30$  м) на пиксель (данные собраны только для участка 1): VEG (растительный покров по результатам классификации спутниковых снимков (20 классов растительности)); ROAD (карта близости к ближайшей автомобильной дороге); AGRO (карта близости к границам сельскохозяйственных угодий);

Группа предикторов 2 – биоклиматические переменные из базы данных WorldClim (<http://www.worldclim.org/bioclim>), представляющих собой набор интерполированных климатических данных, усредненных за период с 1960 по 1990 гг. [1] в пределах от 57.0° с.ш. до 70.0° с.ш. и от 42.0° до 68.0° в.д., с пространственным разрешением 30 секунд ( $\approx 1000$  м) на пиксель (данные собраны для участка 1 и участка 2: BIO1 (среднегодовая температура воздуха); BIO2 (средний размах дневной температуры (среднее значение за месяц (max temp – min temp)); BIO3 (изотермальность (BIO2/BIO7) (\* 100)); BIO4 (изменчивость температуры (standard deviation \*100)); BIO5 (максимальная температура самого теплого месяца; BIO6 (минимальная температура самого холодного месяца); BIO7 (размах годовой температуры (BIO5-BIO6)); BIO8 (средняя температура самого влажного квартала); BIO9 (средняя температура самого сухого квартала); BIO10 (средняя температура самого теплого квартала); BIO11 (средняя температура самого холодного квартала); BIO12 (годовое количество осадков); BIO13 (количество осадков за самый влажный месяц); BIO14 (количество осадков за самый сухой месяц); BIO15 (изменчивость количества осадков (коэффициент вариации); BIO16 (количество осадков за самый влажный квартал); BIO17 (количество осадков за самый сухой квартал);

ВЮ18 (количество осадков за самый теплый квартал; ВЮ19 (количество осадков за самый холодный квартал).

Все данные были получены из открытых источников напрямую или в результате обработки исходных данных в геоинформационных системах. Право использования карты границ земель сельскохозяйственного назначения и границы сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения было приобретено по лицензионному договору с ФГБУ «САС «Сыктывкарская».

Данные о местах произрастания *H. sosnowskyi* были получены из набора данных, опубликованных на сайте Global Biodiversity Information Facility [2]. При моделировании использовали 500 (для участка 1) и 1000 (для участка 2) случайно отобранных точек из 10 894 точек, представленных в наборе данных (указаны в векторе как «1»). В качестве фоновых точек (указаны в векторе как «0») использовались 500 (для участка 1) и 1000 (для участка 2) точек, случайно распределенных внутри географических границ матриц предикторов.

Для моделирования потенциального пространственного распределения видов использовали обобщенную линейную модель множественной регрессии. Моделирование выполняли в среде статистических расчетов R [3] с использованием пакета *dismo* [4].

Моделирование для участка 1 с использованием предикторов VEG, ROAD, AGRO показало, что данные величины при раздельном и совместном использовании проявляют статистически значимую ( $p < 0,0001$ ) связь с объясняемой переменной – наличием в данной точке пространства мест произрастания *H. sosnowskyi*. ROC-анализ показал, что величина AUC для регрессионной модели, использующей все три предиктора, составляет 0,92. Результаты этого моделирования подтверждаются натурными наблюдениями, историей инвазии и путей распространения семян *H. sosnowskyi*: данное растение занимает открытые участки земной поверхности с нарушенным почвенным покровом, быстро распространяется вдоль дорог, благодаря переносу семян воздушными потоками, избегает затененных и засушливых местообитаний (рис. 1).

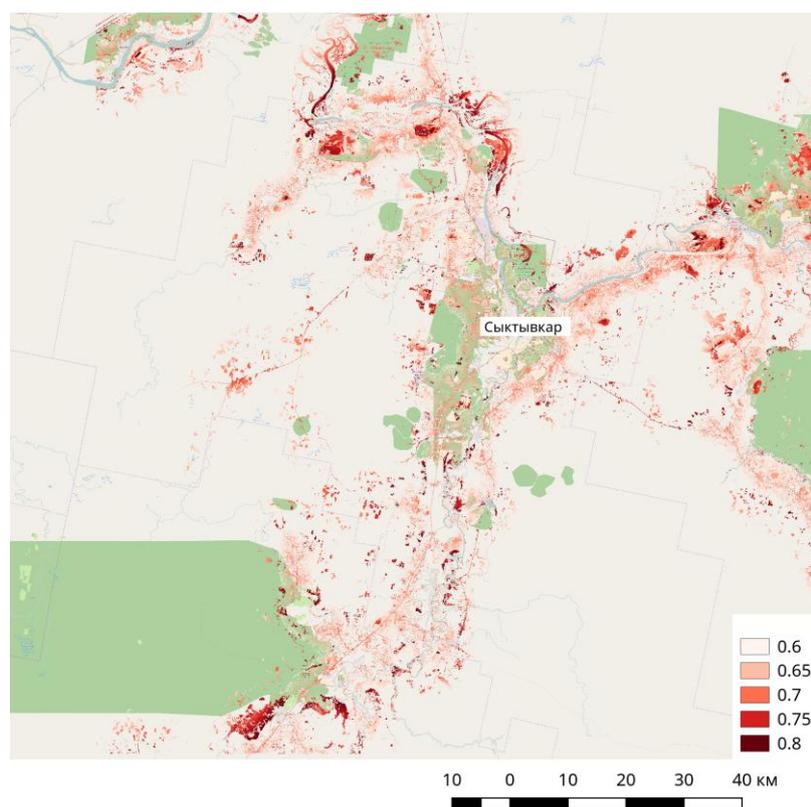


Рис. 1. Результаты моделирования распространения в пространстве местообитаний *H. sosnowskyi* на основании данных о растительном покрове, близости к ближайшей автомобильной дороге, близости к границам сельскохозяйственных угодий.

Шкала цветов отображает вероятность обнаружения растений *H. sosnowskyi*

Моделирование на участке 1 с использованием биоклиматических предикторов BIO1-BIO19 (рис. 2) показало, что статистически значимую связь с данными о распространении *H. sosnowskyi* проявляют 7 предикторов: BIO2, BIO4, BIO5, BIO6, BIO7, BIO10, BIO12, BIO17. Совместное использование этих переменных, позволило получить обобщенную линейную модель, показатель AUC которой составил 0,99. Использование данных предикторов на территории, описанной выше как участок 2, позволило выявить предположительную северную границу распространения *H. sosnowskyi* 67.2° с.ш., на территории, прилегающей к долине р. Печора (рис. 3). Согласно полученной модели, в областях с максимальной вероятностью произрастания *H. sosnowskyi* значения биоклиматических переменных составили: BIO2 –  $83,4 \pm 1,8$ , BIO4 –  $11239 \pm 74$ , BIO5 –  $212,4 \pm 6,5$ , BIO6 –  $-219,6 \pm 2,9$ , BIO10 –  $36 \pm 6$ , BIO12 –  $567 \pm 24$ <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Данные по температуре представлены в градусах Цельсия, помноженных на 10.

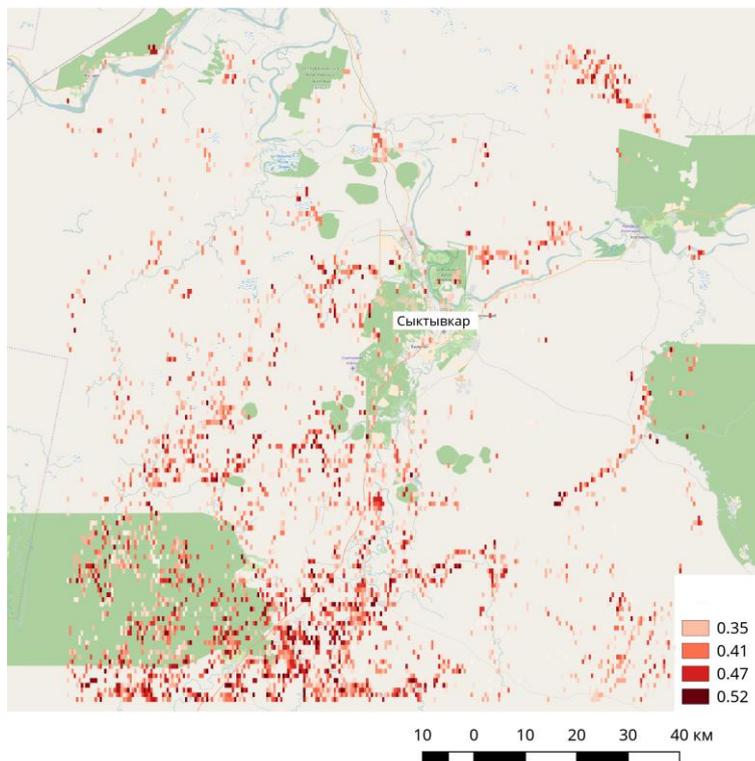


Рис. 2. Результаты моделирования распространения в пространстве местообитания *H. sosnowskyi* на основании биоклиматических данных. Шкала цветов отображает вероятность обнаружения растений *H. sosnowskyi*

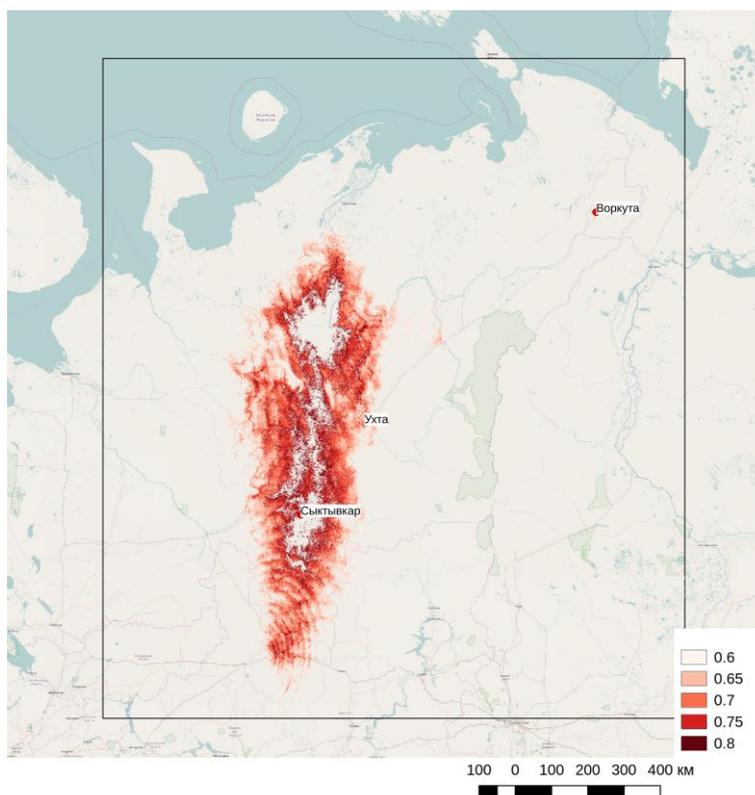


Рис. 3. Результаты моделирования распространения в пространстве местообитания *H. sosnowskyi* на основании биоклиматических данных. Шкала цветов отображает вероятность обнаружения растений *H. sosnowskyi*. Рамкой обозначены границы участка 2, в пределах которого выполнялось моделирование

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 16-44-110694 р\_а «Эколого-физиологическое моделирование географических пределов распространения инвазивных видов растений на примере борщевика Сосновского в таежной зоне европейской части России» выполняемого на основе заключенного Соглашения между Правительством Республики Коми и Российским фондом фундаментальных исследований на 2013 - 2017 годы.

#### Литература

1. Hijmans R. J., Cameron S. E., Parra J. L., Jones P. G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology. 2005. V. 25. N 15. P. 1965–1978.
2. Chadin I., Dalke I., Zakhochiy I., Malyshev R., Madi E., Kuzivanova O., Kirillov D. (2016): Occurrences of the invasive plant species *Heracleum sosnowskyi* Manden. in the Komi Republic territory (European North-East Russia). v1.6. Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Dataset/Occurrence. [http://ib.komisc.ru:8088/ipt/resource?r=heraclueum\\_occurrence&v=1.6](http://ib.komisc.ru:8088/ipt/resource?r=heraclueum_occurrence&v=1.6)
3. R Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2014.
4. Hijmans R. J. Phillips S., Leathwick J., Elith J. Dismo: Species Distribution Modeling [Online] URL: <https://CRAN.R-project.org/package=dismo>. Accessed 16.01.2017

### НОВАЯ ГРУППИРОВКА СПУТНИКОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ SENTINEL

*Т. А. Адамович<sup>1</sup>, В. П. Савиных<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, [tjnadamvich@rambler.ru](mailto:tjnadamvich@rambler.ru)*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет геодезии и картографии*

Название спутников Sentinel символично – его можно перевести с английского языка как «Страж». Данные спутники предназначены для обеспечения программы безопасного и комфортного проживания людей. Запуск спутников Sentinel начался с 2013 г. Они ведут съёмку с использованием различных технологий, например, с помощью радаров и оптико-электронных мультиспектральных сенсоров.

#### ***Sentinel-1***

3 апреля 2014 года Европейское космическое агентство (ESA, European Space Agency) вывело на орбиту радиолокационный спутник Sentinel-1A [1] (рис. 1).

Спутник стал первым в космической группировке спутников по глобальному мониторингу окружающей среды и безопасности Copernicus [2]. Спутник разработан компанией Thales Alenia Space. На борту космических аппаратов Sentinel-1 установлена радиолокационная аппаратура с синтезированной апертурой C-SAR, которая обеспечивает всепогодную, а также круглосуточную поставку космических снимков. Съёмка выполняется в C-диапазоне (длина волны 6 см) [3]. Скорость передачи данных на наземный

сегмент – 300 Мбит/с. Периодичность получения снимков со спутника Sentinel-1A для российских широт 5–15 дней.



Рис. 1. Радиолокационный спутник Sentinel-1A

Снимки со спутника Sentinel-1A открывают широкие возможности для географических исследований и использования их в образовательных проектах. Существуют следующие области применения данных радиолокатора спутника Sentinel-1A [4]:

- наблюдение за морской поверхностью, включая мониторинг морских льдов и ветра, загрязнений, обнаружение судов;
- дистанционное зондирование и мониторинг земель наблюдение за поверхностью суши, в первую очередь за объектами сельского и лесного хозяйства, за деформациями поверхности и сооружений в населённых пунктах;
- мониторинг чрезвычайных ситуаций, таких как наводнения, землетрясения, оползни и извержения вулканов;
- контроль подъема и оседания земной поверхности

Кроме того, данные спутника Sentinel-1A используются для решения задач сельского хозяйства: разработка и апробирование общей методики обработки радиолокационных данных ДЗЗ Sentinel-1 для задач сельского хозяйства; картографирование состава высеваемых культур; контроль севооборотов; мониторинг состояния растительности; мониторинг хода агротехнологических работ.

## *Sentinel-2*

Пара спутников Sentinel-2 (рис. 2) регулярно поставляет космические снимки высокого разрешения на всю Землю, обеспечивая непрерывность получения данных с аналогичными характеристиками, как в программах SPOT и Landsat [5].



Рис. 2. Радиолокационный спутник Sentinel-2

Sentinel-2 оснащён оптико-электронным мультиспектральным сенсором для съёмок с разрешением от 10 до 60 м в видимой, ближней инфракрасной (VNIR) и коротковолновой инфракрасной (SWIR) зонах спектра, включающих в себя 13 спектральных каналов, что гарантирует отображение различий в состоянии растительности, в том числе и временные изменения, а также сводит к минимуму влияние на качество съёмки атмосферы.

Орбита высотой в среднем 785 км, наличие в миссии двух спутников позволяет проводить повторные съёмки каждые 5 дней на экваторе и каждые 2–3 дня в средних широтах.

Увеличение ширины полосы обзора наряду с высокой повторяемостью съёмок позволяет отслеживать быстро изменяющиеся процессы, например изменение характера растительности в течение вегетационного периода.

Данные Sentinel-2 могут обеспечивать службы, связанные с управлением земельными ресурсами, сельскохозяйственным производством и лесным хозяйством, а также мониторингом стихийных бедствий и гуманитарных операций. Уникальность миссии Sentinel-2 связана с сочетанием большого территориального охвата, частых повторных съёмок и, как следствие, систематическим получением полного покрытия всей Земли мультиспектральной съёмкой высокого разрешения.

Sentinel – первая космическая радиолокационная система, данные которой предоставляются на бесплатной основе, что делает возможным их применение в учебном процессе, в том числе в среде географов-картографов. Значительный пространственный охват изображений, пространственное разрешение в первые десятки метров, съёмка одновременно в нескольких поляризациях, возможность всепогодного получения снимков любого участка суши и многих частей Мирового океана обеспечивают решение широкого круга задач. Высокий потенциал данные Sentinel имеют для картографирования северных территорий ввиду их получения независимо от облачности и солнечного освещения.

### Литература

1. Дмитриев А. В., Чимитдорджиев Т. Н., Гусев М. А., Дагуров П. Н., Емельянов К. С., Захаров А. И., Кирбижекова И. И. Базовые продукты зондирования Земли космическими радиолокаторами с синтезированной апертурой // Исследование Земли из космоса. 2014. № 5. С. 83–91.
2. Sentinel-1 / Copernicus / Observing the Earth / Our Activities / ESA. URL: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-1](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1).
3. Sentinel Online – ESA. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>.
4. Балдина Е. А., Трошко К. А., Николаев Н. Р. Радиолокационные данные Sentinel-1 и возможности их обработки для дешифрирования форм рельефа острова Котельный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. 2016. № 3. С. 78–85.
5. Дворкин Б. А. Европейская программа GMES и перспективная группировка спутников ДЗЗ Sentinel // Геоматика. 2011. № 3. С. 14–26.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОЦЕНКЕ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КЛЕЩЕВЫХ ИНФЕКЦИЙ

*В. В. Рутман<sup>1</sup>, Т. Я. Ашихмина<sup>1,2</sup>, А. С. Тимонов<sup>1,2</sup>*

*<sup>1</sup> Вятский государственный университет,*

*<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
ecolab2@gmail.com*

Географические информационные системы в современном мире используются повсеместно. Области применения ГИС сегодня крайне разнообразны: землеустройство, контроль ресурсов, экология, муниципальное управление, транспорт, экономика, социальные задачи и многое другое. В сфере здравоохранения геоинформационные системы тоже находят своё применение, в основном составляются карты распространения заболеваний. Также за последние годы активно внедряются цифровые карты обеспеченности населения медицинскими услугами [1].

По материалам управления Роспотребнадзора нами были созданы на основе ГИС-технологий карты санитарно-эпидемиологической обстановки на территории Кировской области на примере распространения клещевых ин-

фекций. Материал исследован за период по распространению клещевых инфекций с 2007 г. Цифровые табличные данные отражены по годам. Построены картограммы по распространённости клещевого энцефалита и боррелиоза, как по области в целом, так и по городу Кирову в отдельности.

Регистрация обращений граждан с укусами клещей за период 1992–2016 гг. представлена на диаграмме (рис. 1).



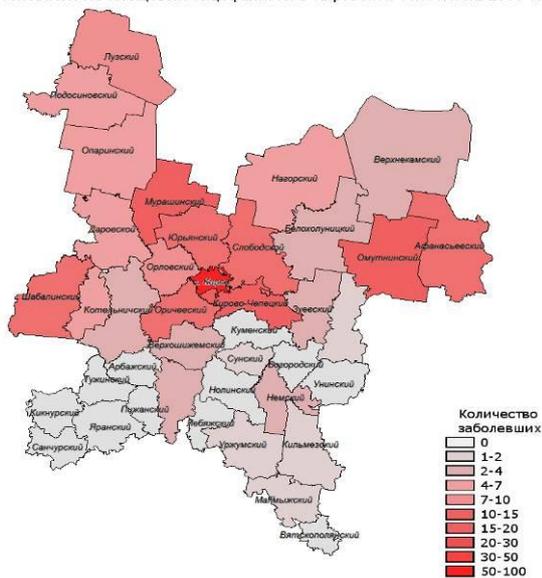
Рис. 1. Регистрация обращений граждан с укусами клещей за период 1992–2016 гг.

Максимальные пики приходятся на 1993, 2009, 2011 гг. (от 15,5 тыс. до 21,5 тыс. обращений). Минимальные на 1995, 2004, 2013 гг, от 6,4 до 7,2 тыс. обращений. При этом следует заметить, что минимальные пики повторяются каждые 9 лет. С 1997 по 2008 г. количество обращений с укусами находилось приблизительно на одном уровне 11–13 тыс. обращений в среднем. С 2009 по 2016 гг. наблюдается наибольшее количество обращений 15–20 тыс. за исключением 2013 г. В ходе исследования нами была проанализирована зависимость количества укусов от климатических условий. Следует отметить, что закономерностей от температурного фактора и влажности не было выявлено.

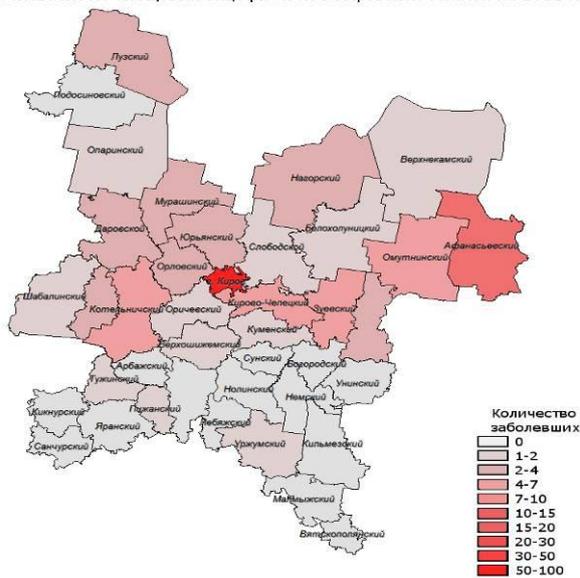
По имеющимся данным о случаях укусов клещами, по количеству заболеваний боррелиозом и энцефалитом нами составлены карты. Данные карты-схемы свидетельствуют о том, что заболеваемость энцефалитом преобладает в центре и на севере нашей области. В наибольшей степени заболеваемость энцефалитом распространена в г. Кирове. Основные районы заражения: Афанасьевский, Котельничский, Кирово-Чепецкий, Мурашинский, Юрьянский, Омутнинский. В остальных северных районах количество заражений клещом колеблется. Южные районы практически не затронуты энцефалитом. Полученные данные на картах-схемах (рис. 2) позволяют сделать вывод о том, что распространение клещевого энцефалита приурочено к крупным железнодо-

рожным магистралям: транссибирской и Киров-Котлас, автомобильным трас-сам.

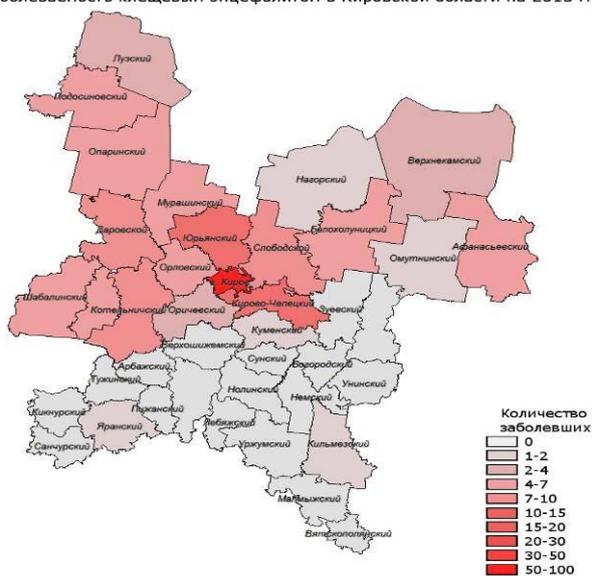
Заболееваемость клещевым энцефалитом в Кировской области на 2009 г.



Заболееваемость клещевым энцефалитом в Кировской области на 2011 г.



Заболееваемость клещевым энцефалитом в Кировской области на 2015 г.



Заболееваемость клещевым энцефалитом в Кировской области на 2016 г.

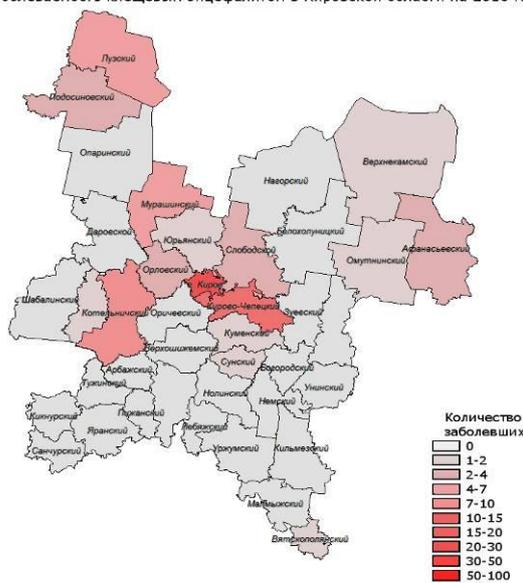
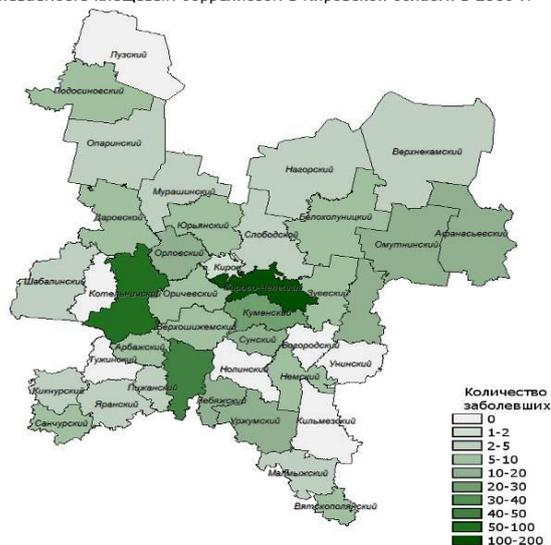


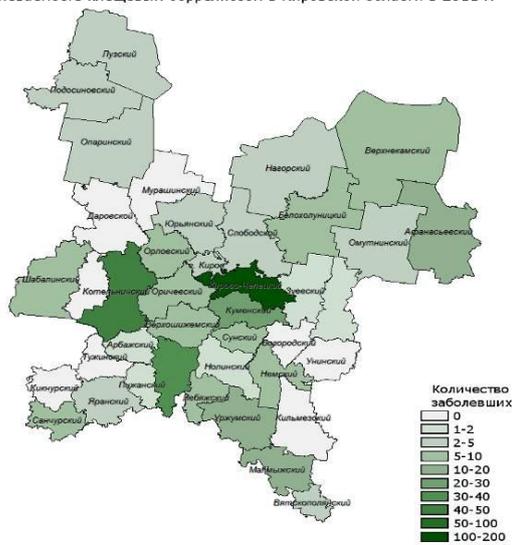
Рис. 2. Карты-схемы заболеваемости энцефалитом в Кировской области в 2009, 2011, 2015 и 2016 гг.

В случае с боррелиозом ситуация обстоит иначе (рис. 3). Это заболевание практически равномерно распределено по территории Кировской области. Однако стабильно болезнь Лайма отмечается у населения, проживающего в центре и к югу от центра нашей области. Сюда отнесены: Кирово-Чепецкий, Котельничский, Советский, Оричевский и Кумёнский районы.

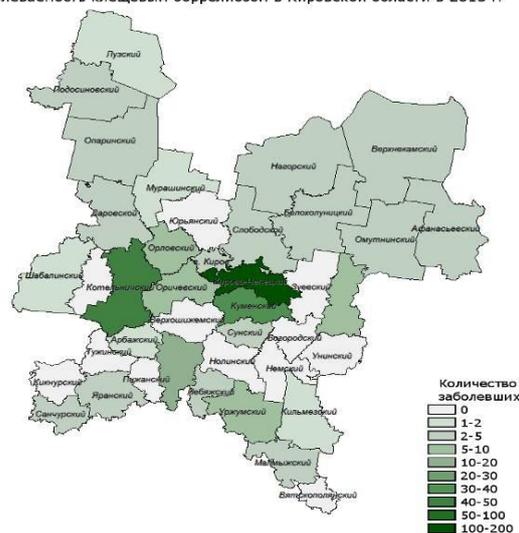
Заболееваемость клещевым боррелиозом в Кировской области в 2009 г.



Заболееваемость клещевым боррелиозом в Кировской области в 2011 г.



Заболееваемость клещевым боррелиозом в Кировской области в 2015 г.



Заболееваемость клещевым боррелиозом в Кировской области в 2016 г.

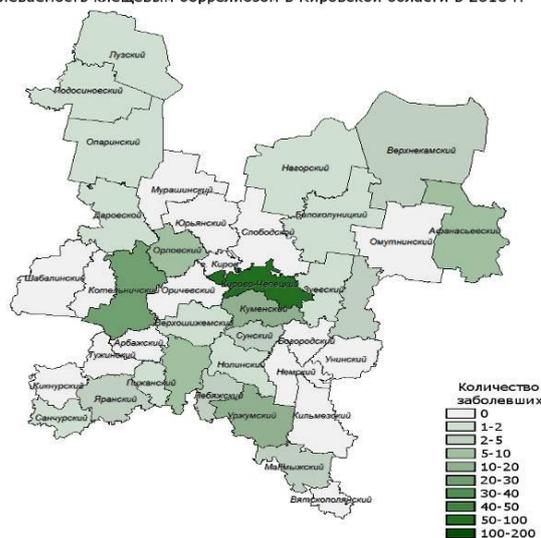


Рис. 3. Карты-схемы заболеваемости боррелиозом в Кировской области в 2009, 2011, 2015 и 2016 гг.

В 2009, 2011, 2015 гг. проявляется пиковое количество обращений с укусами. В 2009 г. энцефалит охватил весь север области и частично проник в южные районы. Не затронутыми остались районы юго-запада, а также Кумёнский, Богородский, Унинский и Нолинский районы. В 2011 и 2015 гг. формируется чёткая картина приуроченности клещевого энцефалита к железнодорожным магистралям. В ситуации с боррелиозом на 2009 г. только отдельные районы избежали этого заболевания: Свечинский, Тужинский, Богородский, Унинский, Кильмезский и Лузский. В целом, мы видим те же самые районы наиболее подвержены боррелиозу: Кирово-Чепецкий, Котельничский, Советский, Оричевский и Кумёнский районы. Следует заметить, что такие районы, как Свечинский и Нолинский, граничащие с районами с высокой заболеваемостью, практически не подвержены заражению болезнью Лайма. В 2008 и 2013 гг. отмечается низкая активность клеща. Районы с наибольшим распространением те же самые.

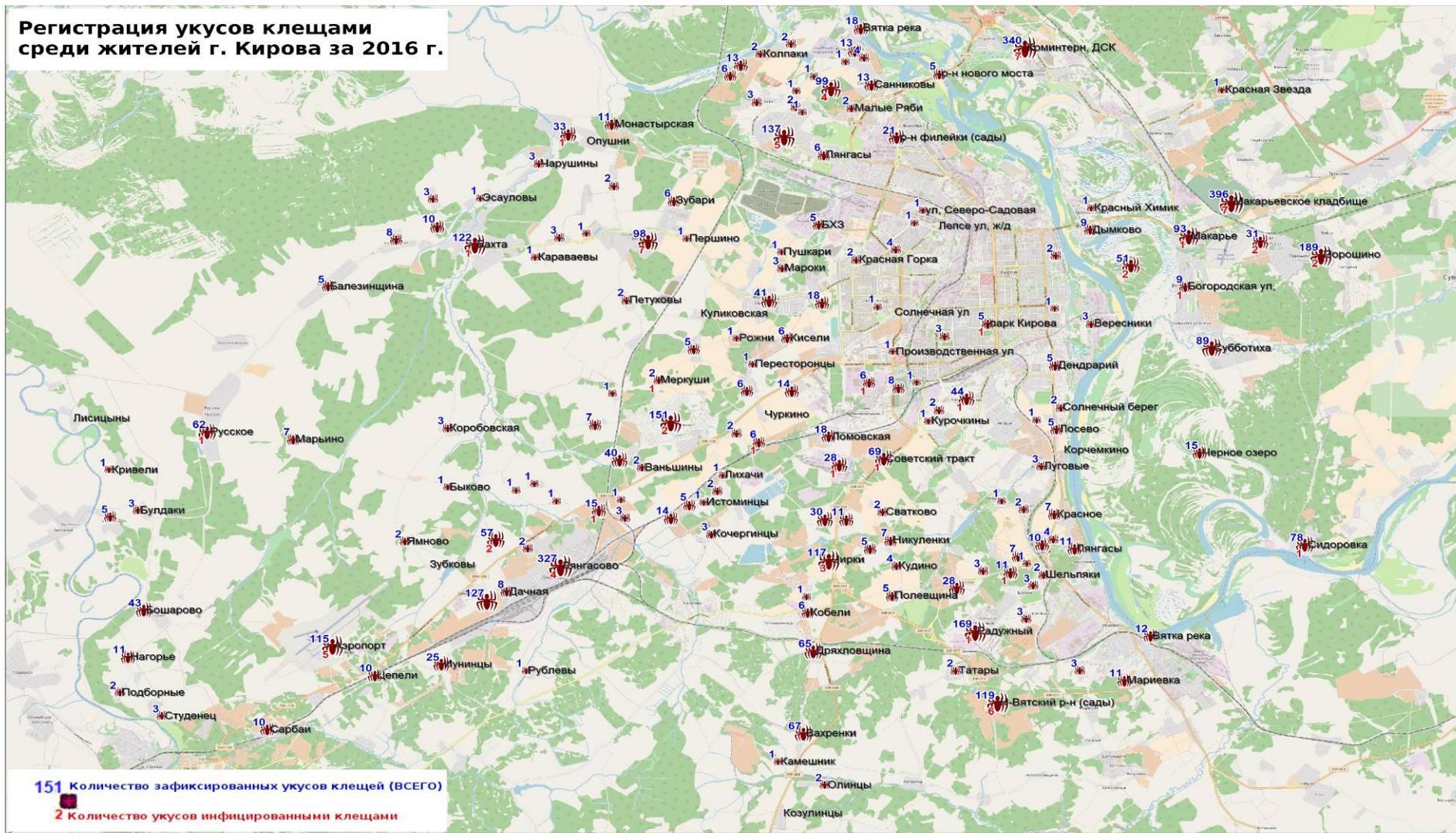


Рис. 4. Карта регистрации укусов клещами в г. Кирове за 2016 г.

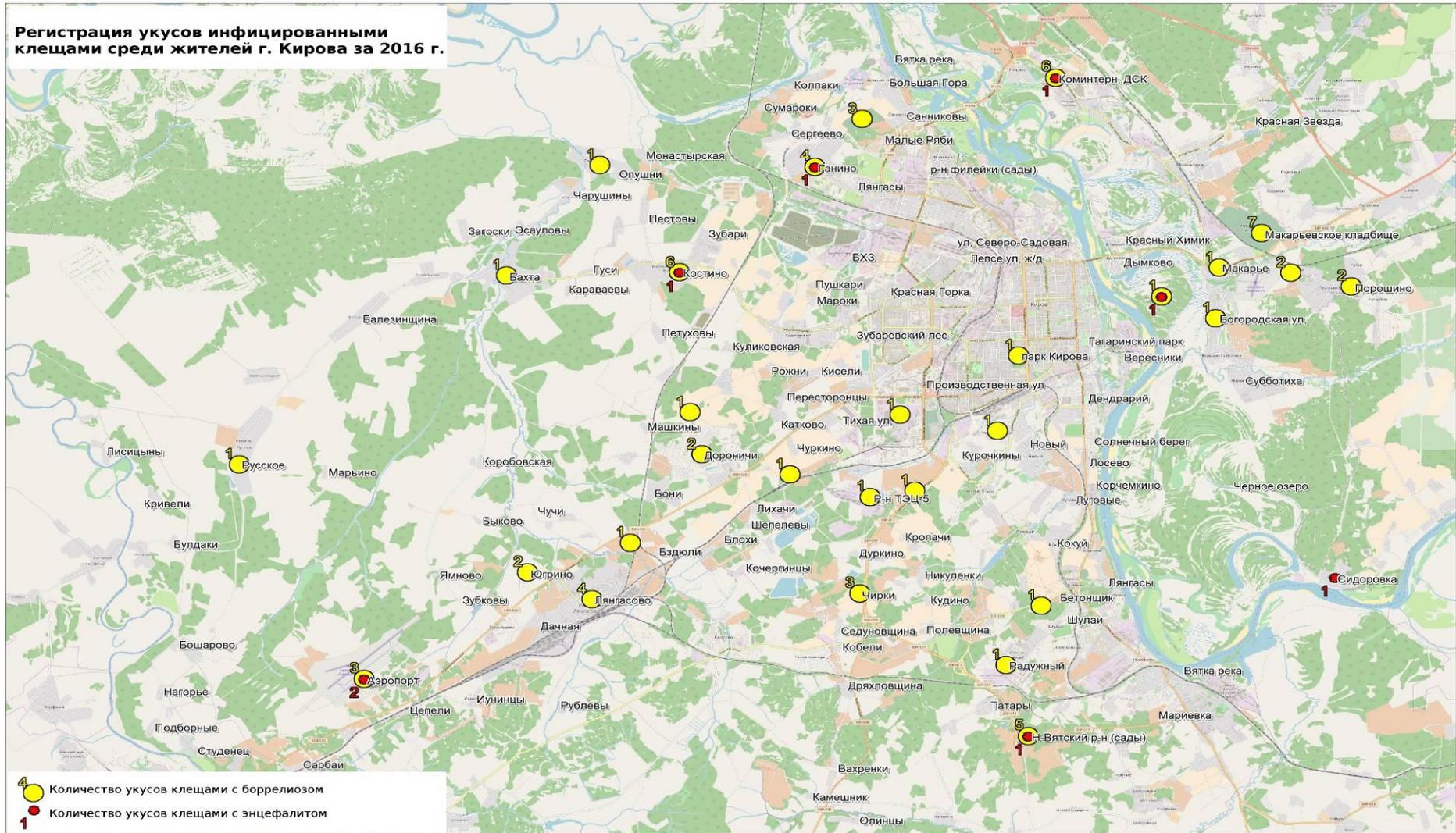


Рис. 5. Карта регистрации укусов клещами, переносящими энцефалит или боррелиоз в г. Кирове за 2016 г.

В г. Кирове укусы клещами преимущественно выявлены по окраинам в местах расположения дачных участков и на кладбищах (рис. 4). В центральной части города зафиксированы укусы лишь в парковой зоне. Основные районы распространения клещей: на северной территории города в районе Ганино, Филейка, а также на северо-востоке в районе: ДСК, Макарье; в южном направлении это: Нововятск, Радужный и на западе – Лянгасово, аэропорт. Также следует отметить приуроченность укусов к крупным автотранспортным магистралям. Особенно это проявляется на карте-схеме регистрации укусов клещами в г. Кирове (рис. 4). На карте-схеме (рис. 5) отражены данные по регистрации укусов клещами, переносчиками энцефалита и боррелиоза в г. Кирове. С наиболее значимыми показателями по материалам этих регистраций являются территории вдоль трассы Киров-аэропорт, район Макарья и пригородная территория в южном направлении.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.*

#### Литература

1. Жукова Н. В. Использование геоинформационных систем в здравоохранении // Ученые заметки ТОГУ. Электронное научное издание. 2013. Т. 4. № 4. С. 1715–1726.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ОЦЕНКЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЯ БЕШЕНСТВОМ ПО ТЕРРИТОРИИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**В. В. Рутман<sup>1</sup>, Т. Я. Ашихмина<sup>1,2</sup>, И. Л. Ожегина<sup>1</sup>,  
Г. Я. Кантор<sup>1,2</sup>, Л. В. Кондакова<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Вятский государственный университет,

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
*ecolab2@gmail.com*

Бешенство является одним из самых опасных смертельных заболеваний, распространённых на территории Кировской области. Вирус бешенства поражает людей и всех теплокровных животных. Для отслеживания и прогнозирования бешенства в Кировской области были использованы геоинформационные системы. ГИС-технологии позволяют пронаблюдать распространение заболеваний и их носителей во времени и пространстве, проследить их движение и перенос, сделать прогноз и оценить эффективность мер борьбы с заболеваниями [1].

По материалам нами были созданы на основе ГИС-технологий карты распространения заболевания бешенством за период с 1911 г. т. е. более чем за 100 лет. Цифровые табличные данные отражены по годам, сезонам года и

территориям как в разрезе районов области, так и с учётом сопредельных территорий.

В начале XX века вспышки бешенства связывают с распространением диких хищников, в основном, волков и лисиц. В 1914 г. началась вакцинация людей, а в 1927 г. и домашнего скота. С 1953 по 1959 гг. зафиксирована волна подъёма заболевания бешенством, связанная с повышением численности хищников. Вакцинация к тому времени проводилась регулярно. С 1959 по 2005 гг. ситуация по бешенству была стабильной. С 2006 по 2013 гг. отмечается подъём с 3 до 23 случаев бешенства. Его также связывают с увеличением численности хищников, особенно лисицы. С 2013 г. проявляется резкий подъём количества заболевших до 106 в 2015 г. В 2016 г. ситуация по бешенству продолжает оставаться высокой, отмечено 67 случаев, с 2017 г. уже зафиксировано около 70 случаев (рис. 1).

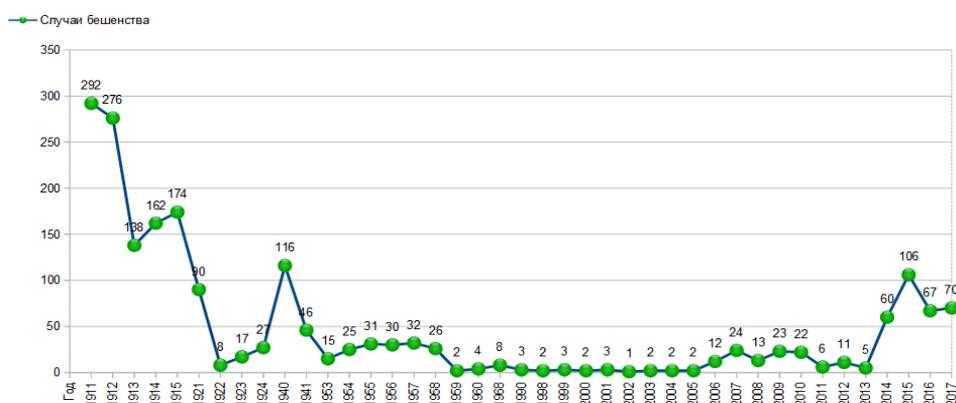


Рис. 1. Динамика показателей заболеваемости бешенством животных (суммарно для всех видов) на территории Кировской области за 1911–2017 гг.

На сопредельных с Кировской областью территориях бешенство распространено на юго-востоке и снижается к северо-западу. Миграция животных, в том числе и больных, проходит с юга. В целом по стране бешенство распространено на юге европейской части. Заболевание распространено в районах Кировской области, граничащих с сопредельными территориями (рис. 2).

На территории Кировской области бешенству подвержены центральные районы, восток и юго-восток. Наиболее подвержены: Котельничский, Зуевский, Кирово-Чепецкий, Оричевский, Кумёнский и Фалёнский районы. Предположительно, это путь миграции животных, в том числе и больных бешенством, из Пермского края и республики Удмуртия на запад, вдоль железнодорожной магистрали. На юге области бешенство распространено в Малмыжском районе, граничащим с республикой Татарстан. На севере области Нагорский и Лузский районы подвержены заболеванию бешенством. Они расположены на границе с Пермским краем и республикой Коми. Основными носителями бешенства являются лисица и енотовидная собака. Среди домашних животных бешенству подвержены, в основном, кошки. От укусов собак тоже происходит заражение бешенством, преимущественно это одичалые собаки.

В 2015 и 2016 гг. источником заражения бешенством был также домашний скот (рис. 3, 4).

Распространение бешенства на сопредельных с Кировской областью территориях в 2015 г.

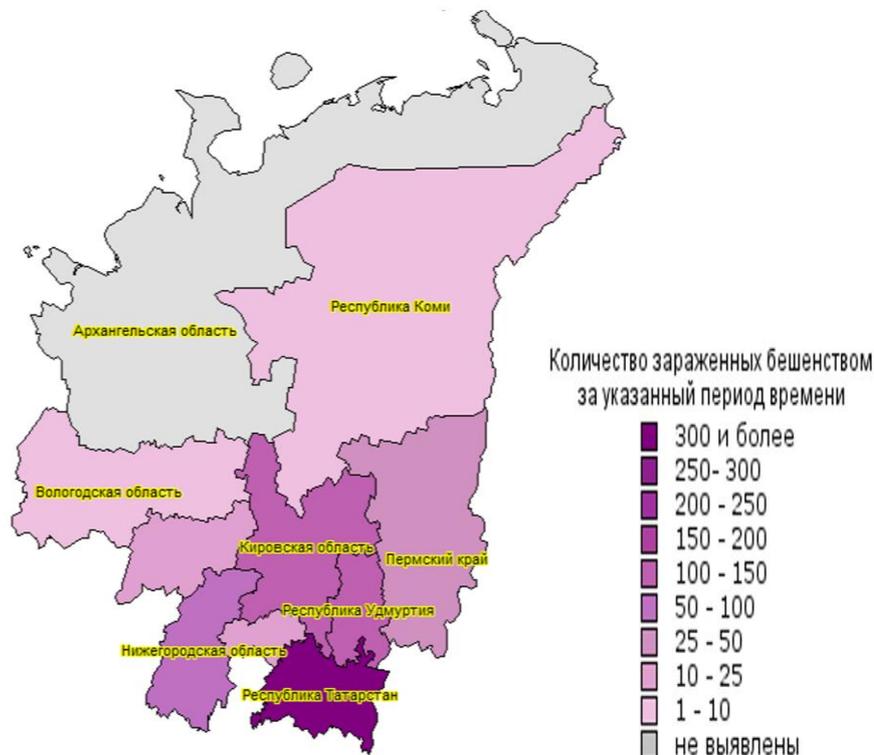


Рис. 2. Карта-схема распространения заболеваемости бешенством на сопредельных территориях 2015 г.

Обычно границы сложившихся природных очагов определяются условиями биогеоценоза и расширяются при активизации эпизоотического процесса бешенства. Расширение ареала заболеваемости бешенством зарегистрировано в 2008 году, вспышка этим видом заболеваемости была зафиксирована на территории Лебяжского района. Это связано с тем, что в 2007 году в неблагоприятных районах массовый отстрел лисиц не проводился, что привело к их миграции и расширению ареала инфекции.

В течение года заболевание бешенством усиливается ближе к зимнему периоду, весной и осенью. В течение года выявлена миграция бешеных животных с востока на запад. Анализ случаев заболеваемости бешенством за отмеченный период показал, что территория Кировской области была неблагоприятна по бешенству в течение всего исследуемого почти 100 летнего периода (рис. 1). Всего с 1911–2017 гг. было зарегистрировано 2026 случаев бешенства всех видов животных.

## Распространение бешенства на территории Кировской области в 2016 г.

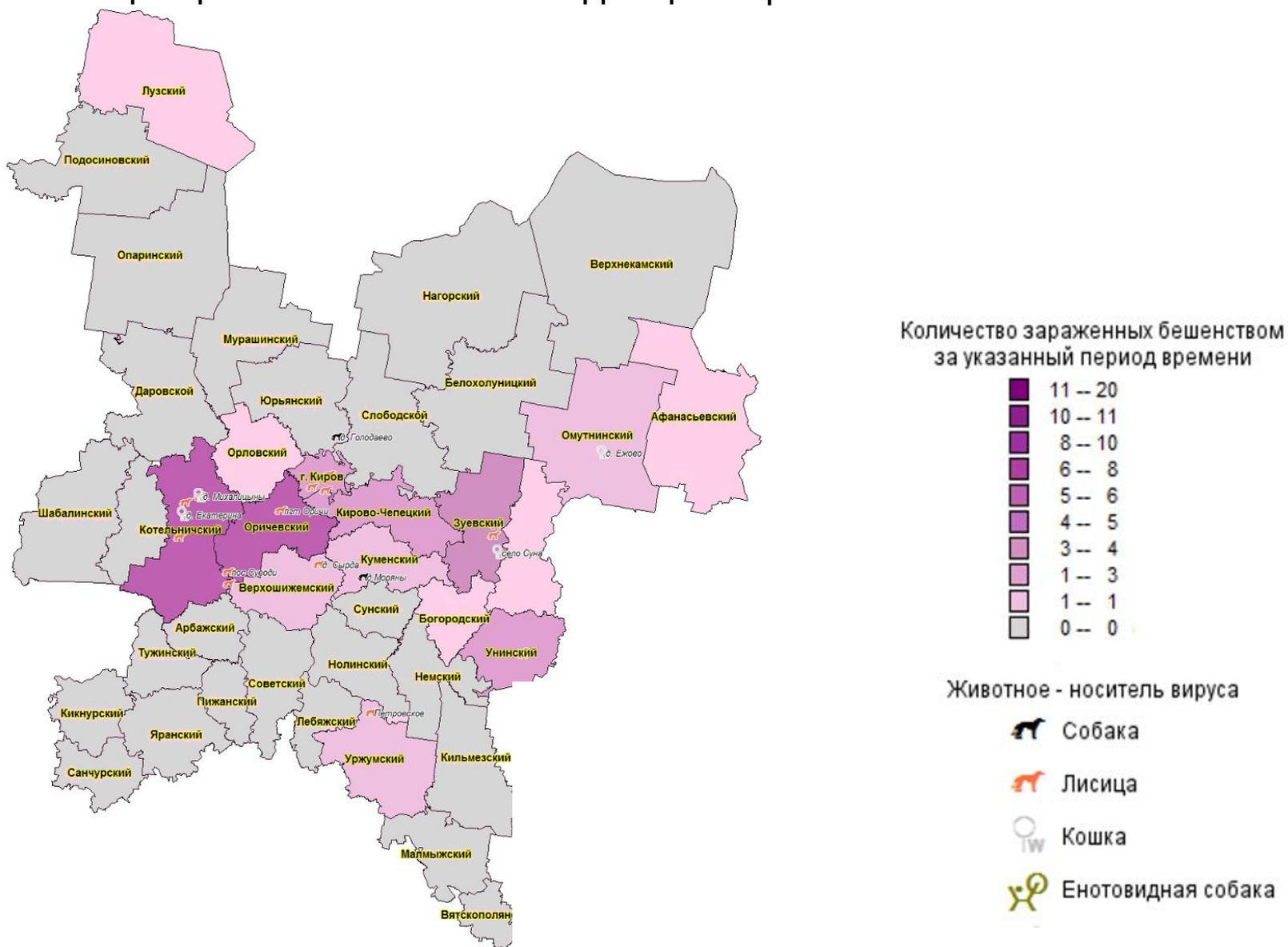


Рис. 3. Карта-схема распространения заболеваемости бешенством в районах Кировской области 2016 г.

## Распространение бешенства на территории Кировской области в 2015 г.

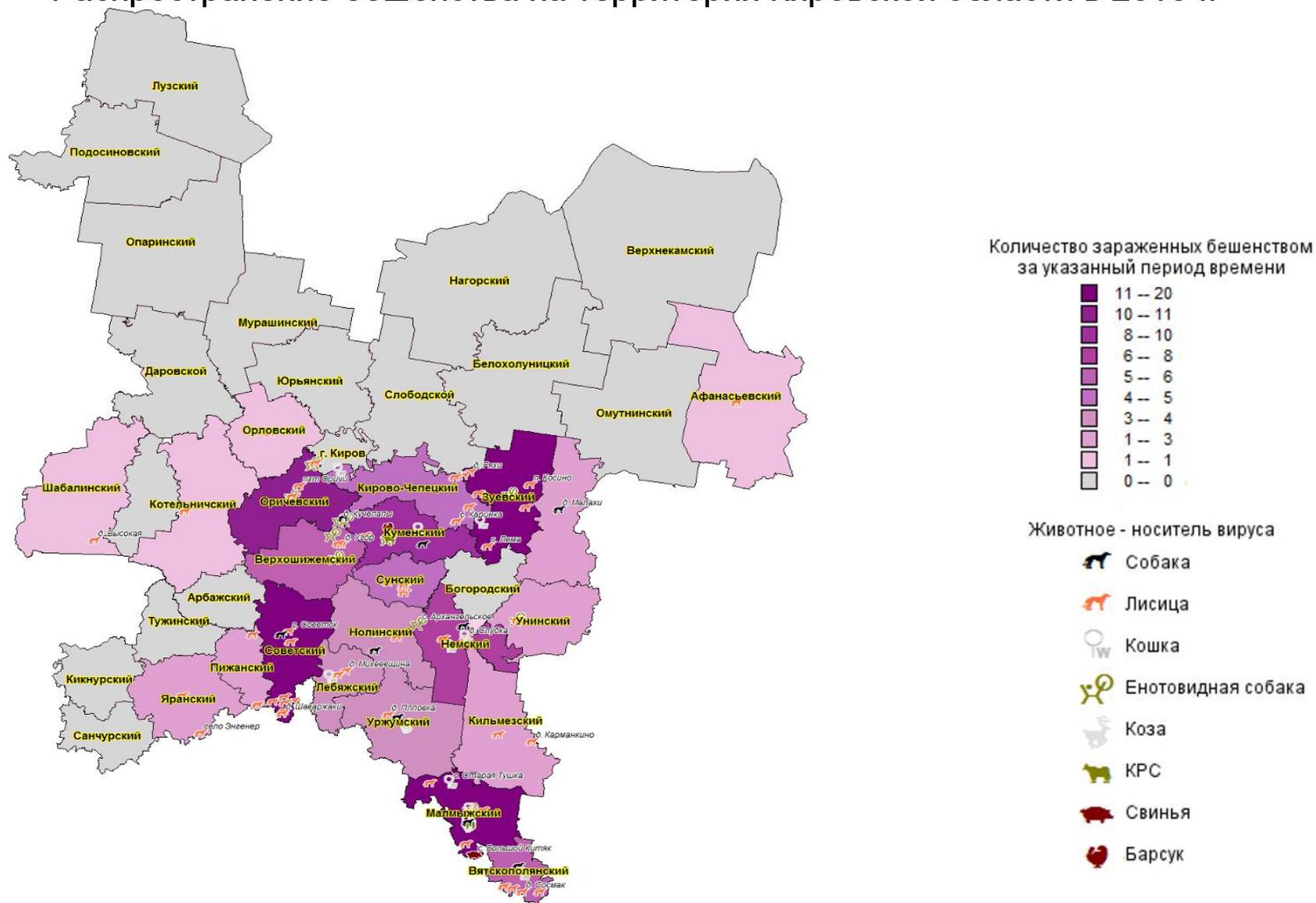


Рис. 4. Карта-схема распространения заболеваемости бешенством в районах Кировской области 2015 г.

Необходимо отметить, что за указанный период случаи бешенства регистрировались неравномерно. Так, с 1990 по 2000 гг. включительно отмечались единичные случаи заболевания, в 2001–2003 гг. заболевание не регистрировалось, в 2004–2005 по одному случаю, в 2006 г. зарегистрировано 9 случаев заболеваемости, в 2007 – 14, 2008 – 10, 2009 – 19, 2010 – 22, 2011 – 6, 2012 – 11, в 2013 – 2, то есть ситуация по заболеваемости бешенством остаётся напряженной. Наиболее неблагополучными районами области являются Малмыжский, где за период с 2004 по сентябрь 2013 г. зарегистрировано 33 случая бешенства, Вятско-Полянский – 23 случая, неблагополучными районами являются также Уржумский, где зарегистрировано 10 случаев бешенства, Лебяжский – 8, Оричевский – 6, Кумёнский – 7, Кильмезский – 3, Яранский, Орловский, Верхошижемский, Зуевский – по 1 случаю.

За период с 2003 по 2013 гг. на территории Кировской области заболевание бешенством зарегистрировано в 11 районах у 84 различных видов животных. Бешенством болело 69 диких животных (64 лисицы, 2 енотовидные собаки, 2 барсука, 1 медведь), что составило 82,1% от всех зарегистрированных случаев заболевания по области. Кроме того, выявлено данное заболевание у 4 сельскохозяйственных животных – 3 головы крупного рогатого скота и 1 – мелкого рогатого скота (4,8%), а также у 11 домашних – 3 собаки и 8 кошек (13,1%). При этом главным источником и распространителем бешенства в области стали лисицы, на долю которых среди всех заболевших животных, в том числе и домашних, в целом приходится 76,2%, а от заболевших диких животных это значение достигает 92,8%, что связано с ростом численности лисицы. Так, в 1990 г. численность лисицы составляла 1,5 тыс. особей, в 2000 г. – 1,8; в 2006 г. – 7,5; в 2010 г. – 7,1; 2013 – 7,6 тыс. особей [2].

Анализ поквартального распределения эпизоотического процесса свидетельствует о том, что если в 1 и 2 кварталах 2014 г. заболевание характерно для Нагорского, Зуевского, Фаленского, Сунского, Богородского и Малмыжского районов, то в 3 квартале распространение заболевания проявляется в большей степени в южных районах таких, как Уржумский, Лебяжский, Малмыжский и Вятскополянский районы. К стабильно неблагополучному по заболеваниям за весь 2014 год следует отнести территорию Зуевского района. При этом следует отметить, что в 4 квартале вектор распространения наметился к центру Кировской области и захватывает Зуевский, Киров-Чепецкий, Куменский, Сунский и Богородский районы.

В 2015 г. (рис. 5) наблюдается ещё больший рост числа заболеваний. Количество вспышек возросло на 76%. В эпизоотический процесс вовлекается всё большее количество районов. Меняется картина напряженных районов. Малмыжский и Зуевский районы по-прежнему входят в их число, но добавляются ещё и Советский, Оричевский и Куменский районы.

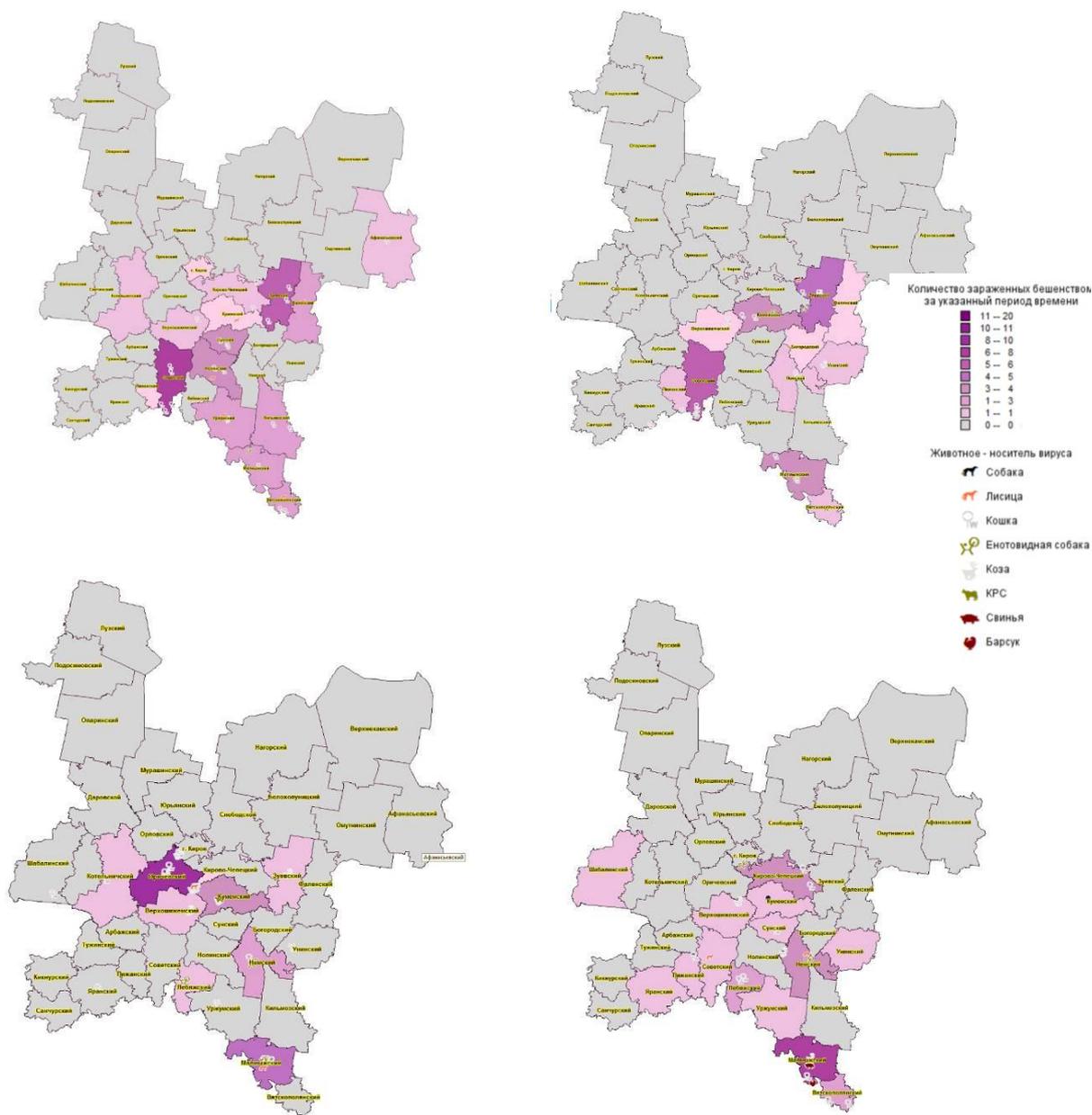


Рис. 5. Карты-схемы поквартального распределения эпизоотического Процесса заболевания на территории Кировской области в 2015 г.

В отличие от данных 2014 г. в 2015 г. в течение всех 4 кварталов проявляется устойчивая тенденция к распространению заболевания в центральные и западные районы области.

В 2014 г. чётко проявляются два ареала с данным типом эпизоотии с южной и юго-восточной стороны; один из них, включающий: Зуевский, Куменский, Сунский, Богородский, Фалёнский районы, а другой ареал, включающий: Уржумский, Малмыжский, Вятскополянский районы. В 2015 г. на карте-схеме (рис. 4) чётко выявляется один ареал, площадь которого существенно возросла в сравнении с 2013 и 2014 гг. и включает 18 районов, расположенных в южной, юго-восточной и центральной части Кировской области.

Следует иметь ввиду то, что проводимые диагностические исследования не отражают реальной картины заболеваемости бешенством в популяции, так как исследуются заведомо больные (или вероятно больные) животные, а значит реальная картина заболеваемости находится на более высоком уровне.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.*

#### **Литература**

1. Жукова. Н. В. Использование геоинформационных систем в здравоохранении // Ученые заметки ТОГУ. Электронное научное издание. 2013. Т. 4. № 4. С. 1715–1726.

2. Дресвянникова С. Г. Особенности развития эпизоотического процесса бешенства на территории Кировской области // Ветеринария – основа развития животноводства и получения безопасной продукции: Материалы науч.-практ. конф. Киров, 2011.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ГИС В ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ**

*Е. А. Клековкина*

*Вятский государственный университет, jelena\_klekovkina@mail.ru*

Мобильные ГИС – это геоинформационные приложения для мобильных устройств, которые обеспечивают доступ, обработку, анализ и визуализацию геоданных и позволяют работать с пространственной информацией практически в любом месте и в любое время [1]. Они придают цифровой карте мобильность, характерную для традиционной бумажной версии. Данный вид ГИС тесно связан с Web-технологиями и зачастую имеет функции для работы с данными и программными интерфейсами, расположенными в сети Интернет. Особенностью современных мобильных ГИС также является то, что они могут определять свое местоположение в пространстве и отображать его на цифровой карте, используя, к примеру, GPS или WiFi – позиционирование. Таким образом, мобильные геоинформационные системы объединяют в себе технологии ГИС, глобального позиционирования и беспроводного доступа в сеть Интернет [2, 3].

Среди преимуществ мобильных ГИС стоит отметить портативность и адаптированный под устройства с небольшими экранами простой интерфейс, однако их недостатком является ограниченный набор функций сравнительно с настольными геоинформационными приложениями. Тем не менее, состав решаемых ими задач достаточно велик, например, ввод и редактирование данных, построение маршрутов, определение местоположения пользователя на карте, поиск необходимой информации и т.д.

Мобильные геоинформационные решения разрабатываются многими компаниями, например, ЗАО КБ «Панорама» (Panorama Mobile), ESRI

(ArcPad, ArcGIS for Smartphones and Tablets, ArcGIS for Windows Mobile and Windows Tablet), Pitney Bowes Inc. (MapInfo MapX Mobile – средство разработки картографических приложений для мобильных устройств) и другими.

В современном мире мобильные ГИС становятся все более востребованными в связи с широким распространением смартфонов и планшетов. Сегодня каждый человек может выступать в роли «геосенсора» и при обнаружении какой-либо проблемы, будь то несанкционированная свалка мусора, загрязнение водоёма и др., фиксировать её местоположение с помощью мобильного устройства с ГИС, оставлять комментарии и фотографии с геометками на специализированных сайтах, посылать запросы в контролирующие организации и многое другое. Это входит в повседневную жизнь также как ведение блогов и публикация постов в социальных сетях и других проектах.

Мобильные ГИС позволяют сотрудникам организаций собирать, уточнять и использовать информацию об объектах, ресурсах и проводимых работах прямо на местности. Порою время, выигранное за счет беспрепятственного доступа к любой имеющейся информации, помогает принять решения для быстрой ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и спасти человеческие жизни. Например, бригады скорой помощи или пожарные, имея в распоряжении карту места происшествия природно-техногенной катастрофы, смогут проложить оптимальный маршрут проезда и вовремя оказать помощь, ввести информацию о мерах экстренного реагирования.

Для руководителей ведомств и организаций мобильные ГИС обеспечивают визуализацию пространственных данных, а также быстрый и удобный доступ к аналитической геоинформации, что зачастую необходимо для оперативного принятия управленческих решений. Например, в Министерстве природных ресурсов и экологии мобильные ГИС могут использоваться для получения информации о текущих лесохозяйственных работах, статистике по несанкционированным вырубкам леса, картам лесных пожаров и т.д.

Мобильные ГИС являются незаменимыми помощниками для представителей таких профессий как геодезисты, географы, геологи, биологи, экологи, почвоведы и многие другие. Например, интересно отметить опыт применения мобильного приложения Esri Collector for ArcGIS для полевого сбора данных в рамках одной из нефтегазовых конференций Esri в г. Тюмень. Участникам тренинга менее чем за полчаса удалось провести «инвентаризацию» более 500 объектов: уточнить их координаты, внести описание и изображение объектов. После сбора первичных данных был проведен их статистический анализ с помощью настроенной панели мониторинга и анализа на базе Esri Operations Dashboard for ArcGIS. При этом на подготовку всех устройств, базовых карт, подключение базы данных ушло менее часа [4].

Исходя из вышесказанного, применение компактных, мобильных и функциональных ГИС в рамках полевых исследований состояния природно-техногенных систем, особенно при чрезвычайной ситуации, имеет суще-

ственное практическое значение и в ряде случаев настолько же важно, как использование портативных химических лабораторий и экспресс-методов химического анализа.

#### Литература

1. Заблоцкий В. Р. Мобильные ГИС – новое направление развития геоинформационных систем // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 11 (часть 1). С. 22–23.
2. Материалы Компании «Совзонд». <https://sovzond.ru/services/gis/>
3. Roland Billen, Elsa Joao, David Forrest. Dynamic and Mobile GIS: Investigating Changes in Space and Time. CRC Press, 2006. 344 p.
4. Материалы Компании «ДАТА+» <https://www.dataplus.ru/news/>

### ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И КАТАЛАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ ЗАКАЗНИКА «ПИЖЕМСКИЙ»

*Т. А. Адамович, Е. С. Соловьёва, Ю. А. Злобина*  
*Вятский государственный университет, ttjnadamvich@rambler.ru*

В связи с усилением антропогенного воздействия на окружающую среду, все большее внимание уделяется мониторингу почв. Проведение подобных работ имеет исключительно важное значение, не только для антропогенных экосистем, но и для особо охраняемых природных территорий (ООПТ), являющихся эталоном естественных ненарушенных экосистем.

Пробы почвы для исследования отбирали на территории заказника «Пижемский», расположенного в 5 районах области – Котельническом, Тужинском, Пижанском, Арбажском и Советском. Общая площадь заказника составляет 30539,1 га. Протяжённость заказника по руслу реки Немды – 42 км, по руслу реки Пижмы – 202 км.

Почвенный покров территории исследования отличается большой неоднородностью и представлены дерново-слабоподзолистыми и среднеподзолистыми суглинистыми и глинистыми на покровных лессовидных суглинках с участием серых и светло-серых лесных почв на тех же породах. Район исследования по характеристике почв относится к округу сглажено-холмисто-депрессийных наложено-древовидных сочетаний дерново-подзолистых почв и подзолистых почв различного механического состава с подзолисто-болотными и болотными почвами Средневятской (Котельнической) низины.

Пробы почв были отобраны в июле 2017 года с 7 участков по горизонтам (рис., табл.).

Определение рН почвы проводили потенциометрическим методом, содержание органического вещества – по методу Тюрина в модификации ЦИ-НАО. Каталазную активность почв измеряли газометрическим методом [1]. Степень обогащенности почвы каталазой оценивалась по шкале Звягинцева (1978). Определение показателей осуществлялось в смешанных почвенных образцах.



Рис. Карта-схема участков отбора проб почвы на территории заказника «Пижемский»

Примечание: 1 – участок на лугу вблизи деревни Обухово; 2 – участок в сосновом лесу; 3 – участок в дубовом лесу; 4 – луг на берегу реки Пижма; 5 – участок в берёзовом лесу; 6 – участок в сосновом лесу; 7 – участок в сосновом лесу.

В результате проведённого анализа установлено, что почвы исследуемой территории заказника «Пижемский» относятся к слабокислым, среднекислым и сильнокислым почвам. К сильнокислым относятся почвы на участках № 5, 6 и 7 (табл.). Причём, практически на всех участках отбора проб почвы наблюдается тенденция к снижению кислотности от верхнего горизонта к нижнему. Полученные значения почвенной кислотности являются характерными для дерново-подзолистых и серых лесных почв.

Содержание органического вещества по результатам проведённого анализа варьировало в почвах исследуемой территории в пределах от 1,17 до 21,3%. Более высокими показателями содержания органического вещества (9,3–21,3%) характеризовались почвы верхнего горизонта, что является закономерным, так как распределение органического углерода вниз по профилю резко убывающее. Самое высокое содержание органического вещества зарегистрировано в верхнем горизонте (0–5 см) почвы участков № 2 и 7, расположенных в сосновом лесу. Такие значения не являются характерными для дерново-подзолистых почв, однако могут быть связаны с поступлением большого количества опада. Так авторы отмечали, что в лесной подстилке накопление биогенного углерода может достигать 49% от массы [2]. Почвы нижнего горизонта (глубина 20–25 см) отличаются очень низким (участок

№ 7), низким и удовлетворительным уровнем содержания органического вещества.

Таблица

**Содержание органического вещества, значение каталазной активности и рН почв территории заказника «Пижемский»**

Участок отбора проб	Горизонт	рН <sub>KCl</sub>	Органическое вещество, %	Каталазная активность, см <sup>3</sup> O <sub>2</sub> на 1 г почвы за 1 мин	Степень обеспеченности почв каталазой
1	0-20	5,0±0,2	9,3±0,9	6,6	Средне-обогащенная
	20-25	5,3±0,2	3,1±0,5	4,1	Средне-обогащенная
2	0-5	5,4±0,2	20,3±2,0	5,1	Средне-обогащенная
	20-25	4,6±0,2	2,6±0,5	1,7	Бедная
3	0-5	5,6±0,2	12,9±1,3	10,2	Богатая
	20-25	5,2±0,2	7,3±0,7	7,1	Средне-обогащенная
4	0-5	5,5±0,2	11,5±1,2	11,3	Богатая
	20-25	5,2±0,2	4,7±0,7	5,1	Средне-обогащенная
5	0-5	4,8±0,2	12,0±1,2	5,2	Средне-обогащенная
	20-25	4,6±0,2	4,3±0,6	1,4	Бедная
6	0-5	4,5±0,2	11,9±1,2	8,2	Средне-обогащенная
	20-25	4,0±0,2	2,3±0,5	2,1	Бедная
7	0-5	4,4±0,2	21,3±2,1	6,5	Средне-обогащенная
	20-25	4,5±0,2	1,17±0,23	1,6	Бедная

Ферментативная активность почв определяет интенсивность и направленность биохимических процессов и является одним из важных показателей биологической активности почвы. Роль каталазы в почве заключается в разрушении ядовитой перекиси водорода, которая образуется в процессе дыхания растений и в результате биохимических реакций окисления органических веществ. Большинство из исследованных почв характеризуются среднеобогащенной степенью обеспеченности каталазой (табл.). Бедными по каталазе являются горизонты почвы 20–25 см, что является закономерным, так как для лесных почв характерен резкоубывающий характер профильного изменения биологических свойств почвы.

Таким образом, наблюдается некоторая закономерность в том, что образцы почв с низким содержанием органического вещества являются в то же время бедными по степени обогащенности каталазой (табл.). Однако самыми богатыми по степени обогащенности каталазой являлись образцы с невысоким максимальным содержанием органического вещества. Наибольшая активность каталазы наблюдалась в образцах №№ 3 и 4.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых учёных – кандидатов наук (МК – 2120.2017.5).

### Литература

1. Хазиев Ф. Х. Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. 179 с.
2. Дымов А. А., Лаптева Е. М., Е. Ю. Милановский Е. Ю. Изменение почв и почвенного органического вещества в процессе естественного лесовозобновления после рубки сосняка бруснично-зеленомошного // Лесной вестник. № 2. 2012. С. 67–72.

## ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНОВ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ И СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ НА ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ЯЧМЕНЯ *HORDEUM VULGARE L.*

Е. С. Петухова<sup>1</sup>, А. Э. Русских<sup>1</sup>, И. С. Солодянкина<sup>1</sup>,  
Р. А. Болюбаиш<sup>1</sup>, Т. Я. Ашихмина<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный университет,

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com

Для разработки фундаментальных основ адаптации растений к тяжелым металлам (ТМ) и решения ряда практических задач необходимо выяснение механизма ростигибирующего действия различных ТМ на растения. Для этого важно знать специфику действия отдельных ТМ на ростовые процессы, которая обусловлена как различиями физико-химических свойств их ионов, так и особенностями клеточного метаболизма конкретных растений. Известно, что действие ТМ на ростовые процессы напрямую зависит от особенностей их тканевого и внутриклеточного распределения в растущем участке корня, а также от эффективности механизмов детоксикации, которые могут реализоваться в тканях разных видов и сортов растений различным образом [1].

Поэтому решение проблемы специфичности и избирательности токсического действия металлов на рост, а также выяснение особенностей сочетанного действия ТМ на отдельные ростовые процессы требуют специальных исследований в модельных экспериментах. Кроме того, на токсичность металлов влияют другие ионы, присутствующие в среде, наиболее важную роль среди которых играют макроэлементы, участвующие в минеральном питании растений. Несмотря на активное изучение физиологической роли макроэлементов, и в особенности азота, влияние их на проявление токсического действия ТМ остаётся мало изученным.

Данная работа посвящена модельным экспериментам по изучению специфичности и избирательного действия ионов тяжелых металлов  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , а также соединений азота  $NH_4^+$  и  $NO_3^-$  при раздельном их воздействии на рост 21-дневных растений ячменя *Hordeum vulgare L.*

Опыты по выращиванию ячменя проводили в пластиковых сосудах в климатической камере при температуре дневного режима 22 °С, а при темпе-

ратуре ночного режима 15 °С. В ходе эксперимента определяли биометрические показатели 21-дневных растений ячменя: длина корня, стебля и листьев.

Выращивание ячменя проводили на образцах почв, отобранных на пойменной гриве у озера Бобровое-3 (фоновый участок) в окрестностях предприятий Кирово-Чепецкого промышленного комплекса, где с 2009 года сотрудниками лаборатории биомониторинга совместно со специалистами-экологами «ЗМУ КЧХК» проводится эксперимент по утилизации богатых азотом вод пойменного озера на участке данного луга. Соединения тяжёлых металлов и азотсодержащие соединения вносились в данную почву в виде водорастворимых солей:  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ,  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и  $\text{KNO}_3$  с концентрацией ионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_3^-$  5, 10, 50 и 100 ОДК. Контролем были те же образцы, которые поливались обычной водой.

Таблица 1

**Результаты раздельного воздействия ионов  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  на показатели роста длины корня 21-дневных растений ячменя сорта «Новичок» при различных концентрациях**

№	Варианты	Длина корня, см	Рост длины корня, %	Ингибирование роста длины корня, %
1	Контроль	13,5±3,8	100,0	0
2	$\text{Pb}^{2+}$ 5 ОДК	16,3±3,9	120,7	стимуляция
3	$\text{Pb}^{2+}$ 10 ОДК	16,1±4,8	119,3	стимуляция
4	$\text{Cd}^{2+}$ 100 ОДК	15,2±4,5	112,6	стимуляция
5	$\text{NO}_3^-$ 5 ОДК	13,9±3,5	103,0	стимуляция
6	$\text{Cd}^{2+}$ 10 ОДК	13,5±3,9	100,0	0
7	$\text{Cd}^{2+}$ 5 ОДК	12,2±3,3	90,4	9,6
8	$\text{Pb}^{2+}$ 50 ОДК	12,0±3,2	88,9	11,1
9	$\text{Cd}^{2+}$ 50 ОДК	11,4±3,5	84,4	15,6
10	$\text{NO}_3^-$ 10 ОДК	11,2±3,1	83,0	17
11	$\text{Zn}^{2+}$ 5 ОДК	9,9±3,0	73,3	26,7
12	$\text{NH}_4^+$ 5 ОДК	9,3±2,7	68,9	31,1
13	$\text{NH}_4^+$ 10 ОДК	9,1±1,9	67,4	32,6
14	$\text{Pb}^{2+}$ 100 ОДК	7,8±1,9*	57,8	42,2
15	$\text{NH}_4^+$ 50 ОДК	7,6±1,8*	56,3	43,7
16	$\text{Cu}^{2+}$ 5 ОДК	7,2±1,5*	53,3	46,7
17	$\text{Cu}^{2+}$ 10 ОДК	5,8±1,6	43,0	57,0
18	$\text{NO}_3^-$ 50 ОДК	3,1±0,9*	23,0	77,0
19	$\text{NH}_4^+$ 100 ОДК	1,9±0,5*	14,1	85,9
20	$\text{Zn}^{2+}$ 10 ОДК	1,8±0,4*	13,3	86,7
21	$\text{NO}_3^-$ 100 ОДК	0,8±0,2*	5,9	94,1
22	$\text{Cu}^{2+}$ 50 ОДК	0,6±0,1*	4,4	95,6
23	$\text{Zn}^{2+}$ 50 ОДК	–	–	–
24	$\text{Zn}^{2+}$ 100 ОДК	–	–	–
25	$\text{Cu}^{2+}$ 100 ОДК	–	–	–
Среднее значение		9,1±2,5	67,4	35,1
Диапазон изменений		0,6–16,3	4,4–120,7	9,6–95,6

Примечание: \* – различия между вариантом и контролем достоверны при  $p \leq 0,05$ .

Из данных, представленных в таблице 1, следует, что наибольшее подавление роста корневой системы ячменя проявляется под воздействием нитрат-ионов в варианте с концентрацией 100 ОДК (вариант № 21), а также при влиянии ионов меди с концентрацией 50 ОДК (вариант № 22). Разница в ингибировании роста корня ячменя при воздействии нитрат-ионов с концентрацией 100 ОДК в сравнении с контролем составляет 17 раз, при этом выявлены достоверные различия с контролем. Известно, что в целом нитраты не опасны для развития растений, но при избыточных концентрациях они восстанавливаются под действием микроорганизмов или в процессе химических реакций до наиболее опасных соединений – нитрозоаминов, которые обладают канцерогенными свойствами [2]. Установлено, что разница в ингибировании роста корня ячменя сорта «Новичок» при влиянии ионов меди с концентрацией 50 ОДК составляет 23 раза, при этом выявлены достоверные различия с контролем. Это закономерно, поскольку в результате медного токсикоза у растений наблюдаются пороки развития корневой системы [3]. Однако ионы  $Pb^{2+}$  при концентрациях 5 и 10 ОДК (варианты № 2, 3) оказывают некоторое стимулирующее действие на развитие корня. Известно, что в небольших количествах свинец ускоряет развитие корневых волосков у растений [4]. В ходе эксперимента обнаружено, что у растений ячменя, которые выращивали в почвах, куда вносили ионы цинка с концентрацией 50 и 100 ОДК, а также ионы меди с концентрацией 100 ОДК, отсутствует корневая система. Данное явление характерно, поскольку медь уже при концентрации в  $1 \text{ мг/дм}^3$  приостанавливает рост ячменя [3], а избыток цинка угнетает рост корня у растительного организма [4].

Таблица 2

**Результаты раздельного воздействия ионов  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$  на показатели роста длины стебля 21-дневных растений ячменя сорта «Новичок» при различных концентрациях**

№	Варианты	Длина стебля, см	Рост длины стебля, %	Ингибирование роста длины стебля, %
1	2	3	4	5
1	Контроль	6,4±1,8	100	0
2	$Cd^{2+}$ 5 ОДК	6,7±1,4	104,7	стимуляция
3	$NO_3^-$ 50 ОДК	6,4±1,6	100	0
4	$Cu^{2+}$ 10 ОДК	6,2±0,9	96,9	3,1
5	$Zn^{2+}$ 10 ОДК	6,2±0,4	96,9	3,1
6	$NH_4^+$ 10 ОДК	6,1±1,5	95,3	4,7
7	$Zn^{2+}$ 5 ОДК	5,9±1,7	92,2	7,8
8	$Pb^{2+}$ 50 ОДК	5,6±1,0	87,5	12,5
9	$NH_4^+$ 5 ОДК	5,6±1,0	87,5	12,5
10	$Cd^{2+}$ 10 ОДК	5,5±0,9	85,9	14,1
11	$Pb^{2+}$ 5 ОДК	5,5±0,8	85,9	14,1
12	$Cu^{2+}$ 5 ОДК	5,5±0,8	85,9	14,1
13	$Pb^{2+}$ 100 ОДК	5,4±1,1	84,4	15,6
14	$NO_3^-$ 10 ОДК	5,4±0,7	84,4	15,6
15	$NO_3^-$ 5 ОДК	5,4±0,4	84,4	15,6

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
16	Pb <sup>2+</sup> 10 ОДК	5,3±0,8	82,8	17,2
17	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 100 ОДК	5,2±1,4	81,3	18,7
18	Cd <sup>2+</sup> 50 ОДК	5,2±1,1	81,3	18,7
19	Cd <sup>2+</sup> 100 ОДК	4,3±0,8	67,2	32,8
20	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 50 ОДК	3,8±1,1	59,4	40,6
21	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 100 ОДК	2,5±0,5*	39,1	60,9
22	Zn <sup>2+</sup> 50 ОДК	1,7±0,3*	26,6	73,4
23	Cu <sup>2+</sup> 50 ОДК	–	–	–
24	Cu <sup>2+</sup> 100 ОДК	–	–	–
25	Zn <sup>2+</sup> 100 ОДК	–	–	–
Среднее значение		5,3±1,0	82,3	18,0
Диапазон изменений		1,7–6,7	26,6–104,7	3,1–73,4

Примечание: \* – различия между вариантом и контролем достоверны при  $p \leq 0,05$ .

На рост стебля ячменя (табл. 2) некоторое подавляющее действие оказывают ионы аммония (вариант № 21) в концентрации 100 ОДК и ионы цинка с концентрацией 50 ОДК (вариант № 22). При этом ингибирование роста стебля ячменя в сравнении с контролем составляет 2,6 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 100 ОДК) и 6,8 раза (Zn<sup>2+</sup> 50 ОДК) соответственно. Известно, что при избытке аммонийного азота замедляется рост и развитие растения, повреждаются стебли [2]. Ионы кадмия с концентрацией 5 ОДК (вариант № 2) оказывали некоторый стимулирующий эффект на рост стебля растений ячменя. В ходе эксперимента обнаружено, что у растений ячменя, которые выращивали в почвах, куда вносили ионы меди с концентрацией 50 и 100 ОДК, а также ионы цинка с концентрацией 100 ОДК, отсутствует стебель.

Таблица 3

**Результаты отдельного воздействия ионов Cd<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> на показатели роста длины листьев 21-дневных растений ячменя сорта «Новичок» при различных концентрациях**

№	Варианты	Длина листьев, см	Рост длины листьев, %	Ингибирование роста длины листьев, %
1	2	3	4	5
1	Контроль	23,2±6,4	100	0
2	Cd <sup>2+</sup> 5 ОДК	23,5±6,0	101,3	стимуляция
3	Cu <sup>2+</sup> 10 ОДК	23,5±5,5	101,3	стимуляция
4	Pb <sup>2+</sup> 50 ОДК	23,0±5,7	99,1	0,9
5	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 10 ОДК	22,0±4,5	94,8	5,2
6	Pb <sup>2+</sup> 5 ОДК	21,0±4,2	90,5	9,5
7	Pb <sup>2+</sup> 10 ОДК	20,7±4,7	89,2	10,8
8	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 5 ОДК	20,1±4,0	86,6	13,4
9	Pb <sup>2+</sup> 100 ОДК	20,0±5,3	86,2	13,8
10	Cd <sup>2+</sup> 50 ОДК	19,8±5,0	85,3	14,7
11	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 10 ОДК	19,6±5,9	84,5	15,5
12	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 50 ОДК	19,6±5,9	84,5	15,5

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
13	Zn <sup>2+</sup> 5 ОДК	19,5±4,5	84,1	15,9
14	Cu <sup>2+</sup> 5 ОДК	18,3±5,3	78,9	21,1
15	Cd <sup>2+</sup> 10 ОДК	18,0±3,5	77,6	22,4
16	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 5 ОДК	17,7±4,9	76,3	23,7
17	Cd <sup>2+</sup> 100 ОДК	17,2±3,9	74,1	25,9
18	Zn <sup>2+</sup> 10 ОДК	14,0±3,7	60,3	39,7
19	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 50 ОДК	10,7±2,5	46,1	53,9
20	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 100 ОДК	8,7±0,2	37,5	62,5
21	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 100 ОДК	8,4±1,5*	36,2	63,8
22	Zn <sup>2+</sup> 50 ОДК	2,8±0,7*	12,1	87,9
23	Cu <sup>2+</sup> 50 ОДК	–	–	–
24	Cu <sup>2+</sup> 100 ОДК	–	–	–
25	Zn <sup>2+</sup> 100 ОДК	–	–	–
Среднее значение		17,8±4,3	76,7	23,5
Диапазон изменений		2,8–23,5	12,1–101,3	0,9–87,9

Примечание: \* – различия между вариантом и контролем достоверны при  $p \leq 0,05$ .

При изучении влияния тяжелых металлов на рост листьев растения (табл. 3) наблюдается следующая картина. Наибольшее подавление роста листа ячменя проявляется под воздействием нитрат-ионов в варианте с концентрацией 100 ОДК (вариант № 21) и ионов цинка с концентрацией 50 ОДК (вариант № 22). При этом выявлены достоверные различия с контролем. Разница в ингибировании роста листа ячменя в сравнении с контролем составляет 2,8 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 100 ОДК) и 8,3 раза (Zn<sup>2+</sup> 50 ОДК) соответственно. В литературе отмечено, что высокие концентрации цинка вызывают остановку роста, розеточности листьев и появление на них фиолетово-красных точек. Считается, что зерновые культуры наиболее чувствительны к высоким концентрациям цинка [4]. Ионы кадмия при концентрации 5 ОДК и ионы меди при концентрации 10 ОДК оказывают некий стимулирующий эффект на рост листа ячменя. В ходе эксперимента обнаружено, что у растений ячменя, которые выращивали в почвах, куда вносили ионы меди с концентрацией 50 и 100 ОДК, а также ионы цинка с концентрацией 100 ОДК, отсутствуют листья.

Таким образом, токсичными для 21-дневных растений ячменя оказались ионы цинка в концентрации 50 ОДК и нитрат-ионы при концентрации 100 ОДК. При действии нитрат-ионов при концентрации 100 ОДК длина корня и листа снижались в 16,9 и 2,8 раза относительно контроля, а при действии ионов цинка при концентрации 50 ОДК длина стебля и листа снижалась в 3,8 и 8,3 раза соответственно по сравнению с контролем. Установлено, что в почвах, в которые вносили соединения меди и цинка в концентрациях 100 ОДК, растения ячменя не проросли, так как ионы меди и цинка при концентрациях 100 ОДК проявили сильнейшее токсическое воздействие на растения при которых полностью блокируется прорастание семян.

Необходимо отметить, что ионы кадмия оказывали некоторый стимулирующий эффект на рост стебля и листа при концентрациях 5 ОДК.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.*

#### **Литература**

1. Серегин И. В., Кожевников А. Д. Роль тканей корня и побега в транспорте и накоплении кадмия, свинца, никеля и стронция // Физиология растений. 2008. Т. 55. С. 3–26.
2. Хисматуллин М. М. Изучение накопления нитратов в зеленой массе многолетних трав // Агрехимический вестник. 2010. № 3. С. 28–29.
3. Шачнева Е. Ю. Воздействие тяжелых токсичных металлов на окружающую среду // Научный потенциал регионов на службу модернизации. Астрахань: АИСИ, 2012. № 2 (3). С. 127–134.
4. Башмаков Д. И., Лукаткин А. С. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений / Под общ. ред. проф. А. С. Лукаткина. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. 236 с.

### **ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОБАХ ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАЙОНЕ г. СОВЕТСКА**

*А. С. Клепцов, Т. А. Адамович*

*Вятский государственный университет, ttjnadamvich@rambler.ru*

Соединения таких опасных токсикантов как тяжелые металлы включаются в миграционные процессы и оказывают негативное влияние на биотическую составляющую природной среды. Успешное изучение распространения тяжелых металлов, являющихся приоритетными загрязняющими элементами природных сред, затруднено их малым содержанием в природных средах и неясностью форм нахождения в растворе [1].

Кировская область обладает значительными водными ресурсами, основу которых составляют ресурсы речного стока и пресные подземные воды. В области насчитывается 19753 водотока общей протяженностью 66,6 тыс. км. Большинство водотоков в области представлено ручьями и малыми реками, а большие реки – их верховьями [2].

Для исследования были выбраны водные объекты, расположенные вблизи г. Советска, который расположен в 137 км к югу от г. Кирова, по берегам рек в районе узкого перешейка, разделяющего реки Пижму и Вятку, в устье р. Кукарки (народное название местности: Трёхречье). К границам города также примыкают реки Немда и Чернушка.

Отбор проб воды был проведён в осенний период (сентябрь – октябрь) в 2016 и 2017 гг. В 2016 г. отбор проб был проведен в шести точках под номерами 1 – 6 из трёх водных объектов вблизи г. Советска. Осенью 2017 г. отбор проб проводился в семи точках (рис. 1).



Рис. Карта-схема точек отбора проб воды из водных объектов в районе г. Советска

Примечание: 1 – автомобильный мост через р. Немда около с. Ильинск; 2 – автомобильный мост через р. Немда около д. Родыгино; 3 – берег р. Пижмы около д. Пирогово; 4 – автомобильный мост через р. Вятка; 5 – пляж на р. Вятка в микрорайоне Жерновогорье; 6 – пешеходный мост в микрорайон Жерновогорье через р. Пижма; 7 – автомобильный мост через р. Кукарка.

В отобранных пробах воды определяли содержание тяжёлых металлов: меди, цинка, кадмия, свинца. Анализ проб воды на содержание тяжёлых металлов проведён по методике измерений массовых концентраций элементов атомно-абсорбционным методом ФР.1.31.2012.12801. Исследуемые водные объекты относятся к объектам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового значения. В связи с этим для сравнения использовали предельно допустимые концентрации (ПДК) для данной категории водопользования [3].

По результатам анализа проб воды в 2016 году отмечено, что определяемые показатели были обнаружены в пробах: № 2 (Zn), №3 (Zn, Cd), № 4(Cu), № 6 (Cu). В пробах воды точках № 1 и № 5 исследуемых тяжёлых металлов не обнаружено. Свинец отсутствует во всех шести пробах воды. При сравнении результатов анализа проб воды 2016 г. со значениями ПДК определяемых

показателей было отмечено, что в точке отбора пробы № 3 (из р. Пижмы около д. Пирогово) наблюдалось превышение ПДК по содержанию кадмия в 3 раза [4].

В 2017 г. ситуация несколько изменилась, определяемые показатели были обнаружены во всех исследуемых проб воды с участков: № 1 (Cu, Zn), № 2 (Cu), № 3 (Zn, Cd), № 4 (Zn), № 5 (Zn), № 6 (Zn), № 7 (Zn, Cd). Содержание свинца также не было зафиксировано ни в одной из проб. Как и в 2016 г. в точке № 3 выявлено высокое содержание кадмия, превышающее ПДК в 6 раз. В пробе воды в точке № 7 также наблюдается превышение ПДК по содержанию кадмия в 3 раза.

Таким образом, содержание тяжелых металлов в воде исследуемых на протяжении двух лет водных объектов вблизи г. Советска, не превышает ПДК. Исключение составляют пробы воды из р. Пижмы около д. Пирогово и р. Кукарка, которые характеризуются повышенным содержанием кадмия, что может быть обусловлено как природными факторами, так и влиянием предприятий, расположенных в г. Советске и его окрестностях.

#### Литература

1. Кудрявцева В. А., Левит Р. Л., Бережковская О. М. Влияние химического состава водной среды на формы тяжёлых металлов // Региональная экология. 2011. № 1–2. С. 88–95.
2. Энциклопедия земли Вятской. Т. 7. Природа. Киров: Изд-во Областная писательская организация администрации Кировской области, 1997. 606 с.
3. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
4. Адамович Т. А., Клепцов А. С. Содержание тяжелых металлов в водных объектах вблизи г. Советск // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 132–134.

### **БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ФЛОРЫ КОРКИНСКОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ОТВАЛА № 1**

*Т. С. Чибрик, М. А. Глазырина, Е. И. Филимонова, Н. В. Лукина  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Tamara.Chibrik@urfu.ru*

Изучение биоразнообразия видов является чрезвычайно важным при исследовании формирования растительности на нарушенных промышленностью землях. Периодические, повторяющиеся через определенные промежутки времени обследования позволяют выявить тенденции изменения флоры [1].

При больших площадях нарушений важно знать современный облик флоры того или иного техногенного объекта и пути ее трансформации во времени. В связи с этим целью данной работы является изучение динамики формирования флоры на Коркинском железнодорожном отвале № 1 в течение 27 лет. Отвал является наиболее крупным по площади (560 га) в Челябинском

угольном бассейне (Челябинская обл., лесостепная зона). Формирование отвала шло железнодорожным транспортом в 6 ярусов, высота которых варьировала от 20 до 106 м. Склоны отвалов почти по всему периметру крутые. Преобладающими породами на поверхности отвала являются аргиллиты, алевролиты, песчаники и запесоченные глины с небольшой примесью углстых аргиллитов и сланцев, т. е. породы малопригодные с небольшой примесью непригодных по физическим и химическим свойствам [2–4].

Отвал обследовался с 1970 г. по 1997 г. детально-маршрутным методом с описанием растительности по общепринятой методике.

Исследования показали, что к 5–10 годам на Коркинском железнодорожном отвале № 1 начинают формироваться сложные растительные группировки; общее проективное покрытие растительностью (ОПП) варьировало от 10 до 40 %. На более молодых участках доминировали *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., *Polygonum aviculare* L., *Rumex crispus* L., *Berteroa incana* (L.) DC. и др. (cop<sub>1</sub>), *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.) Cruchet (sp–cop<sub>1</sub>), на более старых – *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Melilotus albus* Medik. *M. officinalis* (L.) Pall., *Medicago lupulina* L., *Amoria repens* (L.) C. Presl, *Taraxacum officinale* Wigg., *Lactuca serriola* L. (cop<sub>1</sub>–sp gr). К 16-летнему возрасту в понижениях появляются древесные виды: *Betula pendula* Roth, *Salix caprea* L., *Populus tremula* L. и др. К 32–37-летнему возрасту на отвале формируются фитоценозы с доминированием древесных видов и разнотравно-злаковые фитоценозы (ОПП травянистого яруса составило от 60 до 80%) с доминированием *Calamagrostis epigeios*, *Poa palustris* L., *Tussilago farfara* L., *Festuca valesiaca* Gaudin, *Hordeum jubatum* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Taraxacum officinale*, *Melilotus albus*, *M. officinalis*, *Medicago lupulina*.

Флора отвала за исследуемый период увеличилась от 89 до 135 видов, принадлежащих 22 и 33 семействам соответственно. Некоторое снижение видового богатства (до 102 видов) в 32–37-летних растительных сообществах связано с антропогенной деятельностью (частичными нарушениями поверхностного слоя на некоторых участках отвала).

Систематический анализ показал, что флора отвала № 1 формируется в основном за счет видов семейств: Asteraceae Dumort., Poaceae Barnhart и Fabaceae Lindl., доля которых в 5–10-летних растительных сообществах составляла 19,1; 20,3; 10,1%; в 32–37-летних – 28,4; 12,7; 8,8% соответственно. Доля одновидовых семейств высока, в разные годы она варьировала от 40,9% до 46,1%, что свидетельствует о миграционном характере флоры [6].

Анализ биоэкологической структуры флоры Коркинского отвала № 1 показал, что по продолжительности жизни преобладают многолетние виды (табл.), доля которых в разные годы составляла 63,0% и 59,9%. Доля однолетников за исследуемый период уменьшилась и несколько увеличилась доля двулетников.

В структуре экоморф в разные годы исследований преобладают мезофиты (>50,0%). С увеличением возраста растительных сообществ, происходит рост числа и доли видов ксерофитных местообитаний, а также галофитов.

При анализе биоморф выявлено, что основную долю составляют травянистые виды (89,9–86,3% соответственно), преимущественно стержнекорневые и короткокорневищные. За исследованный период произошло увеличение числа древесных видов: от 9 до 14.

В структуре жизненных форм (по Раункиеру) большая часть видов является гемикриптофитами (>50,0%), велика группа терофитов, доля которых в разные годы варьирует от 21,3 до 17,6%.

Таблица

**Биоэкологическая структура флоры  
Коркинского железнодорожного отвала № 1**

Группы видов	Возраст растительных сообществ, лет							
	5–10		7–12		24–29		32–37	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Продолжительность жизни</i>								
Однолетники	12	13,5	16	16,6	16	11,9	9	8,8
Двулетники	6	6,7	7	7,3	10	7,4	13	12,7
Одно- и двулетники	10	11,2	10	10,4	18	13,3	11	10,8
Дву- и многолетники	5	5,6	9	9,4	10	7,4	8	7,8
Многолетники	56	63,0	54	56,3	81	60,0	61	59,9
<i>Экоморфы</i>								
Ксерофиты	2	2,2	4	4,2	5	3,7	3	2,9
Мезоксерофиты	9	10,1	14	14,6	22	16,3	18	17,6
Ксеромезофиты	13	14,6	18	18,7	25	18,5	17	16,7
Мезофиты	58	65,2	50	52,0	74	54,8	52	51,1
Гигромезофиты	7	7,9	6	6,3	5	3,7	8	7,8
Мезогигрофиты	–	–	4	4,2	4	3,0	4	3,9
<i>Биоморфы</i>								
Деревья	4	4,5	4	4,2	7	5,2	8	7,8
Кустарники	4	4,5	2	2,1	5	3,7	3	2,9
Полукустарники	1	1,1	1	1,0	1	0,7	1	1,0
Полукустарнички	–	–	–	–	–	–	2	2,0
Травы, в том числе:	80	89,9	89	92,7	122	90,4	88	86,3
стержнекорневые	39	43,9	48	50,0	65	48,2	48	47,0
кистекарневые	2	2,2	2	2,1	2	1,5	1	1,0
короткокорневищные	9	10,1	13	13,6	23	17,1	17	16,7
длиннокорневищные	5	5,6	5	5,2	8	5,9	5	4,9
корнеотпрысковые	5	5,6	4	4,2	5	3,7	4	3,9
наземно-ползучие	7	7,9	8	8,3	7	5,2	6	5,9
плотнокустовые	1	1,1	1	1,0	1	0,7	–	–
рыхлокустовые	12	13,5	8	8,3	10	7,4	7	6,9
клубнеобразующие	–	–	–	–	1	0,7	–	–
<i>Жизненные формы по Раункиеру</i>								
Фанерофиты	8	9,0	6	6,3	12	8,9	11	10,8
Хамефиты	4	4,5	3	3,1	5	3,7	5	4,9
Геофиты	11	12,4	13	13,5	17	12,6	12	11,8
Гемикриптофиты	47	52,8	50	52,1	70	51,8	56	54,9
Терофиты	19	21,3	24	25,0	31	23,0	18	17,6

## Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Ценоотические группы</i>								
Сорно-рудеральные	31	35,0	36	37,6	43	31,9	34	33,4
Лугово-сорные	9	10,1	12	12,5	13	9,6	13	12,7
Луговые	22	24,8	15	15,6	22	16,3	14	13,7
Лугово-лесные	2	2,2	0	0	4	3	4	3,9
Лесные	6	6,7	7	7,3	11	8,1	12	11,8
Прибрежноводные, болотные	2	2,2	5	5,2	5	3,7	4	3,9
Лесостепные	4	4,5	3	3,1	4	3	2	2
Лугово-степные	5	5,6	10	10,4	18	13,3	7	6,9
Степные	4	4,5	3	3,1	9	6,7	6	5,9
Солончаковые луга	2	2,2	2	2,1	1	0,7	3	2,9
Каменистые склоны	1	1,1	–	–	–	–	–	–
<i>Способ распространения плодов и семян</i>								
Анемохоры	46	51,8	49	51	63	46,6	54	53,0
Автохоры	19	21,3	17	17,7	29	21,5	23	22,5
Баллисты	4	4,5	5	5,2	12	8,9	5	4,9
Зоохоры	18	20,2	23	24	29	21,5	19	18,6
Агестохоры	2	2,2	2	2,1	2	1,5	1	1,0
<i>Широтная группа</i>								
Бореальные	43	48,4	37	38,5	55	40,8	40	39,3
Лесостепные	9	10,1	11	11,5	19	14,1	14	13,7
Степные	6	6,7	8	8,3	17	12,6	10	9,8
Полизоальные	29	32,6	38	39,6	42	31,1	34	33,3
Неморальные	–	–	–	–	1	0,7	1	1,0
Прочие	2	2,2	2	2,1	1	0,7	3	2,9
<i>Долготная группа</i>								
Евразийские	42	47,2	48	50,0	70	51,8	52	51,0
Голарктические	17	19,1	17	17,6	21	15,6	18	17,6
Европейские	11	12,4	11	11,5	19	14,1	15	14,7
Азиатские	4	4,5	3	3,1	2	1,5	1	1,0
Евросибирские	5	5,6	4	4,2	8	5,9	5	4,9
Плюрирегиональные	10	11,2	11	11,5	13	9,6	11	10,8
Прочие	–	–	2	2,1	2	1,5	–	–
Всего:								
видов		89		96		135		102
семейств		22		21		33		26

Примечание: \* – число видов, \*\* – доля от общего числа видов, %.

Из ценоотических групп преобладают сорно-рудеральные и лугово-сорные виды, суммарно составляющие в разные годы исследований 45,1% и 46,1%. За 27 лет произошло уменьшение луговых (от 22 до 14) видов и увеличение лесных (от 6 до 12) видов.

По способу распространения плодов и семян большинство видов относится к группе анемохоров (>50,0 %), высоко участие автохоров (21,3–22,3%) и зоохоров (20,2–18,6%).

Географический анализ флоры отвала показал, что растительные сообщества формировались в основном за счет бореальных и полизональных видов евразийского происхождения. Зональность проявляется в увеличении видов лесостепной и степной ареалогических групп.

При сравнении флор Коркинского отвала № 1 и Коркинского бурогольного карьера [7], следует отметить, что флора отвала беднее, т. к. меньше многообразие экотопов.

Таким образом, на Коркинском железнодорожном отвале № 1, расположенном в Челябинском угольном бассейне, (Челябинская обл., лесостепная зона) формирование флоры в процессе самозарастания идет медленно. За 27 лет наметилась лишь тенденция сближения флоры отвала с зональной, проявляющееся в ксерофитизации растительности и увеличении видов лесостепной и степной ареалогических групп. Господство сорно-рудеральных и лугово-сорных видов свидетельствует о несформированности растительных сообществ и высокой антропогенной нагрузке на них.

*Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения государственного задания УрФУ № 6.7696.2017/БЧ.*

#### Литература

1. Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломещ А. И. Современная наука о растительности. М.: Изд-во «Логос», 2000. 264 с.
2. ГОСТ 17.5.1.03-86 Охрана природы (ССОП). Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. Дата введения 01.01.88. Взамен ГОСТ 17.5.1.03-78. 6 с.
3. Чибрик Т. С. Основы биологической рекультивации: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2002. 172 с.
4. Глазырина М. А. Особенности формирования флоры и растительности в условиях отвалов и карьеров открытых угольных разработок (на примере Челябинского бурогольного бассейна): Дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2002. 265 с.
5. Толмачев А. И. Богатство флор как объект сравнительного изучения // Вестник ЛГУ. Биология. 1970. Вып. 2. № 9. С. 78–81.
6. Чибрик Т. С., Глазырина М. А. Разнообразие видов и жизненных форм в Коркинском угольном разрезе // Современные проблемы ботаники, микробиологии и природопользования в Западной Сибири: Материалы Всерос. конф. (Сургут, 28–29 мая 2015 г.). Сургут, 2015. С. 143–145.

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФИТОПОГЛОЩЕНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ В ВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ТЕРРИТОРИЙ ТЕХНОГЕННОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

*Н. Г. Рачкова, Л. М. Шапошникова, И. И. Шуктомова*  
*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, rachkova@ib.komisc.ru*

Изучение фитопоглощения радионуклидов, характеризующихся значительным биологическим накоплением, позволяет выявить виды-индикаторы радиоактивных загрязнений и растения, которые могут использоваться при реабилитации техногенно нарушенных территорий. Скрининг содержания и форм нахождения радионуклидов в растительности позволяет попутно получить ценную информацию о безопасности лекарственных биоматериалов, заготовленных в районах, критичных относительно радиоактивного загрязнения.

Цель работы заключалась в оценке способности к поглощению радия-226 наземной и водной растительностью территорий с техногенным радиоактивным загрязнением и зоны их влияния. Местообитание растений приурочено к северной тайге (Республика Коми). Радиоактивное загрязнение территории обусловлено прошлой деятельностью промысла по добыче радия и долговременным хранением его отходов. Исследовали растения, распространённые на 3 площадках бывших производственных объектов предприятия и на 15-км отрезке импактного русла реки Ухта.

Почвенный покров первого экспериментального участка представлен техноподзолистой почвой с маломощной подстилкой, под которой находится 20-см слой радиоактивных отходов (РАО) в форме древесного угля, содержащего радий-226. Растительный покров преимущественно составлен смешанным лесом. Второй участок с пойменной дерново-луговой почвой находится в зоне активного водообмена. Загрязнение почвы обусловлено поступлением на её поверхность радийсодержащих пластовых вод. Во флористическом составе преобладают растения семейств злаковые, зонтичные, кипрейные, розоцветные, бобовые, лютиковые, гераниевые, осоковые, сложноцветные, в древесном ярусе – ивовые. Третий участок является территорией складирования РАО, представленных радий- и урансодержащим древесным углем и отработанной урановой рудой с содержанием урана и радия-226. Они покрывают погребённую почву слоем разной толщины. Для участка характерны болотно-подзолистые и аллювиальные почвы, природные и техногенные почвы с механическим и/или химическим загрязнением. В растительном покрове доминируют осоковые, злаковые, розоцветные, кипрейные, бобовые, сложноцветные и хвощевые, в древесном ярусе – ива, сосна, ель.

На экспериментальных участках по пикетной сети проводили сопряжённый отбор образцов почв (в слое 0–20 (25) см) и надземной части растений. На импактном отрезке русла р. Ухта отбирали пробы воды и гидрофитов для исследования содержания и форм нахождения радия-226 в биомассе.

Оценку последних осуществляли методом химического фракционирования [1] с последовательным выделением 4 фракций (1М  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , 0,1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  и нерастворимый остаток). В речной акватории встречались растения 3 видов рдестовых (*Potamogeton filiformis*, *Potamogeton gramineus*, *Potamogeton fennicus*), нарциссия (*Nardosmia laevigata*), в неглубоких заводях – шелковник Кауфманна (*Batrachium kauffmaunii*) и водные мхи (*Calliergon giganteum*, *Drepanocladus aduncus*, *Fontinalis antipyretica*), которые особенно широкое площадное распространение получили на заболоченной части участка складирования РАО.

Во всех образцах радий-226 определяли эманационным методом при чувствительности измерения 0,07 Бк и неопределённости ниже 15% [2, 3]. В ходе предварительной пробоподготовки воздушно-сухие образцы наземных растений измельчали и озоляли при 500 °С, высушенные на воздухе и просеянные через сито 1 мм пробы почв прокаливали при 600 °С. Речную воду фильтровали через фильтр «белая лента». Гидрофиты перед фракционированием промывали и подсушивали на воздухе до видимого отсутствия свободной воды. Валовое содержание радия-226 в биомассе рассчитывали по его сумме во всех фракциях. Интенсивность аккумуляции радионуклида гидрофитами оценивали коэффициентами накопления (КН), представляющими собой частное концентраций элемента в воздушно-сухом биоматериале и воде, растениями наземных экосистем – коэффициентами биологического поглощения (КБП), определяемыми как отношение концентраций элемента в растительных и почвенных зольных остатках.

Согласно полученным данным, содержание радия в золе почв, отобранных под растениями, значительно варьировало и составляло 0,04–41,1 Бк/г для участка загрязнения радиоактивными пластовыми водами, 0,05–183 Бк/г для бывшей промплощадки, загрязненной радиоактивным древесным углем, и 0,03–146 Бк/г для территории складирования уран- и радийсодержащих РАО. Содержание радия в растениях и их КБП отличались как для отдельных видов, так и между ними. Среди травянистых наибольшей интенсивностью поглощения радия характеризовались бобовые, зонтичные, гераниевые, лютиковые, розоцветные, сложноцветные, кипрейные. Так, содержание радия в герани луговой (*Geranium pratense*) соответствовало диапазону варьирования 0,19–7,27 Бк/г, КБП – 0,17–14,9. Для таволги вязолистной (*Filipendula ulmaria*), с площадки, загрязненной радиоактивными водами, эти параметры составили 0,10–6,53 Бк/г и 0,03–13,8, с участка складирования РАО – 0,43–2,78 Бк/г и 0,30–5,42 соответственно. Анализ данных из литературных источников [4] свидетельствует, что различия в биопоглощении можно связывать как с разным содержанием радионуклида в почвах, так и с особенностями состава техногенных почв. Поступление радия в надземную массу одуванчика (*Taraxacum officinale*) характеризовалось содержаниями от 0,29 до 1,56 Бк/г, при этом КБП изменялись от 0,07 до 31,8 и оценивались как наиболее высокие значения среди травянистых видов. Содержание радионуклида в василистнике (*Thalictrum minus*) составило 0,10–2,34 Бк/г, КБП – 0,02–11,5.

На всех исследуемых площадках были широко распространены представители семейства бобовых (*Lathyrus pratensis*, *L. vernus*, *Vicia cracca*). Максимальное содержание радия в их золе составило 8,86 Бк/г, а КБП изменялись в пределах 0,06–4,84, 0,30–12,8 и 0,09–1,98 для территории складирования РАО и участков, загрязненных радиоактивными водами и древесным углем соответственно. В случае двух последних местообитаний КБП радия у представителей зонтичных (*Angelica silvestris*, *Arthriscus sylvestris*, *Heracleum sibiricum*) составили 0,01–16,3 и 0,08–11,1. Максимальным поглощением (19,9 Бк/г) характеризовался *Angelica silvestris*. Сходные показатели поглощения радия обнаруживали у иван-чая узколистного (*Chamaenerion angustifolium*) с участка загрязнения пластовыми радиоактивными водами и территории складирования РАО. Содержания радионуклида в растении составили 0,04–3,35 и 0,17–2,30 Бк/г, а его КБП – 0,03–6,76 и 0,01–8,81 соответственно. КБП у иван-чая с участка загрязнения радиоактивным древесным углем были выше (0,09–14,8).

Низкое поступление радия-226 в биомассу отмечали у хвощевых и злаков, что подтверждает уже имеющиеся данные [5] для территорий в иных природно-климатических зонах и с другим генезисом радиоактивного загрязнения. На площадке, загрязненной радиоактивными водами, содержание радионуклида в злаковых составило 0,02–1,88 Бк/г, а их КБП – 0,02–1,56. Эти показатели были близки с таковыми для территории складирования РАО (0,08–1,50 Бк/г и 0,04–1,01 соответственно). Содержание радия в осоковых (*Carex acuta*, *C. leporina*, *C. aquatilis*) было несколько выше и составило 0,23–3,6 и 0,07–4,56 Бк/г для участка, загрязненного радиоактивными водами, и территории складирования РАО. Соответствующие КБП варьировали в пределах 0,05–3,52 и 0,009–11,1. Содержание радионуклида для семейства хвощевые (*Equisetum arvense*, *E. pratense*) не превышало 0,38 Бк/г, а КБП – 0,26.

Древесные растения и черника (*Vaccinium myrtillus*) отличались существенной интенсивностью потребления радия по сравнению с травянистыми видами. Содержание радионуклида в озоленных пробах зелёной массы черники отвечало диапазону 1,49–70,9 Бк/г, а кратность превышения над содержанием в почве достигала 358 раз. Из древесных наибольшим поглощением радия характеризовались береза (*Betula pubescens*) и рябина (*Sorbus aucuparia*). Максимальное содержание радия в их листьях составило 104 и 132 Бк/г, а КБП – 399 и 1575 соответственно. Ель и ива демонстрировали более слабую аккумуляцию радионуклида, сравнимую с некоторыми травянистыми видами. Так, КБП для ели (*Picea obovata*) составил 0,98–14,1, ивы (*Salix caprea*) – 0,09–3,36.

Мхи как водных, так и наземных местообитаний могут быть охарактеризованы как аккумуляторы не только радия, но и урана, чему посвящена опубликованная нами ранее работа [6]. *Pleurosium schreberi* и *Sphagnum* sp., произрастающие на почве с относительно невысоким уровнем загрязнения (до 1,01 Бк/г), содержали радия до 8,9 и 13 Бк/г, а их КБП составили 0,53–57,4 и 3,55–131 соответственно. Методом химического фракционирования было

подтверждено, что основное количество радия (до 74%), аккумулированного водными мохообразными, вытесняется из растительной ткани без её полного разрушения при воздействии нейтральными и слабокислыми растворами. Принято считать, что десорбированные подобным образом поллютанты депонированы на поверхности биомассы. В сырой биомассе нардомсии из импактной речной сети радия содержится кратно меньше, чем в водных мохообразных. Однако в расчёте на золу удельные активности радионуклида в нардомсии и дрепанокладусе крючковатом представляют практически равные значения – 873 и 760 мБк/г соответственно. При этом местообитание последнего находится выше по течению от основных очагов радиоактивного загрязнения в районе исследования, что также свидетельствует о более выраженной склонности водных мохообразных к аккумуляции радия из абиотических сред с низкими его содержаниями.

Отметим, что участок русла ближе 5 км по течению реки к участку складирования РАО характеризовался достоверно более высокими удельными активностями радия в воде по сравнению с её фоновыми значениями. Содержания радия в случае пробоотбора в этой ближней к участку загрязнения зоне составляли  $(0,041 \pm 0,003)$  Бк/л, что не только достоверно преобладало над фоновой характеристикой  $(0,012 \pm 0,008)$  Бк/л, но было в 2 раза больше среднего значения, установленного для отрезков речного русла, удалённых от территории хранения РАО на расстоянии свыше упомянутого по течению реки [7]. Переносимый водными потоками радионуклид был представлен в растворе и в составе взвесей разного размера. При поступлении вод зоны техногенеза в речную сеть перераспределение радия из раствора во взвеси интенсифицировалось. В этих условиях содержание радия в зольном остатке биомассы таких распространённых в акватории растений как рдесты варьировало в градиенте величин от 25 до 250 мБк/г, обнаруживая максимальные величины для проб, отобранных в двух десятках метров от границы участка складирования РАО. Величины коэффициентов накопления для произрастающих в разных условиях рдестовых составили  $2200 \pm 900$  мл/г, для мхов –  $6000 \pm 1200$  мл/г. Между рдестами разных видов, но одного местообитания, существенные различия в параметрах поглощения радия не наблюдаются. Статистический анализ установил прямую линейную корреляцию удельной активности радионуклида в биомассе макрофитов с содержаниями гидрокарбонатов ( $n=12$ ,  $r=0,62$ ), кальция (0,70), калия (0,64), бария (0,64) и общего углерода (0,59) в исследованных водах. Линейная зависимость параметров накопления радия-226 в биологических объектах от такой интегральной гидрохимической характеристики как удельная электропроводность проявляется в качестве тенденции ( $r=0,50$ ).

Таким образом, в результате проведённого исследования установлены показатели поглощения радия-226 наземной и водной растительностью северотаёжных территорий, характеризующихся техногенно повышенными содержаниями радионуклида в абиотических компонентах экосистем. Оценены содержания и коэффициенты биологического поглощения 20 видов травяни-

стых растений, 1 вида кустарничков, 2 видов мхов наземных местообитаний и 4 видов древесных растений. Получены характеристики накопления радия-226 такими распространёнными водными растениями северной тайги как рдесты, водные мхи и некоторыми другими макрофитами. Анализ данных для большого количества систематических групп растений, произрастающих на почвах со значительной неоднородностью радиоактивного загрязнения, показал, что фитопоглощение радия варьирует в широких пределах как для отдельных биологических видов, так и между ними. Наиболее высокие КБП, как правило, приурочены к почвам с низким содержанием радионуклида. Накопление радия растениями одного вида на разных участках загрязнения со специфичным физико-химическим составом техногенных почв могло отличаться. Относительно низким поглощением радия характеризовались травянистые виды, из них минимальные показатели отмечались у злаков и хвощей. Черника и мхи, как водных, так и наземных местообитаний, характеризовались сравнительно более существенным потреблением радия по сравнению с другими видами. Среди древесных максимальной аккумуляцией радионуклида обладали береза и рябина. Накопление радия елью и ивой было значительно меньше. Установлено, что растения семейства рдестовых, распространённые в исследуемой акватории, уступают водным мхам по показателям биологического поглощения радионуклида.

#### Литература

1. Bolsunovsky A., Zotina T., Bondareva L. Accumulation and release of Am by a macrophyte of the Yenisei River (*Elodea canadensis*) // J. Environ. Radioactivity. 2005. V. 81. P. 33–46.
2. Старик И. Е. Основы радиохимии. Л.: Наука, 1969. 247 с.
3. Shuktomova I. I., Rachkova N. G. Determination of Ra-226 and Ra-228 in slightly mineralised natural waters // J. of Environmental Radioactivity. 2011. V. 102. P. 84–87.
4. Шапошникова Л. М. Основные факторы, влияющие на поглощение урана, радия и тория растениями // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН. 2017. № 3. С. 49–57.
5. Hu N., Ding D., Li G., Zheng Ji., Li L., Zhao W., Wang Y. Vegetation composition and <sup>226</sup>Ra uptake by native plant species at a uranium mill tailings impoundment in South China // Journal of Environmental Radioactivity. 2014. V. 129. P. 100–106.
6. Рачкова Н. Г., Шапошникова Л. М. Аккумуляция урана и радия-226 водными и наземными мхами в зоне влияния бывших объектов по добыче радия // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 3. (<https://science-education.ru/ru/article/view?id=26468>).
7. Рачкова Н. Г., Шуктомова И. И., Карманов А. П. Фазовое распределение радия-226 в поверхностных водах района расположения бывшего радийдобывающего предприятия // Бутлеровские сообщения. 2016. Т. 45. № 3. С. 60–67.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РОДНИКОВОЙ И РЕЧНОЙ ВОДЫ В РАЙОНЕ АТАРСКОЙ ЛУКИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Т. И. Кутявина*

*Вятский государственный университет, kutyavinati@gail.com*

В августе 2017 г. состоялась вторая научно-общественная экспедиция «Атарская лука: открывая заново». Атарская лука представляет собой место, где река Вятка образовала три излучины: Кукарскую, Атарскую и Красносельскую. Этот район, известный единственным в России пляжем с поющими песками, реликтовыми дюнами, а также захоронениями останков древних млекопитающих, представляет интерес для экологического туризма. Во время экспедиции сотрудниками кафедры экологии и природопользования Вятского государственного университета были отобраны пробы воды из родников, расположенных на левом и правом берегах реки Вятки в Советском районе, а также взята проба воды из реки Вятки в районе карьера Приверх (Лебяжский район) для изучения качества воды.

Все пробы воды оценивались по органолептическим признакам и ряду физико-химических показателей. Для проведения гидрохимического анализа были использованы потенциометрический (измерение pH), фотометрический (цветность, мутность, фосфат-, аммоний, нитрит-, нитрат-ионы, железо общее, кремний), титриметрический (жесткость) и кондуктометрический (электропроводность) методы. Результаты физико-химического анализа всех отобранных проб представлены в таблицах 1, 2.

Определение органолептических показателей воды является важным этапом её анализа на пригодность для питьевых и санитарных нужд. Согласно проведённому анализу (табл. 1), по органолептическим признакам вода в родниках соответствует нормативам СанПиН 2.1.4.1175-02 [1]. В пробе воды, отобранной из реки Вятки, отмечено превышение установленных нормативов по мутности и цветности воды, однако данные показатели связаны с природными особенностями района исследований.

Таблица 1

## Органолептические показатели родниковой и речной воды в районе Атарской луки

Показатель	Методика измерений	Родник № 1	Родник № 2	Р. Вятка	Норматив*
Мутность, ЕМФ	ГОСТ 3351-74	менее 0,5	менее 0,5	$4,4 \pm 0,4$	2,6–3,5
Запах, баллы (20 °С/60 °С)		0/0	0/0	0/1	2–3
Цветность, град. цветн.	ГОСТ 31868-2012	менее 5	менее 5	$138 \pm 7$	не более 30

Примечание: Нормативы приводятся согласно [1].

Согласно результатам гидрохимического анализа (табл. 2), вода в родниках и реке Вятке относится к слабощелочным ( $pH > 7,5$ ). Отмечено превы-

шение предельно-допустимых концентраций (ПДК) по общей жёсткости в родниковой воде и по содержанию железа общего (3,7 ПДК) в речной воде. По показателю жёсткости [2] вода в родниках является жёсткой, в р. Вятке – средней жёсткости. Известно, что высокая жесткость (более 10 °Ж) ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая действие на органы пищеварения. Содержание неорганических форм азота (аммонийного, нитритного и нитратного) и фосфора в исследуемых пробах низкое, что свидетельствует об отсутствии загрязнения. Концентрация кремния во всех отобранных пробах находится на одном уровне, различий по данному показателю в поверхностной и подземной воде не обнаружено.

Таблица 2

**Результаты гидрохимического анализа проб воды из родников и р. Вятки (август 2017 г.)**

Определяемая характеристика	Методика измерений	Родник № 1	Родник № 2	Р. Вятка	Норматив
Водородный показатель, ед. рН	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97	8,3±0,2	7,9±0,2	7,7±0,2	6–9*
Жёсткость общая, °Ж	ПНД Ф 14.1:2:3.98-97	9,9±0,9	10,5±0,9	7,0±0,6	7–10*
Фосфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.112-97	менее 0,05	менее 0,05	0,222±0,036	3,5**
Ион аммония, мг/дм <sup>3</sup> (в пересчёте на азот)	ПНД Ф 14.1:2.1-95	менее 0,05	менее 0,05	0,084±0,033 (0,065)	1,5 по азоту**
Нитрит-ион, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.3-95	менее 0,02	менее 0,02	0,032±0,006	3,3**
Нитрат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.4-95	4,0±0,5	6,0±0,7	1,34±0,24	45*
Кремний (Кремниевая кислота в пересчёте на кремний), мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.215-06	6,6±1,3	6,3±1,3	6,0±1,2	10,0**
Железо общее (вал.), мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.50-96	0,109±0,026	0,058±0,014	1,11±0,17	0,3**
Удельная электропроводность, мкСм/см	РД 52.24.495-2005	402±20	440±22	240±12	–

Примечание: Нормативы указаны согласно (\*) – СанПиН 2.1.4.1175-02 [1], (\*\*) – ГН 2.2.5.1315-03 [3].

В целом, по органолептическим показателям и результатам гидрохимического анализа, исследованные пробы родниковой воды характеризуются как чистые. Влияние антропогенных факторов на качество воды в изученных водных объектах не выявлено.

*Работа выполнена в рамках научно-общественной экспедиции «Атарская лука: открывая заново – 2» университетского проекта «Город Река».*

### Литература

1. СанПиН 2.1.4.1175-02 Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.
2. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 541 с.
3. ГН 2.2.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ РЕК г. КИРОВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ – ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ

*Т. А. Адамович, М. В. Хорошавина*  
*Вятский государственный университет*

Проблема возрастающего загрязнения водоемов, в том числе и малых рек – наиболее уязвимых водных экосистем, в последние десятилетия в результате промышленной активности приобретает глобальные черты [1]. Малые реки интенсивно используются для транспортировки грузов и людей, лесосплава, водоснабжения населённых пунктов и промышленности, сброса сточных вод, орошаемого земледелия, сельскохозяйственного производства, рыбного хозяйства.

Антропогенных факторов изменения химического состава воды малых рек множество. К ним относится: непосредственное поступление в реки сточных вод от промышленных предприятий, в результате которого происходят коренные изменения состава воды и появляются специфические вещества, губительные для естественного природного фона; загрязнение удобрениями и ядохимикатами, поступающими с сельхозугодий, а также ливневыми и талыми водами урбанизированных территорий; зарегулирование стока малых рек, нарушающее их естественный гидрологический и гидрохимический режим; изъятие стока рек на местные хозяйственные нужды – орошение, водоснабжение животноводческих комплексов и др.

В водоемах и водотоках, подвергающихся загрязнению, протекают процессы самоочищения, в результате которых формируется определенное качество вод. Качество вод можно определить с помощью физических, химических и биологических показателей. В последнее время для оценки качества вод широко используются интегральные индексы, одним из которых является индекс загрязнения воды (ИЗВ).

Территория г. Кирова составляет одну тысячную часть территории области. Являясь крупным индустриальным центром регионального значения, город Киров на протяжении последних десятилетий сталкивается со значительными экологическими проблемами. Несмотря на усилия местных властей, общая экологическая обстановка в городе остается довольно напряжен-

ной. Промышленные объекты, в том числе предприятия химической промышленности и энергетики, выбрасывают в окружающую среду вредные соединения, свою долю в общем загрязнении имеет также и транспорт. Остро стоит вопрос о качестве питьевой воды, которой обеспечиваются жители города.

Целью работы является оценка экологического состояния малых рек г. Кирова с использованием интегрального показателя ИЗВ на примере рек Люльченка, Хлыновка, Плоская и Великая.

Объектами исследования явились реки Люльченка, Хлыновка, Плоская и Великая.

Река Люльченка является левобережным притоком озера Белужье. В верховьях и среднем течении река протекает по территории г. Кирова, где в неё осуществляют сброс сточных вод ряд промышленных предприятий: ФГУП «Завод «Сельмаш»», ОАО «Веста». В пределах городской территории в водоохранной зоне реки много мусора, отходов производства [2].

Река Хлыновка является левобережным притоком р. Вятки. В нижнем и среднем течении река протекает по территории г. Кирова, промышленные предприятия которого оказывают на неё негативное влияние; в верхнем течении – по незагрязненному ландшафту. В пределах городской территории непосредственно в реке, а так же во время обследования наблюдался мусор, свалки и отходы производства [3].

Река Плоская протекает по территории п. Коминтерновский Первомайского района г. Киров и является правобережным притоком р. Вятки. В реку Плоская в черте населенного пункта п. Коминтерновский осуществляется выпуск производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод от следующих предприятий: ООО «Водоочистка»; МУП «Водоканал» [4].

В качестве фона использовали пробы воды, отобранные из реки Великая. Это крупная водная артерия, которая является правым притоком Вятки. В верховьях Великой на её берегах наблюдается преимущественно лесная растительность. На речных берегах имеются небольшие заливные озера [5].

Точки отбора проб находились на территории, максимально удалённой от возможных источников воздействия, отбор осуществлялся в осенний период 2016 года и в летний период 2017 г.

Был проведён гидрохимический анализ проб воды данных водотоков и по результатам составлена таблица индексов загрязненности воды (ИЗВ).

Результаты гидрохимических анализов по множеству показателей дают определять классы качества воды в виде интегральной характеристики загрязненности поверхностных вод [6].

Классы качества определяются по индексу загрязненности воды (ИЗВ), которая рассчитывается как сумма приведенных к ПДК фактических значений 6 основных показателей качества воды по формуле:

$$ИЗВ = \frac{\sum(C_{1-6} / ПДК_{1-6})}{6},$$

где  $C_{1-6}/ПДК_{1-6}$  – относительная (нормированная) среднегодовая концентрация;

6 – строго лимитируемое количество показателей.

Для вычисления ИЗВ были взяты такие показатели как Zn, нефтепродукты, Cl,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Mg^{2+}$ . В осенний период 2016 г. наблюдались превышения концентрации по данным ионам и нефтепродуктам.

Таблица

**Значения индекса загрязнения воды**

Отбор проб	Р. Хлыновка	Р. Люльченка	Р. Плоская	Р. Великая
ИЗВ	4	4	3	2
Осень 2016 г.	Загрязненная вода	Загрязненная вода	Умеренно загрязненная вода	Чистая вода
ИЗВ	4	4	3	2
Лето 2017 г.	Загрязненная вода	Загрязненная вода	Умеренно загрязненная вода	Чистая вода

Как видно из таблицы, осенью 2016 г. максимальный ИЗВ, по сравнению с фоном, был у таких объектов, как реки Хлыновка и Люльченка. Он составил 4 класс качества, это означает, что вода в данных водотоках загрязненная.

Летом 2017 г. максимальный ИЗВ, по сравнению с фоном, также у рек Люльченка и Хлыновка.

Сравнивая индексы загрязнения воды за 2016 и 2017 гг., наблюдается стабильность интегрального показателя ИЗВ во всех трех реках.

Таким образом, по результатам рассчитанного индекса загрязнения воды в исследуемых водотоках не наблюдается улучшение.

Общая экологическая обстановка в г. Кирове далека от идеальной. Киров – крупный индустриальный центр, основными промышленными сферами которого являются машиностроение и металлообработка, металлургия, химическая и нефтехимическая промышленность, деревообработка, энергетика. Многие предприятия интенсивно загрязняют окружающую среду, в том числе и малые реки.

### Литература

1. Воденеева Е. Л., Краснова К. И. Оценка экологического состояния малых водотоков рыбхоза «Борок» (Нижегородская область) по фитопланктону // Экология малых рек в XXI веке: биоразнообразие, глобальные изменения и восстановление экосистем: Тезисы докладов Всерос. конф. с междунар. участием (г. Тольятти, 5–8 сентября 2011 г.). Тольятти: Кассандра, 2011. С. 34.

2. ОГУ «ВятНТИЦМП», «Оценка состояния малых рек г. Кирова под воздействием антропогенных факторов», 2005.

3. Колчанов В. И., Прокашев А. М. Природа, хозяйство, экология Кировской области. Киров: Кировский областной комитет по охране природы, Вятский государственный педагогический университет, 1996. 591 с.

4. КОГБУ «ВятНТИЦМП», «Информация по запасам подземной воды по микрорайону «Коминтерновский» и по качеству р. Плоская», 2016.

5. Госконцерн Центринжсельстрой «Кировгипроводхоз» // Проект установления водоохраных зон и прибрежных полос малых рек бассейна р. Великой Кировской области. – Киров, 1992.

6. Владимиров А. М., Ляхин Ю. И., Матвеев Л. Т., Орлов В. Г. Охрана окружающей среды. СПб., 1991. 424 с.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭВТРОФНЫХ СОСТИНСКИХ ОЗЕР КАЛМЫКИИ

*С. В. Кренёва<sup>1</sup>, К. В. Кренёва<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Азовский филиал Мурманского морского биологического института  
КНЦ РАН, sofia@ssc-ras.ru*

<sup>2</sup> *Институт аридных зон ЮНЦ РАН, kreneva@ssc-ras.ru*

Состинские озера Калмыкии представляют собой интерес с точки зрения изучения закономерностей формирования структуры гидробиоценозов и их реакции на антропогенный пресс в условиях высокого уровня эвтрофирования, характерного для южных водоемов. Высокая кормность эвтрофированных и загрязненных южных вод поддерживает рыбопродуктивность и весьма значительно повышает выносливость ряда ценозов, многократно восстанавливающихся (хотя и в неполном составе) и выживающих в самых тяжелых условиях, вызванных антропогенным прессом. Наблюдение динамики такой пограничной структуры биоценозов, находящихся и балансирующих на последних стадиях антропогенной деструктивной сукцессии (АДС), дает гидробиологам ценную информацию для контроля и управления процессами с целью сохранения продуктивности вод. Подобная информация необходима, поскольку именно при таком сочетанном воздействии ряда лимитирующих факторов даже сравнительно небольшие изменения одного из них способны вызывать максимальные колебания в развитии того или иного ценоза. Она позволяет выявлять биологические показатели на экосистемном уровне и нарабатывать опыт для мониторинга и прогнозирования состояния деградирующих водных экосистем.

Исследования проводились в течение двух лет после гибели рыб 27 апреля 1988 г. Ранневесенний отход рыбы после схода льда стал традиционным для водоемов Калмыкии. Полученные данные показали, что вода и донные отложения Чограйского водохранилища, Кумо-Манычского канала и Состинских озер загрязнены пестицидами и полихлорированными бифенилами (ПХБ). Концентрация ПХБ в органах и тканях погибших рыб составляла от 190 до 890 мкг/кг.

Впервые было проведено исследование микрозоопланктонного сообщества изучаемых водных объектов. Был также использован авторский показатель – индекс антропогенного эвтрофирования (ИНЭЖ) по соотношению численности инфузорий и коловраток в живых микрозоопланктонных пробах [1]. Микрозоопланктон, как один из наиболее эффективных и надежных показателей при анализе АДС, является так же непосредственным участником мик-

робиальной «петли» [2, 3], поэтому позволяет получать особенно богатую и ценную информацию о процессах деградации в эвтрофированной экосистеме.

Даже в состоянии хронического загрязнения водоемов Калмыкии отмечен весьма широкий диапазон единовременных значений количественных характеристик инфузорий, особенно в озерах 5–15708 экз./л (в каналах 400–1715 экз./л, в водохранилище 400–4380 экз./л). Это отражает зависимость состояния загрязняемых водных экосистем не только от загрязненности вод, но и от степени их проточности.

При этом все исследованные водоемы характеризовались бедным видовым составом как протозойного (20 видов инфузорий), так и коловраточного (16 видов) планктона. Основную долю инфузорий во всех водных объектах составляли мелкие формы (< 50 мкм), что также говорит об очень неблагоприятных условиях обитания. Несколько разнообразило микрозоопланктонное сообщество обилие в ряде водоемов нанопланктона (до 10 микрометров) – жгутиковых и мельчайших простейших. Массовое развитие этой так называемой «живой пыли» служит надежным признаком высокой сапробности вод [4].

Заметно выделялся видовым разнообразием простейших и коловраток Кумо-Манычский канал (13–20 видов инфузорий, 5–11 видов коловраток) меньше Чограйское водохранилище (10 видов инфузорий и 3–4 вида коловраток). Среди коловраток доминировали представители родов *Synchaeta*, *Keratella*, *Polyarthra*, *Brachionus*. В заметных количествах присутствовали также представители *Trichocerca*, *Notholca*, *Filinia*, *Euchlanis*, *Lecana*. На высокую загрязненность вод Кумо-Манычского канала указывало присутствие характерного обитателя аэротенков коловратки – *Rotaria rotatoria* Pallas, 1766.

Еще ниже, чем в каналах, было видовое разнообразие в наиболее проточных озерах Евдошка и Харэрга. Это говорит о том, что в состоянии хронического загрязнения влияние накопленных в биоценозе токсикантов усиливается с уменьшением проточности в данной системе водоемов. Среди обследованных 6 озер сравнительно более благополучными в этот период в отношении органического загрязнения и в то же время кормными были озера Евдошка, Замокта и Харэрга. В них утилизация аллохтонной и автохтонной органики происходила довольно интенсивно. В этих озерах отмечены большие плотности рачкового планктона (до 750 науплиусов в литре воды). Коловраточный планктон этих озер количественно сравнительно богат (55–495 экз./л) при низком видовом разнообразии (2–4 вида).

В наиболее проточных озерах Евдошка и Буян отмечено присутствие таких сравнительно более крупных форм инфузорий, как *Strobilidium velox* (Faure-Fremiet, 1924), *Pelagostrombidium mirabile* (Penard, 1916, Krainer, 1991), *Didinium nasutum* (Müller, 1773, Stein, 1859), представителей тинтинид и вортицелл. Основную массу коловраток представляли четыре рода: *Brachionus*, *Polyarthra*, *Euchlanis* и *Synchaeta*.

Во всех остальных (менее проточных) озерах микрозоопланктон был представлен 1–2 видами коловраток (преимущественно представителями родов *Brachionus* и *Polyarthra*), а также мельчайшими формами простейших.

По комплексу всех гидробиологических показателей относительно более благополучными в период обследования были условия существования в оз. Харэрга, где зарегистрировано максимальное количество видов инфузорий и наименьшая плотность «живой пыли». В то же время в нем хорошо были развиты эвгленовые жгутиковые, были отмечены максимальные численность и биомасса коловраток и фитопланктона, умеренное количество инфузорий, максимальное развитие рачкового зоопланктона как по данным сетных, так и микрозоопланктонных (живых) проб [4, 5], а также отсутствие трупов планктеров, ИНЭК составил 4,5 единиц.

Несколько хуже было состояние биоценоза озера Соста: все перечисленные количественные показатели были заметно снижены, вместо этого появилась масса «живой пыли», встречались трупы коловраток, ИНЭК также был заметно выше (ИНЭК = 17,0).

Самыми неблагополучными следует считать озера Хошата и Киркита. Они наиболее отдалены от сбросного канала и имеют в силу, видимо, застойных условий наиболее высокую сапробность. Об этом свидетельствовали: очень высокая численность мелких форм простейших (5–16 тыс. экз./л), полное отсутствие, несмотря на весенний период, не только крупных, но даже и средних форм свободноживущих планктонных инфузорий, в то же время отмечалась плотная масса «живой пыли» и масса эпибионтных сувоек, минимальные количества рачкового планктона.

В озере Хошата наблюдалась крайняя бедность коловраточного планктона (2 вида, 35 экз./л), 50% науплиусов встречалась в виде трупов, а живые особи едва двигались под тяжестью массы сувоек. Эпибионты встречались и на некоторых коловратках рода *Polyarthra*. ИНЭК составил 149 единиц.

В наименее проточном озере Киркита все коловратки и науплиусы погибли, число мелких инфузорий достигло максимума, ИНЭК достиг рекордной величины – 15708 единиц. То есть, по сути, в планктоне остались только очень мелкие инфузории и так называемая «живая пыль» [4], можно констатировать полное угнетение биоценоза – завершение экологического и метаболического регресса и АДС [4–9].

Большие диапазоны колебаний показателей состояния ценозов однотипных, близко расположенных, сообщающихся водных объектов (озер) свидетельствуют о крайней неустойчивости их гидробиоценозов. В то же время согласованность разных показателей доказывает неслучайность их колебаний и обоснованность наших оценок.

Таким образом, одновременное обследование ряда связанных между собой сообщающихся водных объектов с разными гидрологическими условиями (6 озер, водохранилище и каналы) позволило выявить характер влияния ряда факторов (токсичности, эвтрофированности, проточности, токсикорезистентности и др.) на состояние разных групп гидробионтов и структуру биоценозов, находящихся на последних стадиях АДС. Широкий диапазон колебаний ряда характеристик биоценозов на фоне очень высокой трофности свидетельствует о том, что биоценозы находились на грани выживания.

Уровень развития простейших, коловраток и веслоногих свидетельствует об интенсивности процессов самоочищения на соответствующих трофических уровнях. Однако угнетенное состояние ветвистоусых планктонных рачков, зообентоса (и фитопланктона), большие диапазоны колебаний ряда количественных характеристик и ИНЭК указывают на предельно напряженное состояние гидробиоценозов, подверженных влиянию чрезмерного эвтрофирования и высокой токсичности вод. Такие условия загрязнения при слабом развитии фитопланктона, не обеспечивающего достаточно высокого уровня самоочищения, приводят к дефициту кислорода и созданию благоприятных условий для развития патогенных организмов, способных вызывать различные заболевания у рыб, ослабленных хроническим токсикозом.

Следует также отметить, что поскольку гидробиоценозы в исследованном районе находились в критическом (пограничном) состоянии крайнего напряжения, определенный интерес представляет анализ характеристик разных ценозов в сообщающихся водных объектах разного типа. Это позволяет определить роль тех или иных факторов при сильном экологическом стрессе, прогнозировать состояние разных групп в подобных экстремальных условиях, при дальнейшем регрессе экосистем и применять полученные знания в мониторинге, используя новые подходы [5–7] и методы [1, 4].

В озерах Состинской системы состояние гидробиоценозов в значительной степени зависит от их проточности. Колебания численности инфузорий в сообщающихся между собой озерах происходило в диапазоне пяти порядков одновременно. Все остальные группы гидробионтов находились в явно угнетенном состоянии.

Таким образом, наблюдения биоценозов сообщающихся водных объектов позволили охарактеризовать динамику последовательных изменений характеристик основных ценозов загрязняемых озер на разных стадиях их деградации.

#### Литература

1. А.с. 1789920 СССР, МКИ<sup>5</sup> G 01n 33/18. Способ оценки качества вод и санитарного состояния водоемов / Кренева С.В. // Заявлено 2.12.1987. №4337416. Опубликовано 23.01.1993. Бюл. № 3.
2. Копылов А. И., Лазарева В. И., Косолапов Д. Б. Потоки вещества и энергии в планктонной трофической сети озера // Состояние экосистемы оз. Неро в начале XXI века / Под ред. В. И. Лазарева. М.: Наука, 2008. С. 293–324.
3. Копылов А. И., Лазарева В. И., Пырина И. Л., Мыльникова З. М., Масленникова Т.С. Микробная «петля» в планктонной трофической сети крупного равнинного водохранилища // Успехи современной биологии. 2010. № 6. С. 544–556.
4. Кренева С. В., Матишов Г. Г., Кренева К. В. К методологии контроля загрязнения и состояния водных экосистем // Вестник ЮНЦ. 2014. Т. 10. № 4. С. 73–79.
5. Экологические модификации и критерии экологического нормирования // Труды Международного симпозиума. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 383 с.
6. Кренева С. В., Матишов Г. Г., Кренева К. В. Применение принципа пространственно-временных аналогий в анализе антропогенных сукцессий и концепции индивидуального нормирования нагрузки на водные экосистемы // Доклады АН. 2003. Т. 388. № 4. С. 565–567.

7. Кренева С. В., Саяпин В. В., Кренева К. В., Поважный В. В., Свистунова Л. Д. Зоопланктон: предварительные исследования // Маныч-Чограй: история и современность (предварительные исследования) / Отв. ред. Г. Г. Матишов. Ростов н/Д: Изд-во Эверест, 2005. С. 77–95.

8. Кренева С. В. Система экологического контроля состояния природных вод // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29. № 3. С. 88–96.

9. Матишов Г. Г., Кренева С. В., Муравейко В. М., Шпарковский И. А., Ильин Г. В. Биотестирование и прогноз изменчивости водных экосистем при антропогенном загрязнении. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. 468 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ШКАЛАМ Л. Г. РАМЕНСКОГО НА ПОЙМЕННЫХ ЛУГАХ р. УСА**

*Г. С. Шушпанникова, О. Е. Кузькина*

*Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,  
shushpannikova.galina@yandex.ru*

Вопросы оценки влияния на луговые сообщества режима использования рассматриваются в ряде работ [1–4 и др.]. В последние годы для характеристики антропогенных сукцессий луговой растительности используется подход Браун-Бланке [5]. Некоторые данные о влиянии на растительность лугов северо-востока европейской части России были опубликованы нами ранее [6–9]. Несмотря на это, недостаточно освещены особенности пастбищной деградации лугов на региональном уровне.

Авторы данной статьи провели изучение пойменных лугов р. Усы и ее притоков (рис.), подверженных в разной степени влиянию сенокосения и выпаса. В основу анализа положено 364 геоботанических описания, выполненные в соответствии с установками направления Браун-Бланке (334 описания – Г. С. Шушпанниковой и 30 – О. Е. Кузькиной). Эколого-флористическая классификация проведена методом синтаксономического анализа [10, 11].

Описанные нами луга не отличаются от своих центрально-европейских аналогов и укладываются в уже сложившуюся синтаксономическую иерархию. Пойменные луговые фитоценозы вошли в класс *Molinio–Arrhenetaretea*<sup>1</sup>, который представлен двумя порядками. Порядок *Molinietalia* объединяет сообщества влажных лугов, включает два союза: *Deschampsion cespitosae* и *Alopecurion pratensis*. Порядок *Arrhenatheretalia* объединяет мезофитные луговые сообщества союза *Cynosurion*.

---

<sup>1</sup> Ввиду того, что статья не носит синтаксономического характера, авторы синтаксонов не приводятся.

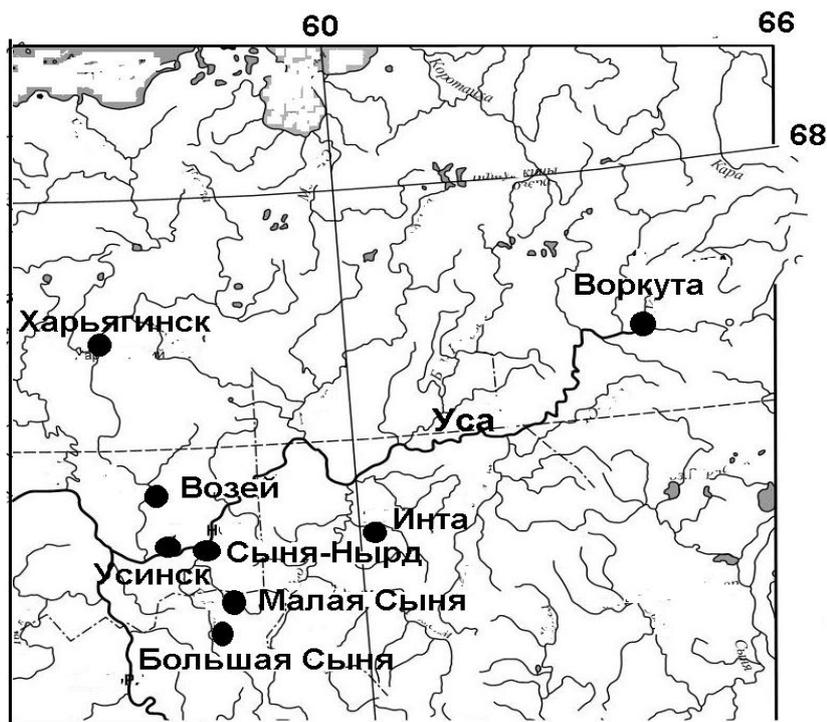


Рис. Карта районов исследования

Для оценки трансформации пойменных лугов использованы нами экологические шкалы Л. Г. Раменского [12] (табл. 1), учтены видовой состав и видовая насыщенность, проективное покрытие травостоя, урожайность надземной фитомассы, индекс адвентизации (табл. 2). По шкале пастбищной дигрессии синтаксоны распределяются в пределах от 2,5 до 5,0, средние показатели – 2,8–4,4. Большинство сообществ характеризуются слабым влиянием выпаса, луга представляют сенокосную стадию. Наибольшие показатели пастбищной дигрессии имеют сообщества ассоциаций *Amorio repens–Poetum pratensis*, *Festuco pratensis–Deschampsietum caespitosae* и *Equiseto arvensis–Elytrigietum repentis*, которые более интенсивно используются под пастбище. Сообщества ассоциаций *Alopecuro pratensis–Deschampsietum cespitosae* и *Amorio repens–Poetum pratensis* характеризуются высоким числом заносных видов и имеют высокий коэффициент адвентизации. В ходе антропогенной сукцессии происходит внедрение в луговые фитоценозы видов синантропной растительности классов: Galio–Urticetea (*Lamium album*<sup>2</sup>, *Galium aparine*, *Glechoma hederacea*, *Urtica dioica*), Plantaginetea majoris (*Amoria repens*, *Plantago major*, *Taraxacum officinale*), Artemisieta vulgaris (*Artemisia vulgaris*, *Melilotus albus*, *Tanacetum vulgare*), Chenopodieta (*Cirsium vulgare*, *Galeopsis speciosa*, *Tripleurospermum perforatum*, *Thlaspi arvense*), Agropyretea repenti (*Bromopsis inermis*, *Calamagrostis epigeios*, *Elytrigia repens*).

В настоящее время луговые сообщества в пойме р. Усы и ее притоков используются крайне недостаточно. Если в прошлом веке главным негатив-

<sup>2</sup> Названия видов сосудистых растений даны по сводке С. К. Черепанова [13].

ным фактором, действующим на луга данного региона, был чрезмерный выпас скота, то в настоящее время нерегулярный режим использования, связанный с повсеместным снижением поголовья скота, приводит к их закустариванию и деградации. Необходимо принять срочные меры по рациональному использованию лугов, в которые включить: двухукосное использование в сочетании с введением сенокосооборота, выборочное уничтожение кустарниковой растительности для увеличения площадей наиболее ценных кормовых трав, удаление кочек с заkochаренных лугов, выделение эталонных участков наиболее продуктивных луговых сообществ и организацию локального мониторинга кормовых угодий.

Таблица 1

**Характеристика ассоциаций класса *Molinio–Arrhenatheretea* R. Tx. 1937 по экологическим шкалам Л. Г. Раменского**

Ассоциации	Положение в пойме	Почвы	Пастбищная дигрессия
1	2	3	4
Порядок <i>Molinietalia</i>			
<i>Alopecuro pratensis–Phalaroidetum arundinaceae</i>	Низкие уровни приречной зоны	Дерново-глеевые суглинистые или на слоисто-супесчаном аллювии	<u>2,5–3,7</u> 2,8
<i>Bromopsi inermis–Alopecurietum pratensis</i>	Высокие уровни приречной зоны	Дерново-луговые на суглинистом аллювии	<u>2,7–3,4</u> 3,0
<i>Bistorto majoris–Alopecuretum pratensis</i>	Средние уровни приречной зоны	Дерново-луговые на суглинистом аллювии	<u>2,6–3,1</u> 2,9
<i>Alopecuro pratensis–Calamagrostidetum purpureae</i>	Низкие уровни приречной зоны	Дерново-луговые на суглинистом аллювии	<u>2,7–3,3</u> 2,9
<i>Alopecuro pratensis–Deschampsietum cespitosae</i>	На всех уровнях поймы	Лугово-дерновые, торфяно-подзолисто-глеевые, иловато-гумусировано-глеевые	<u>2,5–4,0</u> 3,4
<i>Filipendulo ulmariae–Deschampsietum cespitosae</i>	Низкие уровни средней и приматериковой зоны	Дерново-гумусировано-подзолисто-глееватые на суглинке	<u>3,2–4,8</u> 3,9
Порядок <i>Arrhenatheretalia</i>			
<i>Amorio repens–Poetum pratensis</i>	На всех участках поймы – от приречной до приматериковой зоны	Дерново-луговые или лугово-дерновые, умеренно аллювиальные песчаные слоистые	<u>4,0–5,0</u> 4,4
<i>Festuco pratensis–Deschampsietum caespitosae</i>	Склоны небольших грив (1.5–2 м выс.) в средней зоне	Луговые слабо и средне задернованные на среднем или легком суглинке	<u>4,3–4,5</u> 4,4
<i>Anthoxantho odorati–Agrostietum tenuis</i>	Низкие уровни приречной зоны	Дерново-глееватые суглинистые или дерновые супесчаные	<u>3,5–3,9</u> 3,8

## Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
<i>Equiseto arvensis</i> – <i>Elytrigietum repentis</i>	Приречная и средняя зоны	Песчаные с разной степенью интенсивности аллювиального процесса и уровнем грунтовых вод	<u>3,8–4,8</u> 4,4
<i>Elytrigio repentis</i> – <i>Bromopsidetum inermis</i>	Невысокие гривы (1 м выс.) в средней зоне	Умеренно аллювиальные дерновые луговые	<u>3,6–4,6</u> 4,2

Примечание. В числителе – минимальное и максимальное значение, в знаменателе – среднее значение

Таблица 2

**Характеристика синтаксонов класса Molinio–Arrhenetaretea по степени синантропизации и пастбищной дигрессии в пойме р. Усы**

Ассоциация	Урожайность, г/м <sup>2</sup>	Проективное покрытие, %	Число видов		Видовая насыщенность	Индекс адвентизации
			общее	адвентивные виды		
Порядок Molinietales						
<i>Alopecuro pratensis</i> – <i>Phalaroidetum arundinaceae</i>	350–370	70–100	75	6	10–23	8
<i>Bromopsido inermis</i> – <i>Alopecuretum pratensis</i>	320–380	60–100	63	3	14–29	5
<i>Bistorto majoris</i> – <i>Alopecuretum pratensis</i>	140–420	95	28	2	12–14	7
<i>Filipendulo ulmariae</i> – <i>Deschampsietum cespitosae</i>	120–410	70–100	49	2	4–22	4
<i>Alopecuro pratensis</i> – <i>Calamagrostietum purpureae</i>	420	100	35	2	12–21	6
<i>Alopecuro pratensis</i> – <i>Deschampsietum cespitosae</i>	80–420	60–100	145	19	6–26	13
Порядок Arrhenatheretales						
<i>Amorio repentis</i> – <i>Poetum pratensis</i>	80–165	40–100	107	12	7–18	11
<i>Festuco pratensis</i> – <i>Deschampsietum caespitosae</i>	180–400	80–90	101	3	8–39	3
<i>Anthoxantho odorati</i> – <i>Agrostietum tenuis</i>	80–150	70–100	88	5	14–34	6
<i>Equiseto arvensis</i> – <i>Elytrigietum repentis</i>	60–420	30–100	93	5	4–25	5
<i>Elytrigio repentis</i> – <i>Bromopsidetum inermis</i>	190–240	60–100	57	1	12–19	2

## Литература

1. Абрамова Л. М. Оценка уровня адвентизации синантропных ценофлор Зауралья республики Башкортостан // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 2002. Т. 107. Вып. 3. С. 83–88.
2. Горчаковский П. Л., Абрамчук А. В. Пастбищная деградация пойменных лугов и ее оценка по доле участия синантропных видов // Экология. 1983. № 4. С. 3–10.
3. Работнов Т. А. Луговедение. М.: МГУ, 1984. 319 с.
4. Шенников А. П. Луговедение. Л.: ЛГУ, 1941. 511 с.
5. Миркин Б. М. Антропогенная динамика растительности // Итоги науки и техники. Сер. ботан. М., 1984. Т. 5. С. 139–234.
6. Шушпанникова Г. С. Синантропная флора таежных и тундровых территорий северо-востока европейской России // Бот. журн. 2001. Т. 86. № 8. С. 28–37.
7. Шушпанникова Г. С. Использование экологических шкал Л. Г. Раменского при эколого-флористической классификации травянистой растительности поймы реки Вычегда // Аграрная Россия. 2010. С. 37–41.
8. Шушпанникова Г. С. Антропогенная трансформация и восстановительные сукцессии на пойменных лугах реки Вычегды // Аграрная Россия. 2012. С. 19–24.
9. Шушпанникова Г. С. Формирование и деградация лугов под влиянием сенокосения и выпаса в поймах рек Вычегды и Печоры // Экология. 2014. № 1. С. 40–44.
10. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Наука о растительности. Уфа, 1998. 413 с.
11. Westhoff V., Maarel E. van der. The Braun-Blanquet approach // Handbook of vegetation science. The Hague, 1973. Part. 7. Vol. 5. P. 617–726.
12. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л. Г. Раменский [и др.]. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.
13. Черепанов Е. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 991 с.

## МЕТОД ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*В. А. Алексеев, В. П. Усольцев, С. И. Юран,  
А. С. Перминов, Д. Н. Шульмин  
Ижевский государственный технический университет  
имени М.Т. Калашикова, alekseevv@istu.ru*

Сточные воды промышленных предприятий, особенно химической и нефтехимической промышленности, отличаются непостоянством расхода и состава сточных вод, наличием токсичных и трудно окисляемых компонентов, систематическими залповыми сбросами специфических загрязняющих веществ, и, в результате, неудовлетворительным качеством очищенных вод, не отвечающим требованиям нормативно-технической документации [1].

Поэтому актуальной технологической задачей является внедрение в повседневную практику высокотехнологической и информативной системы экспресс-контроля очистки сточных вод. В настоящее время уровень антропогенного воздействия на биоценозы искусственных экологических систем определяется по химическим показателям очищаемых вод, недостатком которых является техническая усложненность, высокая продолжительность проведения аналитических работ, большие затраты, ограниченная информативность в условиях многокомпонентных промышленных стоков.

Наряду с аналитическими методами контроля загрязнений сточных вод начинают широко использоваться методы биологического тестирования, позволяющие оценить всю совокупность свойств исследуемой водной среды с позиции восприятия ее живыми тест-объектами, выступающими в роли био-датчиков. Биотесты выявляют интегральные характеристики качества водной среды, поскольку позволяют оценить суммарную степень воздействия загрязняющих веществ на тест-объект и экстраполировать полученные результаты для оценки воздействия на человека. Биотестирование воды на токсичность проводят на совокупности водных организмов, позволяющей оценивать действие химического компонента на сложный биоценоз. В качестве оценочного критерия качества воды могут быть выбраны выживаемость, скорость размножения, жизненная активность микроорганизмов. При проведении экспресс-анализа этим методом должны быть стандартизированы и нормализованы условия проведения опыта (температура среды, освещенность, кислотность, состав питательного раствора, количество живых организмов и т.д.). В этом случае жизнеспособность популяции микроорганизмов можно оценивать оптическими методами.

Известна методика контроля роста культуры микроорганизмов по изменению оптической плотности при длине волны 560 нм в кювете 1 см. на спектрофотометре. При этом контролируют отсутствие или подавление роста (по наличию или отсутствию помутнения среды) по сравнению с контрольным образцом.

В биологической литературе, посвященной облучению биологических объектов низкоинтенсивным лазерным излучением, редко приводятся корректные описания параметров лазера. По представленным в большинстве публикаций данным не удается воспроизвести режимы облучения, что обесценивает получаемую информацию. Указание дозы лазерного облучения является не совсем корректным, т.к. различные авторы вкладывают в это понятие разный смысл, и, в отсутствие единого понимания этого термина, сравнение результатов экспериментов вызывает затруднение [2].

Исследования ведутся в следующих направлениях:

– определение концентрации по поглощению света взвешенными в жидкости частицами анализируемого вещества; степень мутности жидкости пропорциональна концентрации.

– определение концентрации по интенсивности света, рассеянного (отраженного) взвешенными частицами мутной системы, например, коллоидного раствора, суспензии, эмульсии. Интенсивность светорассеяния пропорциональна концентрации взвешенных частиц.

– определение количества вещества по интенсивности флуоресценции, возникающей при облучении анализируемого вещества ультрафиолетовым излучением, пропорциональной его концентрации.

В основе рассмотренных методов контроля лежит способность подавляющего большинства органических веществ различных классов поглощать свет в области 250–280 нм. В этой области интенсивно поглощают ненасы-

щенные соединения и соединения ароматического ряда с различными группировками атомов, в том числе протеины, фенолы, гуминовые, лигносульфоновые кислоты и другие сложные соединения. Неорганические ионы, за малым исключением, в этой области свет не поглощают.

При фотометрических измерениях по закону Бугера–Ламберта–Бэра слои вещества равной толщины поглощают равные части света. Этот закон рассматривает постепенное ослабление параллельного монохроматического пучка света при его распространении в поглощающем веществе. Закон Бугера–Ламберта–Бэра определяет зависимость поглощения монохроматического пучка света от концентрации и толщины слоя светопоглощающего вещества в растворе. Если имеются два раствора одного и того же вещества в одном и том же растворителе, из которых один в два раза концентрированнее другого, то светопоглощение (абсорбция) в первом растворе будет равно светопоглощению во втором растворе при условии, что толщина слоя первого раствора в два раза меньше, чем толщина слоя второго раствора. Закон Бугера–Ламберта–Бэра выражается уравнением

$$I_t = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon Ch}$$

где:  $I_0$  – интенсивность пучка монохроматического света, вошедшего в слой светопоглощающего раствора толщины  $h$ ;

$I_t$  – интенсивность света, вышедшего из слоя раствора;

$C$  – концентрация светопоглощающего растворенного вещества;

$\varepsilon$  – молекулярный коэффициент поглощения света, зависящий от химической природы и физического состояния светопоглощающего вещества, а также от длины волны монохроматического света;

$h$  – толщина колориметрируемого слоя.

Используя формулу закона Бугера–Ламберта–Бэра, можно вычислить оптическую плотность раствора:

$$D = \varepsilon h C = \lg \frac{I_0}{I}$$

При известных спектральных характеристиках культуры микроорганизмов, измеряя величину оптической плотности сточной воды на определенной длине волны и сопоставляя эту величину со значениями нормируемых показателей, характерных для данного конкретного загрязнения, можно установить уровни оптической плотности, соответствующие наличию загрязнений в сточной воде и, таким образом, по величине этого показателя оперативно контролировать содержание загрязнений в сбрасываемых стоках.

Эксперименты проводились на экспериментальной лабораторной лазерной установке для облучения биологических объектов лазерным излучением низкой интенсивности (рис.).

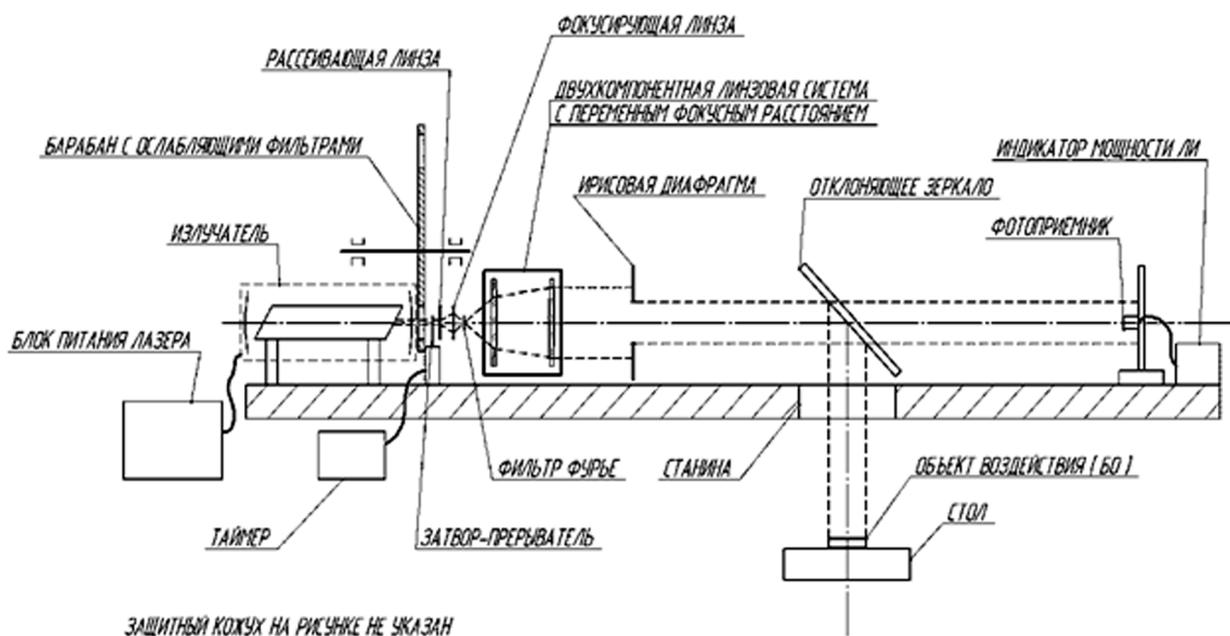


Рис. Схема лабораторной лазерной установки для облучения биологических объектов лазерным излучением низкой интенсивности

Облучение осуществляется при нормальном падении излучения на биологический объект в экранированном отсеке-боксе. Облучение можно производить как в чашках Петри соответствующего диаметра, так и в пробирках при незначительном ослаблении излучения объектом.

За счет ослабления светового потока с помощью светофильтров, укрепленных на барабане, осуществляется изменение плотности мощности лазерного излучения. Изменение диаметра пучка производится с помощью подвижной оптической линзовой системы с переменным фокусным расстоянием. Совмещение переднего фокуса системы с фильтром Фурье позволяет получать параллельный пучок на выходе системы. Однородность плотности мощности пучка лазерного излучения обеспечивается ирисовой диафрагмой. Отклоняющее зеркало направляет параллельный лазерный пучок на объект. Управление временем воздействия осуществляется с помощью таймера, управляющего затвором-прерывателем. Распределение плотности мощности лазерного излучения по сечению пучка определяется с помощью калиброванного фотоприемника. Контроль плотности мощности в процессе проведения эксперимента осуществляется с помощью фотоприемника, установленного на оси пучка.

Проведенные исследования подтвердили целесообразность использования средств аналитического контроля роста культуры микроорганизмов по изменению оптической плотности. Сочетание двух методов контроля – аналитического, оценивающего качество очистки сточных вод [3, 4] и более чувствительного – биологического, дающего информацию о состоянии биоагента, позволяет оперативно управлять процессом очистки сточных вод различного состава.

## Литература

1. Ашихмина Т. Я. Научно-методические основы комплексного экологического мониторинга окружающей среды в районах объектов хранения и уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 23–34.
2. Змиевской Г. Н., Галкин М. А., Костюков Д. В. Биодозиметрия в низкоинтенсивной фототерапии // Лазер-Информ. 2008. № 15–16. С. 1–6.
3. Усольцев В. П., Юран С. И. Достоверность санитарно-эпидемиологического анализа сточных вод при большом количестве случайных воздействий и отсутствии доминирующего фактора // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 3. С. 19–24.
4. Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И. Разработка теоретических и методических основ управления аварийными сбросами в технологическом процессе очистки сточных вод в контексте социо-эколого-экономической системы крупного предприятия // Приборостроение-2014: Материалы 7-й Междунар. науч.-техн. конф. (19–21 ноября 2014 года Минск, Республика Беларусь). Минск: Бел. Нац. Техн. ун-т, 2014. С. 20–22.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФОРМАЛЬДЕГИДА МИНЕРАЛЬНЫМИ ПРИРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ И ТОРФОСОРБЕНТАМИ

*К. В. Иванова, Е. Н. Резник*

*Вятский государственный университет, reznick@yandex.ru*

Существенный вклад в загрязнение окружающей среды и водных объектов вносят сточные воды предприятий деревообрабатывающей промышленности. Сточные воды гидротермической обработки древесины представляют собой стойкую коллоидную систему, которая содержит 0,5–6,5% формальдегида, фурфурола 9%, 4,5–12% метанола, 1–10% фенола, 1,1–3,5% ацетона, низкомолекулярные спирты, жирные кислоты, смолянистые и другие нелетучие соединения. Для сточных вод данной категории характерен показатель  $pH = 4,9–6,2$ . Органические вещества, присутствующие в сточных водах, вызывают сложные изменения в водных объектах. Они нарушают установившиеся абиотические условия, включаются в химические и биохимические процессы. В результате возникают необратимые изменения в составе биоценозов, качество воды существенно снижается [1].

Одним из наиболее опасных загрязнителей является формальдегид, который поражает центральную нервную систему, лёгкие, печень, почки, органы зрения. Формальдегид является канцерогеном. Его ПДК в воде –  $0,05 \text{ мг/дм}^3$  [2].

Перспективным методом очистки сточных вод является применение природных сорбентов, которые относительно дешевы, легко доступны и приемлемы с экологической точки зрения [3].

В настоящее время среди природных сорбентов значительное место занимают минеральные: модифицированная природная опока, глауконитовый песок, обладающие высокой адсорбционной емкостью в отношении целого ряда загрязнителей.

Адсорбционные, каталитические и ионообменные свойства природных опок, появление эффективных методов регулирования их геометрической структуры и химической природы поверхности, а также наличие крупных промышленных месторождений и дешевизна минеральных сорбентов делают экономически целесообразным их использование в качестве сорбентов для очистки воды.

Глауконитовый песок обладает высокой сорбционной способностью. Исследованиями доказано, что глауконитовый концентрат обладает высокой емкостью к пиридину, фенолу, формальдегиду, бензолу и нафтеновым кислотам, что позволяет рекомендовать его как селективный сорбент при очистке нефтепродуктов и других веществ от вредных примесей [4].

Сорбенты на основе торфа в основном используют для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов и малополярных органических соединений. Адсорбционная активность торфов и сорбентов на их основе по отношению к формальдегиду практически не исследована. Это вероятно связано с высокой полярностью карбонильной группы, приводящей к полной растворимости формальдегида в воде, априорно считается, неполярные сорбенты на основе торфа не могут проявлять высокую адсорбционную емкость по отношению к полярному формальдегиду хорошо растворимому в воде.

Между тем торфосорбенты имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с минеральными, прежде всего это их доступность и простота утилизации после использования.

Целью работы было проведение сравнительного анализа очистки сточных вод деревообрабатывающей промышленности от формальдегида природными минеральными сорбентами и торфосорбентами.

Исследования по очистке сточных вод проводили в условиях модельного лабораторного эксперимента.

Определяли концентрацию формальдегида в модельной системе, имитирующей состав сточной воды до и после сорбционной очистки. В качестве сорбентов использовали минеральные природные сорбенты: опоку серого цвета, мелкодробленную из Каменноярского месторождения, глауконитовый песок из Вятско-Камского месторождения, и торфосорбенты марок Сорбонафт МФ и Сорбонафт ВД производства ЗАО «Центр экологических инициатив» Пресс-Торф». Сорбонафт МФ и Сорбонафт ВД – специально термически изготовленный сорбент, применяющийся для сбора нефти, нефтепродуктов, технических жидкостей в труднодоступных участках на почве, твердых и водных поверхностях, эффективен при любых погодных условиях в том числе и при отрицательных температурах. Обладая гидрофобными свойствами, сорбируя загрязнения с водной поверхности, остается на плаву длительное время, что обеспечивает удобство его последующего сбора [5].

В качестве модели сточной воды деревообрабатывающего производства использовали отвар смеси опилок пихты и ели в массовом соотношении 1:1. Было взято 60,8 г опилок на 2,5 л воды, смесь кипятили в течение 3 часов, в результате получили раствор бурого цвета объемом 800 мл.

Для проведения эксперимента в химические стаканы на 250 мл, помещали сорбенты, заливали отваром опилок и экспонировали в течение 3 суток, затем определяли концентрацию формальдегида в каждом из образцов по ГОСТу Р 55227-2012 «Методы определения содержания формальдегида» [6].

Долю поглощенного формальдегида  $\alpha$  (%) определяли по формуле:

$$\alpha(\%) = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100,$$

где  $C_0$  – начальная концентрация формальдегида в воде (мг/дм<sup>3</sup>);

$C$  – концентрация формальдегида в воде (мг/дм<sup>3</sup>) после экспозиции.

Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

**Концентрации (С мг/дм<sup>3</sup>) в воде и доля поглощенного формальдегида  $\alpha$  (%) после очистки различными сорбентами**

До экспозиции	Виды сорбентов							
	Опока		Глауконитовый песок		Сорбонафт МФ		Сорбонафт ВД	
С	С	$\alpha$	С	$\alpha$	С	$\alpha$	С	$\alpha$
0,32	0,11	65,6	0,02	93,8	0,06	81,3	0,06	81,2

Результаты эксперимента показывают, что при очистке от формальдегида в воде содержащей 0,3 мг/дм<sup>3</sup> наиболее эффективно применение глауконитового песка. Однако и применение торфосорбентов за достаточно длительное время экспозиции можно довести содержание формальдегида в воде до уровня ниже ПДК. Более того, адсорбционная активность торфосорбентов по отношению к формальдегиду оказалась выше, чем у опоки. Вероятно имеет место химическое взаимодействие гуминовых веществ и фульвокислот, содержащихся в торфе, с формальдегидом.

Известно, что опока проявляет высокую адсорбционную активность по отношению ко многим загрязнителям [7]. Ранее проведенные эксперименты показали высокую эффективность применения опоки при очистке модельной системы имитирующей сточную воду деревообрабатывающей промышленности [8]. При проведении данного исследования установлено, что опока поглощает формальдегид хуже торфосорбентов и глауконитового песка. Можно сделать вывод, что применение композиций на основе торфосорбентов и опоки вполне целесообразно для эффективной многокомпонентной очистки сточных вод деревоперерабатывающих производств.

### Литература

1. Кривошеин Д. А., Кукин П. П., Лапин В. Л. Инженерная защита поверхностных сточных вод от промышленных стоков. М.: Высшая школа, 2003. 344 с.
2. Алексеенко К. В., Баталова В. Н. Вольтамперометрическое определение формальдегида на золото-графитовом электроде: Учебное пособие. Томск: Изд-во ТомГУ, 2013.
3. Лисичкина Г. В. Модифицированные кремнезёмы в сорбции, хроматографии и катализе. М.: Химия, 1985г. 246 с.

4. Штриплин Л. О., Туренко Ф. П. Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов: Учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. 192 с.
5. Козьминых А. Н., Тулянкин Г. М., Терехова В. А., Жучихин Ю. С., Салтыков А. Б. Торфоминеральный гидрофобный сорбент «Сорбонафт» и комплексная технология ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. М.: Изд-во ОАО Всерос. научно-исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности, 2009. С. 32–36.
6. ГОСТ Р 55227-2012 «Методы определения содержания формальдегида».
7. Фетисова Е. А., Сырчина Н. В., Кутявина Т. И. Влияние кремнистых опок на состав почвенных растворов // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. (28–29 апреля 2016 г.). Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 112–115.
8. Иванова К. В., Резник Е. Н. Сравнение эффективности очистки воды электролизом, простой гальванокоагуляцией и с применением природного сорбента опоки // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. (г. Киров, 13–14 апреля 2017 г.). Киров: ВятГУ, 2017. С. 125–127.

# СЕКЦИЯ МЕТОДЫ БИОДИАГНОСТИКИ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

## БИОИНДИКАЦИЯ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

*Е. А. Березина, И. В. Леухин, О. В. Малюта, А. С. Туев*  
Поволжский государственный технологический университет,  
*katerina.berezina2017@yandex.ru*

Развитие промышленности неразрывно связано с увеличением объемов загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду. В результате глобальных выпадений и трансграничного переноса загрязняющих веществ, на сегодняшний день практически не осталось природных экосистем, которые не испытывали бы какое-либо антропогенное воздействие. К сожалению, в полной мере это относится и к особо охраняемым природным территориям (ООПТ).

Исследования по оценке качества природной среды были проведены на территории Федерального государственного бюджетного учреждения «Приокско-Тerrasный государственный природный биосферный заповедник», который расположен в Московской области Серпуховского района (рис).

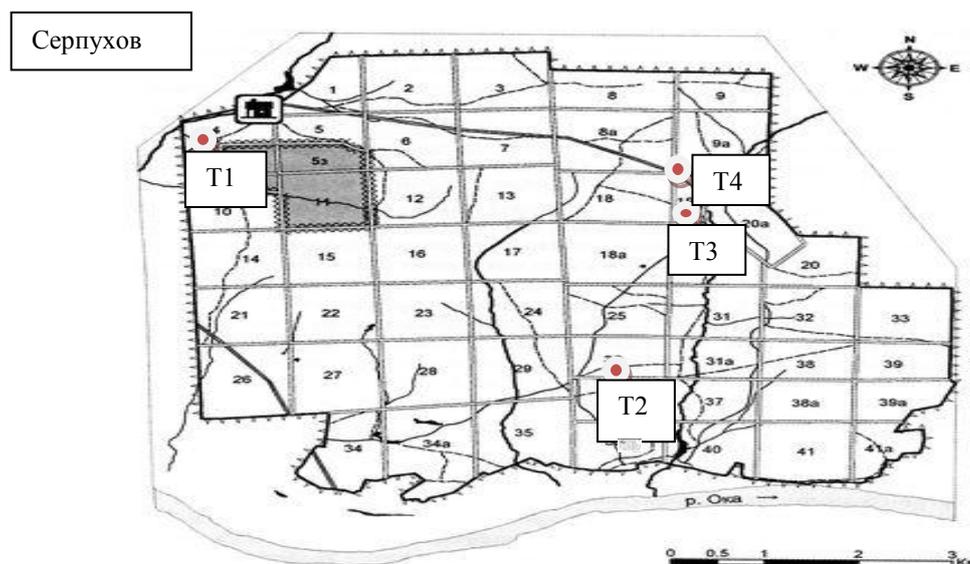


Рис. Точки отбора проб на территории заповедника:

T1 – станция комплексного фоновое мониторинга; T2 – просека между кварталами 30 и 36; T3 – кордон № 19; T4 – трасса в северо-восточной части заповедника

Флуктуирующая асимметрия – незначительные (случайные) отклонения от строгой билатеральной симметрии биообъектов. Состояние природных популяций симметричных организмов может быть оценено через анализ величины флуктуирующей асимметрии, характеризующее мелкие ненаправленные нарушения стабильности развития и являющейся интегральным ответом организма на состояние окружающей среды. Растения в течение всей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию двух сред – почвенной и воздушной, отражающих весь комплекс стрессирующих воздействий на систему [1].

Отбор проб растительного материала (листьев берёзы) происходил в течение августа 2017 г. в четырёх точках на территории ООПТ «Приокско-Террасный государственный природный биосферный заповедник», на каждом объекте было отобрано по 100 штук листьев с 10 деревьев.

Листья отобраны со средневозрастных деревьев с нижней части кроны, на уровне поднятой руки. С каждого листа сняли показатели по пяти параметрам с левой и правой стороны.

Величина асимметричности оценивалась с помощью интегрального показателя – величины среднего относительного различия на признак [2]. Результаты исследований показали, что величина флуктуирующей асимметрии менее 0,055 обнаружена в районе кордона № 19 (0,048), расположенного на территории заповедника и на станции комплексного фоновоего мониторинга (0,051), что свидетельствует о состоянии окружающей среды на данных объектах в пределах нормы (табл.).

Таблица

**Показатели величины асимметричности и экологическое состояние объектов**

Место отбора проб	Баллы	Значения величины флуктуирующей асимметрии
Станция комплексного фоновоего мониторинга	1	0,051
Просека между кв. 30 и кв. 36	3	0,061
Кордон № 19	1	0,048
Трасса в северо-восточной части заповедника	2	0,057

Наибольшее значение величины флуктуирующей асимметрии листьев березы оказалось на просеке между кварталами 30 и 36 (0,048). И это, возможно, объясняется направлением ветров в данной местности. В годовой розе ветров присутствует северо-западное направление ветра (повторяемость ветра 13%) [3]. Очевидно, ветра способствуют переносу загрязняющих веществ из г. Серпухов, который находится в 11 км от ООПТ. В городе функционируют предприятия ОАО «Химволокно» и ООО «Урса Серпухов». На этом объекте величина асимметрии соответствует трём баллам, что свидетельствует о существенном отклонении экологического состояния от нормы.

В районе трассы, пролегающей через ООПТ, значения величины флуктуирующей асимметрии (0,057) показывает незначительное отклонение со-

стояния окружающей от нормы, что может быть обусловлено влиянием автотранспорта.

Таким образом, на территории Приокско-Террасного государственного природного биосферного заповедника окружающая среда неоднородна и на ряде объектов антропогенное влияние ощутимо.

#### Литература

1. Захаров В. М. Асимметрия животных. Наука. 1987. 214 с.
2. Малюта О. В., Григорьева А. В. Экологический мониторинг. Методические указания к выполнению лабораторных и практических работ. МарГТУ, 2011. 63 с.
3. «Кадастровые сведения о Приокско-Террасном государственном природном биосферном заповеднике за 2013–2016 гг.» (от 02.03.2017 г.)
4. Анализ экологической ситуации в г.Серпухове: [Электронный ресурс] // <http://serpuhov.bezformata.ru/listnews/ekologicheskoy-situatcii-v-g-serpuhove/746530/> (Дата обращения 04.05.2011).

### БИОДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНАХ СОСРЕДОТОЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

*Ю. Г. Радюшкин<sup>1</sup>, Н. И. Хотько<sup>1</sup>, З. А. Симонова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *НИИ промышленной экологии ФГБУ «ГосНИИЭНП», [info@sar-ecoinst.org](mailto:info@sar-ecoinst.org),*

<sup>2</sup> *Саратовский технический университет им. Ю. А. Гагарина,  
[ecology.sstu@mail.ru](mailto:ecology.sstu@mail.ru)*

В XXI век человечество вступило с множеством нерешенных экологических проблем. Среди них важнейшей остается проблема обеспечения химической безопасности населения и окружающей среды в местах производственной деятельности опасных промышленных объектов, а также на территориях, где проводилось уничтожение химического оружия (УХО). На протяжении многих лет мировое сообщество стремилось ликвидировать химическое оружие (ХО) как оружие массового уничтожения. Одним из наиболее значимых результатов этих усилий явились разработки при участии Российской Федерации (Конвенция, 1993).

Во исполнение международных обязательств в декабре 2002 г. в п.г.т. Горный Саратовской области был пущен полномасштабный промышленный объект УХО. Технологический процесс был полностью автоматизирован, а системы технологического контроля не имели аналогов в мире. В настоящее время согласно федеральной целевой программе после осуществления уничтожения и хранения химического оружия предусмотрено репрофилирование объектов УХО и работы по ликвидации последствий их деятельности.

В зоне влияния опасных промышленных объектов сотрудники НИИ промышленной экологии на перманентной основе проводят комплексную оценку состояния окружающей среды методами химического анализа и биологического мониторинга. Была создана экспериментальная экологическая

территория (экологический полигон) и разработана система обеспечения экологической безопасности. Обязательными компонентами системы мониторинга экологического полигона «Горный» являлись организация оперативного и стационарного контроля, анализ фоновое состояние основных природных комплексов, выявление и идентификация в его пределах техногенных объектов, оказывающих наибольшее неблагоприятное влияние на биогеоценозы.

Большое значение в этой системе имеют методы биологического мониторинга. Первичный анализ токсичности окружающей природной среды (атмосферного воздуха, природных вод, почвы) в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий (СЗЗ и ЗЗМ) опасного промышленного объекта осуществляется с помощью методик биологического тестирования. Методы биологической индикации используются как дополнительные. При обнаружении токсичности проводится количественный химический анализ с целью идентификации загрязняющих веществ.

Под биологическим тестированием принято понимать процедуру установления наличия или отсутствия острой токсичности у испытуемого объекта в лабораторных условиях с помощью тест-организмов, независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у данных организмов.

К настоящему моменту разработаны, внедрены и широко распространены различные методики биологического тестирования, использующие в качестве тест-организмов различные гидробионты, такие как простейшие (инфузории, жгутиконосцы), одноклеточные водоросли кишечнорастворимые, черви, моллюски, ракообразные и рыбы, к этой группе можно отнести и различные модифицированные штаммы бактерий [1].

Благодаря относительной простоте, оперативности и доступности в экологических исследованиях, биологическое тестирование получило широкое признание в экологических исследованиях во всем мире, и его всё чаще используют наряду с методами аналитической химии. При этом следует отметить, что методы биотестирования в некоторых случаях чувствительнее химических методов анализа, а также они позволяют оценить синергическое действие и биологические эффекты сверхмалых концентраций загрязняющих веществ [2].

Однако применяемые методы биологического тестирования имеют также ряд недостатков, которые обусловлены физиологическими особенностями используемых тест-организмов, в связи с чем их чувствительность ко многим факторам внешней среды, в том числе и к токсикантам может быть довольно специфичной и в целом ряде случаев не сопоставима с чувствительностью высших животных и человека. Так, показатели критических концентраций тяжелых металлов для простейших, в частности инфузорий, на несколько порядков ниже ПДК, установленных для человека, но они малочувствительны к азотистым соединениям, в том числе и к аммиаку [3].

Фактически создана многокомпонентная тест-система, позволяющая изучать токсичность природных сред на нескольких тест-объектах, относящихся к разным систематическим группам (микроорганизмы, низшие растения, беспозвоночные и позвоночные животные). Использование нескольких тест-организмов существенно повышает точность проводимых исследований качества воды и почвы. Токсичность определяется по наиболее чувствительному тест-организму.

Следующие методики биологического тестирования метрологически аттестованы и допущены для целей государственного экологического контроля: «Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний» (ФР. 1.39.2005.03221), «Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний» (ФР.1.39.2007.03222), «Методика определения токсичности вод и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флюоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей» (ФР.1.39.2007.03223); «Методическое руководство по биотестированию воды. Методика биотестирования по гибели рыб *Poecilia reticulata* Peters.» (РД 118-02-90); «Методика определения токсичности проб природных, питьевых, хозяйственно-питьевых, хозяйственно-бытовых сточных, очищенных сточных, сточных вод экспресс-методом с применением прибора «Биотестер» (ФР.1.31.2005.01881); «Методика определения токсичности проб почв, донных отложений и осадков сточных вод экспресс-методом с применением прибора «Биотестер» (ФР.1.31.2005.01882); «Методика определения токсичности проб отходов производства и потребления экспресс-методом с применением прибора «Биотестер» (ФР.1.31.2005.01883); «Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла» (ПНДФТ 14.1:2:3:4.10-04; 16.1:2.3.7-04); «Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «ЭКОЛЮМ» (ПНДФТ 14.1:2:3:4.11-04; 16.1:2.3:3.8-04); Определение токсичности воздушной среды с помощью биотеста «Эколюм» (МР № 01.020-07); «Методика выполнения измерений индекса токсичности почв, почвогрунтов, вод и отходов по изменению подвижности половых клеток млекопитающих *in vitro*» (ФР.1.31.2009.06301; ПНДФТ 14.1:2:4:15-09; 16.1:2:2.3:3.13-09).

Наиболее часто применяются методики ФР.1.39.2007.03222 и ФР.1.39.2007.03223. Одним из главных достоинств этих методик, определяющих их широкую востребованность, на наш взгляд является невысокая стоимость затрат на лабораторное оборудование и проведение анализов, а также отсутствие повышенных требований к квалификации персонала лабораторий. Однако более чем десятилетний период использования МВИ в лаборатории

биомониторинга ФБГБУ «ГосНИИЭНП» выявил также их проблемные места [4].

В системе экологического контроля зоны влияния объектов важная роль отводится генетическим методам биологического тестирования. Генетические методы анализа качества окружающей среды являются незаменимыми в процессе мониторинга, так как позволяют оперативно оценить изменения в биоте, вызванные факторами антропогенного происхождения. В нашей работе мы используем ядрышкового метод и тест-объект репчатый лук *Allium cepa*.

Кроме того, имеющиеся методики и аппаратура для биотестирования позволяют проводить экспресс-оценку состояния окружающей среды, что имеет принципиальное значение при экологическом мониторинге опасных промышленных объектов.

Результаты, полученные с помощью методов биологического тестирования, позволяют оценить состояние исследованных объектов природных сред в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия как стабильное и относительно благополучное. В ходе исследований разработаны предварительные предложения по структуре основных элементов региональной подсистемы по обеспечению химической безопасности на примере Саратовской области. Так, опираясь на многолетний практический опыт работы в области биологического тестирования, мы можем рекомендовать наряду с методиками на дафниях и на одноклеточных водорослях использование экспресс-методик с применением инфузорий и модифицированных бактерий. Это даёт возможность получать более оперативную информацию о качестве пробы и точнее интерпретировать полученные результаты [5].

### Литература

1. Радюшкин Ю. Г., Хотько Н. И. Проблемы обеспечения безопасности проведения ликвидации и конверсии бывших объектов по хранению и уничтожению химического оружия // Проблемы обеспечения химической безопасности в современных условиях. Итоги и аспекты технологических решений, экоаналитического контроля и эколого-гигиенического мониторинга: Сб. статей междунар. науч.-практ. конф. Пенза: ПДЗ, 2015. С. 3–11.
2. Брагинский Л. П. Методологические аспекты токсикологического биотестирования на *Daphnia magna* Str. и других ветвистоусых ракообразных (критический обзор) // Гидробиологический журнал. 2000. Т. 36. № 5. С. 50–70.
3. Oliphant J. F. Influence of chemicals on ciliary beat in *Paramecium* // *Physiol. Zool.* 1942. V. 15. P. 443–452.
4. Лушай Е. А., Ларин И. Н. Сравнительный анализ методик биотестирования // Проблемы обеспечения химической безопасности в современных условиях. Итоги и аспекты технологических решений, экоаналитического контроля и эколого-гигиенического мониторинга: Сб. статей междунар. науч.-практ. конф. Пенза: ПДЗ, 2015. С. 55–58.
5. Хотько Н. И., Журавлёва Л. Л., Дмитриев А. П. Биомониторинг окружающей среды в районах размещения опасных промышленных объектов (теория и практика). Монография. Пенза, 2017. 165 с.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ р. ОХТА (г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ) НА ОСНОВЕ БИОТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

*А. Ю. Куличенко*

*Российский государственный гидрометеорологический университет,  
ai\_kulichenko@mail.ru*

Биологические (биотические) методы оценки состояния водоемов регулярно применяются в мониторинговых исследованиях. В дополнение к традиционным методам индикации по структурным характеристикам биотических сообществ, все большую актуальность приобретают методы токсикологического анализа с одновременным использованием тест-организмов различного систематического уровня.

Речная сеть Санкт-Петербурга и Ленинградской области представлена более 25 тысячами рек, большая часть которых относится к малым рекам. Река Охта – один из наиболее крупных правобережных притоков р. Нева, который на протяжении 15 лет является объектом мониторинговых исследований и полигоном для проведения полевой практики студентов РГГМУ, на котором выполняется комплекс гидрологических, гидрохимических и гидробиологических работ.

В соответствии с материалами «Доклада об экологической ситуации в Санкт-Петербурге» в 2014–2015 гг. [1, 2] поверхностные воды р. Охта по удельному комбинаторному индексу загрязнения вод (УКИЗВ) относятся к IV классу качества – «грязные». Для устьевоего участка акватории неоднократно отмечены дефицит растворенного кислорода в воде и превышение ПДК по содержанию марганца (34–50 раз).

Аномально высокая для региона температура воздуха в весенне-летний период 2014–2015 гг. наряду с дефицитом осадков привели в 2015 г. к падению водности и, соответственно, к изменению гидрологического режима и химического состава поверхностных вод [1].

Цель данной работы состоит в оценке состояния р. Охта методами биоиндикации и биотестирования в условиях изменения уровня водности.

В 2014–2015 гг. были изучены качественный состав и структурные показатели бентосных сообществ, а также токсикологические характеристики поверхностных вод для *Paramecium caudatum* Ehrenberg и *Daphnia magna* Straus. Отбор проб выполнялся на мониторинговых станциях среднего и нижнего течения р. Охта.

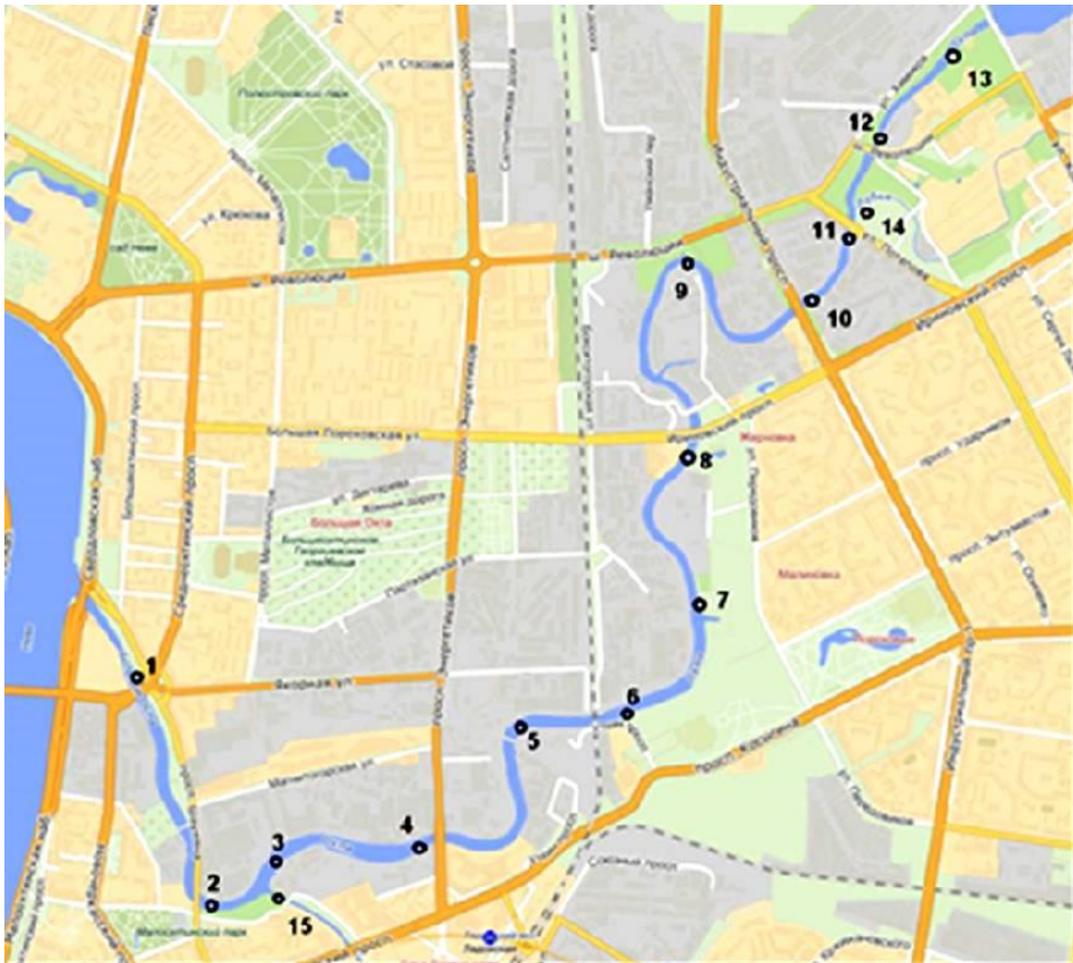


Рис. Карта-схема станций отбора проб (р. Охта, 2014–2015 гг.)

Оценка состояния водотока была выполнена на основании биотических индексов Вудивисса, Гуднайта-Уитлея, Попченко. Выбор индексов был не случаен и учитывал не только наиболее часто применяемые критерии при исследовании водотоков Северо-Запада России, но и опирался на анализ видовой структуры сообщества, что позволило реализовать как традиционный подход, так и использовать все обнаруженные таксоны для биоиндикации.

В составе макрозообентоса р. Охта в 2014–2015 гг. было зарегистрировано 34 таксона различного ранга. Наибольшим числом таксонов отличался класс Малощетинковых червей (9 видов) и класс Брюхоногих моллюсков (6 видов), которые, в основном, являются эврибионтами и могут массово развиваться на акваториях, подверженных сильному антропогенному воздействию. Тенденция сокращения таксономического разнообразия сообществ макрозообентоса в условия стабильно низкой водности неоднократно наблюдалась для акватории р. Охта. Так, в маловодных 2004–2005 гг. общее число обнаруженных таксонов составило 18, а в 2010 г. наблюдалось еще большее снижение числа видов до 12 таксонов беспозвоночных [3]. Исследуемый двухгодичный период также характеризуется стабильно низким уровнем воды в водотоке, однако это практически не отразилось на таксономическом составе донных сообществ всего водотока в целом.

Несмотря на относительно низкое видовое богатство, показатели количественного развития донной фауны – численность и биомасса – соответствовали уровню водоемов Северо-Запада России, испытывающих антропогенное влияние. Средняя численность донных организмов в 2014 г. составляла 22,5 тыс. экз/м<sup>2</sup>, в 2015–7,2 тыс. экз/м<sup>2</sup>. Средняя биомасса бентоса в 2014 г. составляла 63,8 г/м<sup>2</sup>, в 2015 г. – 237,7 г/м<sup>2</sup>. Доминирующим видом как по численности, так и по биомассе на протяжении двухлетнего периода исследований был *Tubifex tubifex*.

Сопоставление данных о структурных особенностях бентосных сообществ в маловодный период 2005 и 2010 гг. позволяет заключить, что в условиях низкого уровня воды в водотоке, наблюдавшихся в 2014–2015 гг., донные сообщества не были угнетены и отличались увеличением показателей количественного развития небольшого числа видов малощетинковых червей.

На основании данных, полученных при расчете биотических индексов Вудивисса, Гуднайта-Уитлея и Попченко можно заключить, что качество воды в р. Охта в 2014 г. для большинства станций отбора проб может быть оценено как «грязная» и «очень грязная» (83% от общего числа станций), причем доля станций с оценкой «очень грязная» составляла 53%. В 2015 г. расчет биотических индексов позволил сделать заключение о том, что состояние водотока улучшилось. Несмотря на оценку по сапробности акватории р. Охта как «полисапробная», оценка по степени загрязненности воды показала снижение доли станций с характеристикой воды «очень грязная» и переход большинства станций от характеристики «очень грязная» к оценке «грязная». Об улучшении экологического состояния водотока свидетельствует и увеличение видового разнообразия донных беспозвоночных наряду с увеличением их биомассы. Аналогичная тенденция изменения состояния водотока на основе показателей гидрохимического состава и количественного развития индикаторных групп высших водных растений также отмечена рядом исследователей [4–6].

Совместно с изучением структурных особенностей макрозообентоса были проведены исследования токсического действия поверхностных вод для двух видов гетеротрофных организмов – представителей зоопланктона и бентоса. Определяли индекс токсичности для инфузорий *Paramecium caudatum* и смертность ветвистоусых ракообразных *Daphnia magna* в остром эксперименте продолжительностью 48 часов.

В 2014 г. наблюдался значительный диапазон варьирования индекса токсичности: максимум, соответствующий высокой степени токсичности, наблюдался на станции 10 (0,93 у.е.), минимум (допустимая степень токсичности) – на станции 5 (0,05 у.е.). В 2015 г. величина индекса токсичности была практически однородной, максимум (умеренная степень токсичности) приходился на станцию 11 (0,52 у.е.), минимум (допустимая степень токсичности) – на станцию 14 (0,08 у.е.). Сравнение средних значений индекса токсичности за 2014 и 2015 гг. показало, что произошло уменьшение индекса токсичности поверхностных вод для простейших от 0,48 у.е до 0,32 у.е. Это со-

ответствует переходу степени токсичности поверхностных вод от умеренной к допустимой.

Диапазон изменений показателя смертности дафний для поверхностных вод р. Охта в 2014 г. составлял от 3% (отсутствие острого токсического действия, станция 4 среднего течения реки) до 83% (высокое токсическое действие, станция 15 нижнего течения реки). В 2015 г., по сравнению с 2014 г., вариабельность этого токсикологического показателя не была значительна: смертность дафний изменялась от 20% (отсутствие токсического действия для ракообразных, станция 3 нижнего течения реки) до 87% (высокое токсическое действие для ракообразных, станция 15 нижнего течения реки).

Необходимо отметить, что, в целом, для водотока в течение двухлетнего периода при низком уровне воды сохранялось умеренное токсическое действие поверхностных вод для ракообразных. При этом станции нижнего течения реки постоянно характеризовались высоким токсическим действием для *Daphnia magna*, вызванным, вероятно, дефицитом растворенного кислорода и высоким содержанием марганца в поверхностных водах.

Сравнительный анализ результатов биоиндикации и биотестирования показал, что токсикологические характеристики поверхностных вод р. Охта имеют тесную связь с биотическим индексом Вудивисса: положительная корреляция ( $r = 0,68$ ) отмечена для индекса токсичности для простейших, а отрицательная корреляция – для показателя смертности ракообразных ( $r = -0,87$ ). То есть показано, что одновременно с увеличением интегральной токсичности водной среды для представителей планктона, происходит деградация донных сообществ, выраженная исчезновением видов-индикаторов системы Вудивисса и увеличением показателей количественного развития *Tubifex tubifex*.

### Литература

1. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2014 году / Под ред. И. А. Серебрицкого. СПб.: ООО «Дитон», 2015. 180 с.
2. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году / Под ред. И. А. Серебрицкого. СПб.: ООО «Сезам-принт», 2016. 168 с.
3. Анцулевич А. Е., Чужекова Т. А. Гидробиологические характеристики малых водотоков Санкт-Петербурга // Экологическая школа в Петергофе – наукограде Российской Федерации: Биоразнообразие и биоиндикация в естественных и трансформированных экосистемах Северо-Западного региона: Материалы IV Региональной молодеж. экологической конф. СПб., 2009. С. 7–12.
4. Куличенко А. Ю., Аксарина А. А., Румянцева А. А. Особенности использования биологических методов при оценке состояния донных отложений малых рек // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. СПб: РГГМУ, 2012. С. 102–104.
5. Урусова Е. С. Оценка загрязненности реки Охта в пределах Санкт-Петербурга на основе применения интегральных кривых // Общество. Среда. Развитие. 2015. № 4 (37). С. 171–175.
6. Зуева Н. В., Мостовая М. А., Лешукова А. И. Характеристика макрофитов в оценке качества воды малых рек Санкт-Петербурга // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. СПб.: Любавич, 2011. С. 137–142.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПАСНОСТИ СОЛЕСОДЕРЖАЩИХ СРЕД И ОТХОДОВ ДЛЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

Ю. С. Григорьев, Г. Р. Величко, Н. К. Артына, Т. Л. Шашкова  
Сибирский федеральный университет, gr2897@gmail.com

Отходы производства и потребления, образующиеся в результате деятельности человека, значительно различаются по химическому составу. Среди них встречаются отходы с высоким содержанием солей. Так, например, отработанные буровые растворы могут содержать до 300–400 г/л солей [1]. Поскольку универсальных буровых растворов не существует, подбирать рецептуры необходимо в условиях, возможно более близких к условиям применения этого раствора в бурящейся скважине [2]. В случаях, если бурение скважин проводят в многолетнемерзлых породах, тогда используют соледержащие буровые растворы, содержащие водные растворы NaCl, реже CaCl<sub>2</sub>. При проходке мощных пластов солей во избежание образования каверн используются насыщенными растворами солей NaCl, KCl, MgCl<sub>2</sub>, смеси KCl и MgCl<sub>2</sub> [1].

Отработанные буровые растворы и шламы, наряду с другими видами отходов, должны оцениваться на опасность для окружающей природной среды. В приказе Минприроды России № 536 от 04.12.2014 «Об утверждении критериев отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на ОС» в пункте 14 отмечается: «при исследовании водных вытяжек из отходов с повышенным содержанием солей применяется не менее двух тест-объектов, устойчивых к повышенному содержанию солей...» [3]. Нам представляется, что солоноводные организмы следует использовать для контроля тех отходов, которые представляют угрозу прямого загрязнения морей или солоноводных водоемов. При хранении соледержащих отходов на полигонах, в амбарах с буровыми растворами, в шламохранилищах возможен их прямой контакт с пресноводными организмами. В этих случаях повышенное содержание солей может представлять угрозу, как наземным организмам, так и находящимся рядом пресным водным объектам.

В связи с этим цель настоящей работы явилось изучение влияния соледержащих сред на пресноводные организмы.

Влияние растворов NaCl, KCl, MgCl<sub>2</sub> и смеси KCl и MgCl<sub>2</sub> исследовалось на пресноводной водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer, проростках семян овса посевного (*Avena sativa*) и рачках *Daphnia magna* Straus.

Оценка воздействия солей на рост культуры водоросли хлорелла проводилась по методике [4]. Засеваемая культура имела оптическую плотность 0,005, что соответствовало содержанию 70–75·10<sup>3</sup> клеток/мл. Ростовые характеристики культуры водоросли хлорелла определялись в многоцветном культиваторе КВМ-05. Прирост культуры водоросли оценивали на приборе ИПС-03 по оптической плотности суспензии клеток водоросли после 22 часов культивирования.



Рис. 1. Аэропонная установка для наблюдения за прорастанием семян

Влияние растворов солей на длину корня и стебля овса определяли в аэропонной установке, разработанной в Сибирском федеральном университете (рис. 1).

В каждый из 6 стеклянных стаканов, объемом 500 мл со 140 мл тестируемой воды помещали в специальном держателе 16 семян овса. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Стаканы устанавливали в кассету аэропонной установки, которой вращалась со скоростью 1 об/мин. Семена во время каждого круга вращения на короткое время погружались в тестируемую воду. В результате они имели контакт с пробой воды и одновременно находились в условия хорошей аэрации.

Сама установка размещалась в термостате. После 5 суток экспозиции при 25 °С производился замер длины корня и стебля проростков семян овса.

Опыты с рачками дафний проводили по методике [5]. В пробирки устройства экспонирования рачков (УЭР-03) с 50 мл исследуемой воды помещалось по 10 рачков дафний возрастом 6–24 часа. Через 48 часов экспозиции в УЭР-03, установленных в климатостат Р-2, определяли число выживших особей.

Проведенные исследования показали, что рост культуры водоросли хлореллы в среде с добавлением солей NaCl, KCl существенно замедляется по мере увеличения концентрации солевых растворов (рис. 2). MgCl<sub>2</sub> оказывал сильное воздействие на прирост водоросли только в смеси с KCl (табл.).

Еще более значительное подавление ростовых процессов солевыми растворами демонстрирует фитотест на проростках овса. Как видно на рисунке 3 с увеличением концентрации KCl происходит резкое снижение длины корня и стебля растений овса.

Проведенные эксперименты на рачках дафний (рис. 4) также показали, что высокие концентрации солей губительны для данного пресноводного организма.

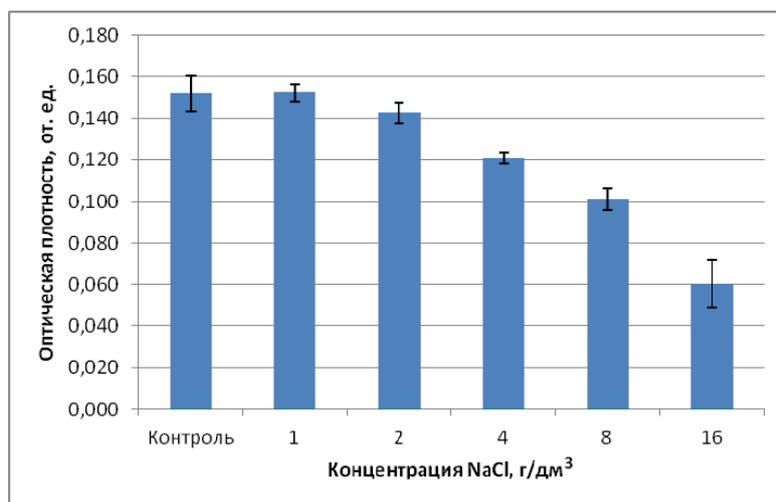


Рис. 2. Оптическая плотность культуры водоросли хлорелла после 22 часов культивирования в присутствии различных концентраций NaCl

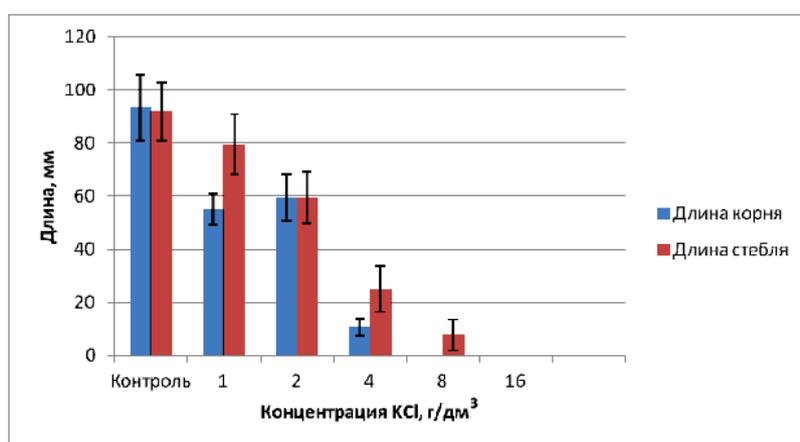


Рис. 3. Длина корней и стебля проростков семян овса после 5 суток прорастания в растворах с различными концентрациями KCl

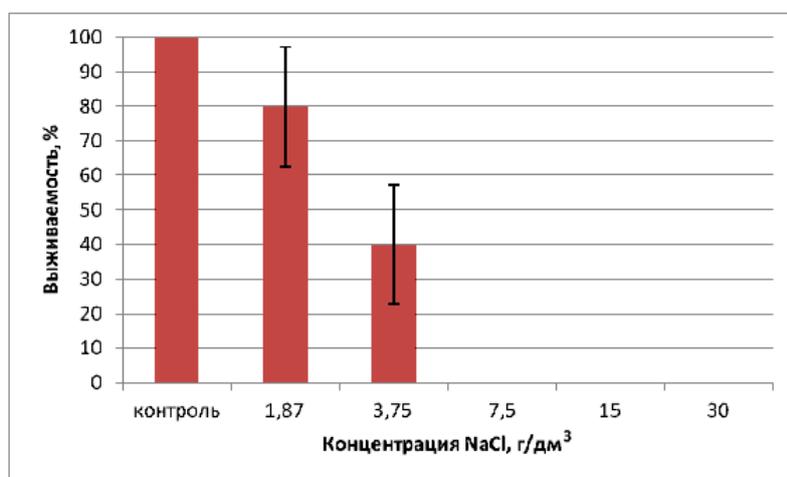


Рис. 4. Выживаемость дафний в средах с различными концентрациями NaCl

**Концентрации солей (г/л), подавляющие рост водоросли хлорелла (на 20%), длину корня и стебля прорастающих семян овса (на 50%) и выживаемость рачков (на 50%)**

Соли	Хлорелла	Овес		Дафнии
		корень	стебель	
NaCl	3,89	< 1	< 1	3,15
KCl	8,07	2,40	2,63	
MgCl <sub>2</sub>	> 16	< 0,5	1,56	
KCl+MgCl <sub>2</sub>	9,44	0,69	0,90	

Данные, представленные в таблице показывает, что исследуемые пресноводные организмы могут быть восприимчивы к солевым растворам даже в концентрациях ниже той (6 г/л), что указана в приказе Минприроды России [3].

Таким образом, соли в составе высокоминерализованных отходов сами по себе представляют серьезную угрозу для пресноводных организмов, как суши, так и водных объектах. Поэтому считаем, что при установлении класса опасности таких отходов методом биотестирования водных вытяжек следует использовать пресноводные тест-объекты.

#### Литература

1. Сулакшин С. С., Чубик П. С. Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ. Томск: НИ ТПУ, 2011. 367 с.
2. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин. В 2-х томах / Под ред. Е. А. Козловского. Т. 2. М.: Недра, 1984. 437 с.
3. Об утверждении критериев отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду: Приказ Минприроды России от 4 дек. 2014. № 536. 2015. 11 с.
4. Григорьев Ю. С. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 / Т 16.1:2:2.3:3.7-04. М., 2004. 36 с. (издание 2014).
5. Григорьев Ю. С., Шашкова Т. Л. Методика измерений количества *Daphnia magna* Straus для определения острой токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.12-06 / Т 16.1:2:2.3:3.9-06. М., 2006. 42 с. (издание 2014)

## СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИОННОГО СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В РОДНИКОВОЙ ВОДЕ (НА ПРИМЕРЕ ДВУХ РОДНИКОВ г. КИРОВА)

*С. Г. Скугорова*<sup>1,2,3</sup>, *И. А. Домрачев*<sup>4</sup>, *Л. И. Домрачева*<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup> *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*  
<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*  
<sup>3</sup> *Вятский государственный университет, skugoreva@mail.ru*  
<sup>4</sup> *Кировский лицей естественных наук,*

В любых природных экосистемах, включая водные, постоянно происходят динамические колебания химического состава и численности микроорганизмов, обусловленные совокупностью абиотических и биотических факторов. Одним из наиболее любимых жителями г. Кирова парков является парк им. Кирова с красивым родником около Диорамы. Большой популярностью у жителей и гостей города пользуется и родник у Трифонова монастыря, вода из него считается «святой» и используется для омовения и питья.

Целью работы было изучить сезонные изменения ионного состава и содержания микроорганизмов в воде из родников у Диорамы и Трифонова монастыря, а также из природниковых водоемов.

Пробы родниковой воды для проведения микробиологического и химического анализов неоднократно отбирали в течение 2016–2017 гг. Определение массовой концентрации ионов в воде проводили методом ионной хроматографии на хроматографе «Стайер» [1, 2], водородный показатель измеряли потенциометрически на рН-метре-иономере «Эксперт-001», электропроводность – на кондуктометре «Cond 340i» [3]. Микробиологический анализ воды проводили методом глубинного посева на среду МПА (мясо-пептонный агар) в трехкратной повторности.

В ходе анализа воды на содержание ионов были получены следующие данные (табл.). По уровню кислотности родниковую воду можно отнести к слабощелочной, водородный показатель изменялся от 7,2 до 8,3 ед., что в пределах норматива [4]. Для родника и водоема у Трифонова монастыря показатель был немного выше в октябре 2016 г. и июне 2017 г., у Диорамы – в марте 2017 г. По сравнению с родниками в природниковых водоемах, в целом, отмечали более щелочную реакцию среды.

По электропроводности воды оценивали общее содержание важнейших неорганических ионов. Значения электропроводности воды варьировали от 574 до 1386 мкСм/см. Для водных источников у Трифонова монастыря максимум электропроводности отмечали в июне, минимум – в марте 2017 г. Для родника и водоема у Диорамы наибольшая электропроводность определена в марте и июне 2017 г.

Содержание ионов натрия в исследуемой воде колебалось не сильно и составляло 39–61 мг/л. Различий в концентрации  $\text{Na}^+$  по сезонам не выявлено. По сравнению с другими ионами концентрация катионов калия во всех про-

бах была невелика и изменялась в пределах от 1,69 до 3,4 мг/л. Несколько большее по сравнению с другими сезонами количество  $K^+$  установлено в октябре 2016 г.

Содержание  $Mg^{2+}$  во всех пробах не превышало ПДК. Для родника и водоема у Трифонова монастыря концентрация магния во все сезоны была достаточно стабильной величиной, изменяясь в пределах погрешности методики (41–50 мг/л). В роднике у Диорамы содержание магния в июне и октябре было в 1,6 раза выше, чем в другие сезоны.

Таблица

**Ионный состав воды из родников и природниковых водоемов**

Расположение	Объект	Э	pH	$Na^+$	$K^+$	$Mg^{2+}$	$Ca^{2+}$	Ж	$Cl^-$	$NO_3^-$	$SO_4^{2-}$	
Трифонов монастырь	Р	1	1043	7,6	48±7	2,02±0,30	41±4	149±15	<b>10,8</b>	54±5	<b>51±8</b>	105±11
		2	1043	7,5	59±9	1,69±0,25	41±4	123±12	<b>9,5</b>	50±5	<b>45±7</b>	106±11
		3	666	7,4	58±9	2,30±0,35	40±4	123±12	<b>8,2</b>	58±6	<b>50±8</b>	101±10
		4	1063	7,6	54±8	1,90±0,28	49±5	131±13	<b>10,6</b>	50±5	<b>53±8</b>	117±12
	В	1	1050	7,8	57±9	2,9±0,4	41±4	149±15	<b>10,8</b>	58±6	44±7	109±11
		2	1023	7,4	61±9	1,75±0,26	43±4	127±13	<b>9,9</b>	47±5	42±6	99±10
		3	665	7,5	59±9	1,81±0,27	41±4	123±12	<b>8,2</b>	49±5	43±7	100±10
		4	1063	7,9	54±8	1,83±0,27	50±5	133±13	<b>10,8</b>	50±5	<b>53±8</b>	117±12
Диорама	Р	1	644	7,2	44±7	2,35±0,35	26,3±2,6	133±13	<b>8,8</b>	62±6	<b>95±14</b>	77±8
		2	574	7,8	41±6	1,73±0,26	16,2±1,6	68±7	4,7	27,0±2,7	19,6±2,9	35,4±3,5
		3	1023	7,9	39±6	1,92±0,29	16,4±1,6	61±6	3,9	24,2±2,4	19,1±3,0	39±4
		4	821	7,6	45±7	1,76±0,26	26,6±2,7	100±10	7,2	51±5	<b>81±12</b>	77±8
	В	1	627	7,7	40±6	3,4±0,5	19,6±2,0	97±10	6,5	36±3,6	27±4	73±7
		2	579	7,6	42±6	1,84±0,28	16,6±1,7	68±7	4,8	27,8±2,8	19,0±2,8	38,6±3,9
		3	1026	8,1	42±6	1,93±0,29	19,0±1,9	79±8	4,9	37±3,7	43±7	50±5
		4	1386	8,3	45±7	1,90±0,28	26,2±2,6	97±10	7,0	50±5	<b>79±12</b>	76±8
Норматив		–	6–9	200	–	50	–	7	350	45	500	

Примечание: Р – родник, В – природниковый водоем, 1 – октябрь 2016 г., 2 – январь 2017 г.; 3 – март 2017 г., 4 – июнь 2017 г., Э – электропроводность, мкСм/см; pH – показатель кислотности, в относительных единицах (погрешность 0,1 ед.); Ж – общая жесткость (определена расчетным методом), ммоль/л; для ионов приведена массовая концентрация в мг/л; жирным шрифтом выделены значения, превышающие норматив.

Концентрация  $Ca^{2+}$  во всех пробах была выше по сравнению с другими катионами, она составила 61–149 мг/л. Максимальные количества ионов кальция определены в родниковой воде в октябре 2016 г. [5], минимальные – в марте 2017 г. Особенно резки были сезонные различия (в 1,4–2,2 раза) в содержании  $Ca^{2+}$  в роднике и природниковом водоеме у Диорамы.

В пробах воды, отобранных у Трифонова монастыря, общая жесткость воды составила 8,2–10,8 ммоль/л, что выше норматива для питьевой воды в 1,2–1,5 раза. Наиболее «мягкой» является вода у Диорамы, исключение со-

ставила проба, отобранная из родника в октябре 2016 г. Максимальные значения жесткости для источников характерны для октября и июня.

Содержание хлорид-ионов во всех пробах было не высоко, варьировало в пределах от 24,2 до 62 мг/л, что ниже норматива в 15 и 5,6 раза соответственно. Концентрация сульфат-ионов в пробах воды колебалась в более широких пределах: от 35,4 до 117 мг/л, но также была в пределах ПДК.

Содержание нитратов в октябрьских и июньских пробах воды из родников превышало ПДК для питьевой воды до 2,1 раза. Наиболее резкие изменения в содержании анионов по сезонам установлены для родника у Диорамы: значения в октябре и июне были в 2–5 раза выше, чем в марте и январе.

В целом, ионный состав родниковой воды и воды из водоемов, в которые она попадает, идентичен. Однако, в октябре концентрации ионов кальция, хлорид- и нитрат-ионов в роднике у Диорамы были выше в 1,4–3,5 раза, чем в водоеме, в связи с чем можно предположить, что родниковая вода загрязнена [5].

В ходе микробиологического анализа установлено, что родниковая вода у Диорамы содержит больше МО, чем у Трифонова монастыря (рис.). Максимальные значения численности МО в роднике у Диорамы выявлены в феврале, в роднике у Трифонова монастыря – в июне 2017 г.; минимальные – в январе 2017 г. Отмечали большую численность МО в пробах из природниковых водоемов по сравнению с родниками. В наибольшей степени это было характерно для источников у Диорамы. Так, в январе 2017 г. численность МО в водоеме была в 277 раз выше, чем в роднике [6]. Причиной может быть загрязнение воды продуктами жизнедеятельности диких уток, весь год обитающих в пруду у Диорамы.

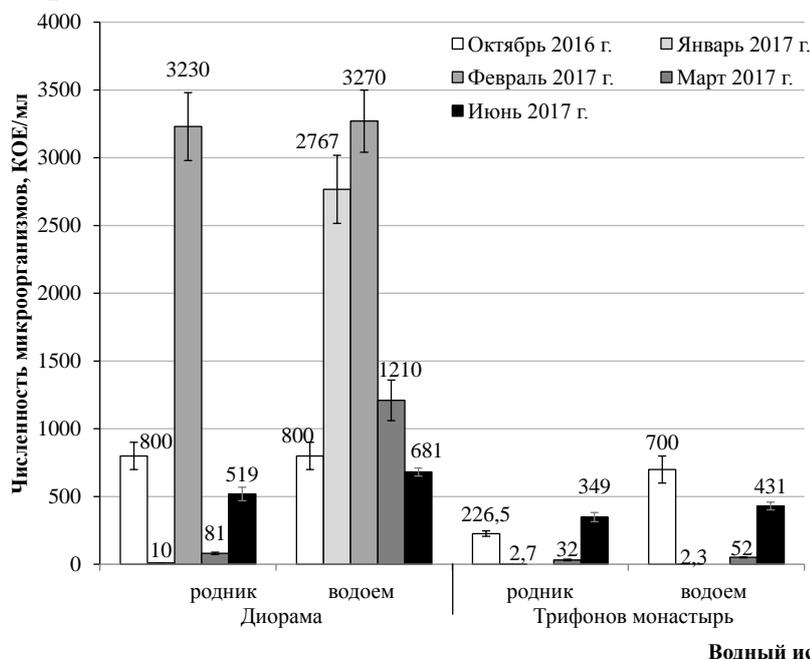


Рис. Численность микроорганизмов в роднике и водоеме у Диорамы и Трифонова монастыря в различные сроки наблюдения (КОЕ/мл)

Примечание: в феврале 2017 г. численность МО в водных источниках у Трифонова монастыря не исследовали.

В январе и марте исследуемая родниковая вода относится к категории качества природных вод «предельно чистая» (до 500 КОЕ/мл) и соответствует качеству питьевой воды «хорошая» (до 100 КОЕ/мл). В октябре и в июне вода из родника у Трифонова монастыря «предельно чистая» и «допустима к употреблению» (100–500 КОЕ/мл). Пробы воды из родника Диорамы, отобранные в октябре, феврале и июне следует отнести к «удовлетворительно чистой воде» (500–1000 КОЕ/мл) и к «недопустимой к употреблению без кипячения воде» (> 500 КОЕ/мл).

Таким образом, в содержании большинства исследованных ионов наблюдается годовая динамика. В январе в пробах содержание ионов калия, магния, кальция, хлорид-, нитрат- и сульфат-ионов в октябре и июне выше, чем в январе и марте. Наиболее стабильным ионным составом отличается вода родника у Трифонова монастыря, наименее – вода родника у Диорамы. В основном, природниковые водоемы мало отличаются по ионному составу от родников.

В ходе микробиологического анализа установлено, что численность МО в природниковых водоемах выше, чем в родниках. Максимальные значения численности МО в роднике у Диорамы выявлены в феврале, в роднике у Трифонова монастыря – в июне 2017 г.; минимальные – в январе 2017 г.

Таким образом, невысокое содержание неорганических ионов и низкие температуры в январе приводили к снижению содержания МО в родниковой воде.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.*

#### Литература

1. РД 52.24.495-2005. Водородный показатель и удельная электрическая проводимость вод. Методика выполнения измерений электрометрическим методом. М.: Росгидромет, 2005. 18 с.
2. ФР.1.31.2008.01724. Методика выполнения измерений массовой концентрации фторид-, хлорид-, нитрат-, фосфат- и сульфат-ионов в пробах питьевой, минеральной, столовой, лечебно-столовой, природной и сточной воды методом ионной хроматографии. М.: НПКФ Аквилон, 2008. 16 с.
3. ФР.1.31.2008.01738. Методика выполнения измерений массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, магния, кальция и стронция в пробах питьевой, минеральной, столовой, лечебно-столовой, природной и сточной воды методом ионной хроматографии. М.: НПКФ Аквилон, 2008. 16 с.
4. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Минздрав России Москва 2003. 100 с.
5. Скугорева С. Г., Домрачев И. А., Домрачева Л. И., Фокина А. И. Химический состав и содержание микроорганизмов в воде из родников г. Кирова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ООО Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 310–315.

6. Скугорева С. Г., Домрачев И. А., Домрачева Л. И. Осенне-зимняя динамика ионного состава и содержания микроорганизмов в воде из родников г. Кирова // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2017. С. 104–108.

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ Г. КИРОВА МЕТОДАМИ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И БИОДИАГНОСТИКИ**

*С. Г. Скугорева<sup>1,2,3</sup>, Л. И. Домрачева<sup>1,2</sup>,  
М. А. Бушковская<sup>1</sup>, Л. В. Трефилова<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

*<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

*<sup>3</sup> Вятский государственный университет,  
skugoreva@mail.ru, mariya.zhevlakova@mail.ru*

В настоящее время на территориях городов формируются урбанозёмы, которые отличаются от естественных почв структурой и выполняемыми функциями [1]. Урбанозёмы характеризуются крайне неоднородным составом, смещением горизонтов и значительной степенью загрязнения [2]. Наиболее загрязнены урбанозёмы вблизи крупных автомагистралей и промышленных предприятий, наименее – в парках и в селитебной зоне. Для более полного экологического мониторинга урбанозёмов, наряду с химическим анализом, целесообразно проводить их биотестирование и биоиндикацию.

Целью работы было дать оценку состояния почв г. Кирова методами химического анализа и биодиагностики.

Объектами исследования были образцы урбанозёмов г. Кирова, отобранные на территориях с различной антропогенной нагрузкой с различной удалённостью друг от друга (рис.). Отбор образцов проводили 2 октября 2016 г. с участков г. Кирова, расположенных в транспортной (1–4), селитебной (5), парковой (6, 7) и промышленной зонах (8).

Отбор образцов производили из верхнего горизонта урбанозёмов с глубины 0–5 см. В ходе химического анализа почв определяли кислотность солевой вытяжки потенциометрическим методом [3], содержание подвижного фосфора – методом Кирсанова в модификации ЦИНАО [4] и нитратного азота – методом ЦИНАО [5]. Кроме того, проводили измерение концентрации неорганических ионов (ионов натрия, аммония, калия, магния, кальция, хлорид-, нитрат-, фосфат- и сульфат-ионов) в почвенной вытяжке (соотношение почва : дистиллированная вода равно 1:4 [6] методом ионной хроматографии на хроматографе «Стайер» [7, 8].

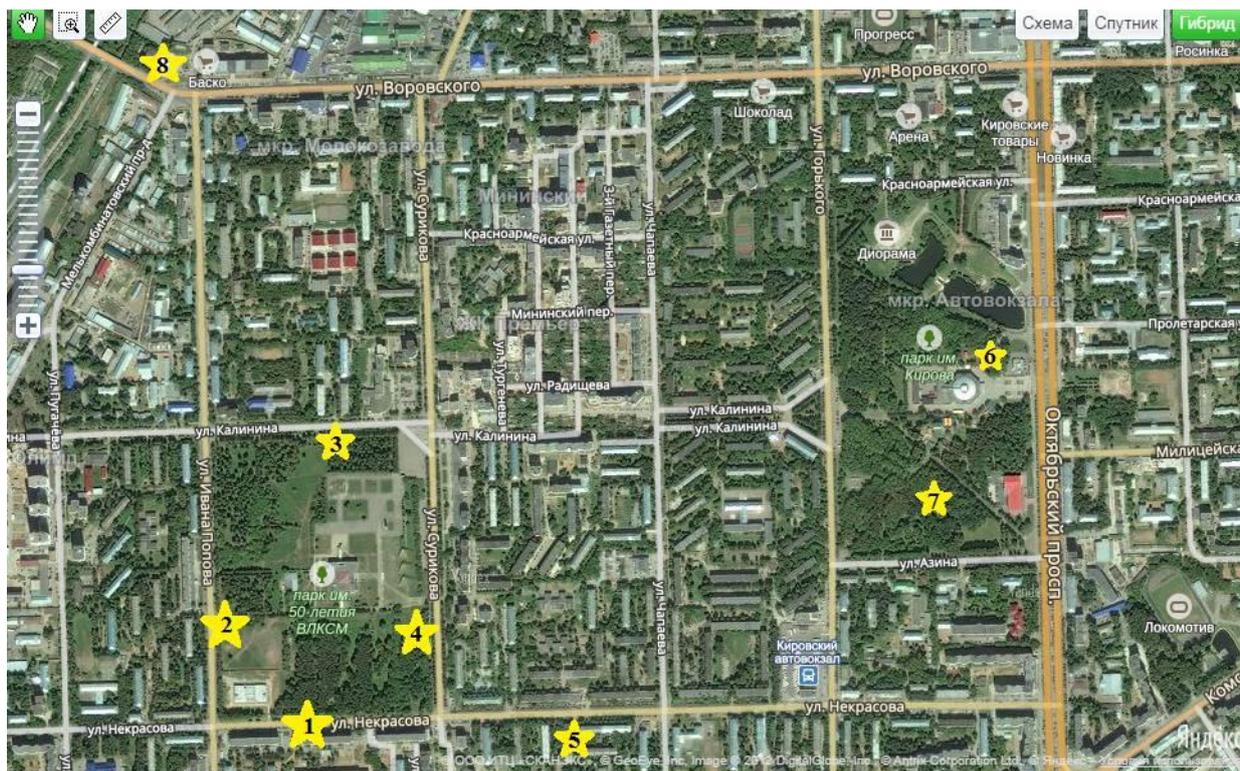


Рис. Карта-схема участков отбора проб почв в г. Кирове

Для биотестирования почвенной вытяжки в качестве тест-организмов использовали проростки редиса *Raphanus sativus* сорта Жара. Проверяемой тест-функцией служила длина корня и эффект торможения/стимуляции. Для определения степени токсичности проб почвенной вытяжки измеряли среднюю длину корня 3-х дневных проростков редиса. Эффект торможения/стимуляции (Е) рассчитывали по формуле:

$E = (D_k - D_o) / D_k \cdot 100\%$ , где  $D_k$  и  $D_o$  – длина корня в контроле и в опытном варианте.

В качестве контроля для биотестирования использовали артезианскую воду «Ключ здоровья».

Для анализа состояния гетеротрофной микрофлоры образцов урбаноzeмов использовали метод количественного учета путем посева почвенных разведений на 3 агаризованные питательные среды – питательный агар (ПА) для учёта бактерий-аммонификаторов, среду Эшби – для учёта азотфиксаторов и среду Чапека – для учёта микромицетов. Посев проводили в 3-кратной повторности.

В ходе химического анализа были получены следующие результаты (табл. 1).

Содержание нитратного азота в образцах урбаноzeмов варьировало в широких пределах: от 0,97 до 22,9 мг/кг. Образцы, отобранные с участков № 1–3 и 6, характеризовались очень низким (< 10 мг/кг), образец с участка № 8 – средним (15–20 мг/кг), образцы участков № 4, 5, 7 – высоким уровнем обеспеченности азотом для растений (> 20 мг/кг).

Содержание подвижного фосфора в урбанозёмах колебалось в пределах от 74 до 590 мг/кг. Образцы с участков № 1 и 3–8 можно классифицировать по уровню обеспеченности фосфором как высоко, а с участка № 2 – как среднеобеспеченный для растений (51–100 мг/кг).

Таблица 1

**Показатель кислотности, содержание нитратного азота  
и подвижного фосфора в почвах**

№ участка	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	pH <sub>KCl</sub> <sup>*</sup>
1	6,09±0,06	260±50	7,0
2	0,97±0,19	74±15	7,1
3	21,6±1,6	210±40	7,0
4	9,2±0,7	230±50	6,9
5	3,6±0,7	200±40	6,7
6	8,6±0,6	440±90	6,6
7	22,9±1,7	590±120	6,0
8	12,0±0,9	161±32	7,1

Примечание: \* – измерения кислотности выполнены с отклонением результатов повторных измерений от среднего арифметического не более 0,1 ед. рН.

По кислотности солевой вытяжки образцы урбанозёмов различались не сильно – в пределах 1 ед. рН. Реакцию среды можно охарактеризовать как нейтральную.

В ходе хроматографического анализа определяли ионный состав состава почвенных вытяжек (1:4) из образцов урбанозёмов (табл. 2).

Концентрация ионов натрия в почвенной вытяжке из образцов урбанозёмов с разных участков изменялась от 1,28 до 10,1 мг/л. Меньшим пределом колебаний значений характеризовалось содержание ионов аммония. Максимальные количества ионов натрия и аммония установлены в вытяжке образца № 2.

Наибольшие значения концентрации ионов калия в почвенной вытяжке определены в образцах с участков № 6 и 7, расположенных в парке им. Кирова. Содержание ионов магния, кальция и хлорид-ионов были относительно высокими на участках № 2 и 3, расположенных вблизи автодорог.

Концентрация нитрат-ионов варьировала в широких пределах: от 3,4 до 20,4 мг/л. Максимальные количества нитратов обнаружены в почвенной вытяжке образцов № 3 и 7. Значения по содержанию нитратов, полученные хроматографическим методом [7], хорошо коррелируют со значениями, полученными спектрофотометрическим методом [5].

Концентрации сульфат-ионов колебались от 0,54 до 4,9 мг/л. Фосфат-ионы определены только в образцах № 6 и 7, их содержание составило 3,77±0,38, и 6,7±0,7 мг/л соответственно.

Таким образом, низко обеспеченным для растений подвижным фосфором, нитратным азотом, ионами калия оказался образец с участка № 2, расположенного в транспортной зоне (рядом с ул. Попова). Однако, в данном об-

разце отмечали относительно высокое содержание ионов натрия, аммония, кальция, хлорид- и сульфат-ионов. Самым высоко обеспеченным элементами питания был образец из рекреационной зоны (участок № 7 в парке им. Кирова).

Таблица 2

**Содержание неорганических ионов (мг/л) в почвенной вытяжке**

№ участ-ка	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	4,1±0,6	2,82±0,28	7,3±1,1	2,5±0,10	18,3±1,8	2,96±0,30	6,7±1,0	2,78±0,28
2	<b>10,1±1,5</b>	<b>5,5±0,6</b>	6,0±0,9	2,8±0,6	<b>21,3±2,1</b>	<b>4,3±0,4</b>	3,4±0,5	<b>4,9±0,5</b>
3	3,6±0,7	<b>5,2±0,5</b>	8,6±1,3	<b>3,6±0,7</b>	23,2±2,3	<b>4,9±0,5</b>	<b>20,4±3,1</b>	2,44±0,24
4	5,4±0,8	2,54±0,25	9,3±1,4	1,66±0,33	19,8±2,0	2,46±0,25	10,4±1,6	4,2±0,4
5	1,28±0,19	4,4±0,4	3,97±0,6	1,48±0,30	10,4±1,0	1,58±0,16	6,1±0,9	0,54±0,05
6	2,29±0,34	2,08±0,21	<b>14,1±2,1</b>	1,77±0,35	12,0±1,2	3,68±0,37	12,7±1,9	1,87±0,19
7	4,3±0,6	1,92±0,19	<b>24,3±0,7</b>	2,3±0,5	13,7±1,4	1,64±0,16	15,6±2,3	<b>4,6±0,5</b>
8	2,48±0,37	1,79±0,18	5,9±0,9	2,0±0,4	19,9±2,0	2,41±0,24	9,1±1,4	2,34±0,23

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные значения.

Кроме химического анализа, проводили биоиндикацию и биотестирование образцов урбаноземов и почвенной вытяжки. Отмечали эффект стимуляции роста корня 3-х дневных растений редиса для почвенных вытяжек из образцов участков № 1, 2, 4, 6 и 7 (табл. 3). Для других вариантов различий с контролем по длине корня проростков редиса не было установлено.

Таблица 3

**Влияние почвенной вытяжки на длину корня  
3-х дневных проростков редиса**

№ участка	Длина корня редиса, см	Эффект стимуляции
1	9,7±0,7	<b>1,5</b>
2	8,8±0,6	<b>1,4</b>
3	7,0±0,7	1,1
4	9,8±0,7	<b>1,6</b>
5	6,8±0,7	1,1
6	10,7±0,9	<b>1,7</b>
7	9,5±0,8	<b>1,5</b>
8	6,1±0,7	1,0
Контроль	6,3±0,4	1,0

Примечание: в таблице приведены средние арифметические значения и ошибки средних.

Микробиологический анализ отобранных образцов урбаноземов показал, что существуют значительные колебания численности всех групп исследованных микроорганизмов (МО). Так, в группе аммонификаторов максимальные показатели выявлены на участках №№ 5 и 6, расположенных в сели-тебной и парковой зонах, численность МО составила 2,6 и 1,1 млн КОЕ/г соответственно. На всех остальных участках, кроме участка № 4, численность гнилостных бактерий лежит в пределах от 300 до 400 тыс. КОЕ/г почвы. Ка-

кой-либо корреляции с результатами химического анализа или фитотестирования в данном случае не прослеживается.

В группе азотфиксаторов максимум численности (1,4 и 1,1 млн КОЕ/г соответственно) зарегистрирован на участках № 2 (транспортная зона) и № 5 (селитебная зона). Разброс результатов по численности азотфиксаторов на остальных участках значительный – от 160 тыс. до 970 тыс. КОЕ/г. При этом колебания численности азотфиксаторов по разным зонам города значительно сильнее, чем для аммонификаторов. Максимальные показатели численности азотфиксаторов на участках № 2 и 5 (табл. 4) совпадают с минимальным содержанием нитратного азота в почве (табл. 1).

Самой малочисленной группой из исследованных групп МО городских почв оказались грибы. Их невысокая численность (16–60 тыс. КОЕ/г) свидетельствует о малой обеспеченности исследуемых урбаноземов свежим органическим веществом.

Таблица 4

**Численность различных групп микроорганизмов в городских почвах  
(КОЕ/г · 10<sup>3</sup>)**

№ участка	Аммонификаторы	Азотфиксаторы	Грибы	Общая численность
1	420±10	617±66	20±1	1057
2	387±58	<b>1440±82</b>	61,7±2,1	1888,7
3	330±45	350±17	23,3±2,5	703,3
4	823±46	917±144	54,7±3,0	1794,7
5	<b>2560±289</b>	<b>1140±175</b>	25,7±3,1	3725,7
6	<b>1103±49</b>	670±50	60±6,1	1833
7	327±55	403±55	16±1,4	746
8	380±26	160±10	16,3±2,5	556,3

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные значения.

Подтверждением разнокачественности микробных комплексов изучаемых урбаноземов служат показатели их структуры (табл. 5). На всех участках минорный компонент – микромицеты, чей вклад в структуру микробоценозов не превышает 3,3%. В то же время наблюдается сдвиг доминирования от аммонификаторов к азотфиксаторам на отдельных участках. Пик доминирования аммонифицирующих бактерий (более 68%) отмечается на участках № 5 и 8, расположенных в селитебной и промышленной зонах. Пик доминирования азотфиксаторов (более 76%) установлен на участке № 2 (транспортная зона).

Таблица 5

**Структура микробных комплексов городских почв (%)**

№ участка	Аммонификаторы	Азотфиксаторы	Грибы
1	39,7	58,4	1,9
2	20,5	<b>76,2</b>	3,3
3	46,9	49,8	3,3
4	45,8	51,1	3,1
5	<b>68,7</b>	30,6	0,7
6	<b>60,2</b>	36,5	3,3
7	43,8	54,0	2,2
8	68,3	28,8	2,9

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные значения.

Таким образом, впервые предпринятая попытка оценить состояние урбаноземов различных зон г. Кирова методами химического анализа, фитотестирования и микробной диагностики, оказалась неоднозначной.

По результатам химического анализа все исследованные образцы имеют кислотность близкую к нейтральной, что чрезвычайно благоприятно для высших растений и для изучаемых бактерий. По остальным показателям сделать какие-либо выводы о влиянии выявленных концентраций ионов на растения и МО не представляется пока возможным. Единственным исключением является феномен ярко выраженной вспышки размножения азотфиксаторов в почвах с минимальным содержанием нитратного азота.

Отличительной особенностью всех исследованных в данном опыте урбаноземов является низкое содержанием микромицетов, которое на несколько порядков ниже, чем в луговых и лесных почвах.

Вероятно, на развитие МО в урбаноземах может оказать существенное влияние такой неучтенный фактор, как загрязнение почвы различными поллютантами.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.*

#### Литература

1. Зыкова Ю. Н., Скугорева С. Г., Товстик Е. В., Ашихмина Т. Я. Подходы к оценке состояния городских почв методами биотестирования с использованием организмов различной систематической принадлежности и данных химического анализа // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 38–46.
2. Муха В. Д., Картамышев Н. И., Муха Д. В. Агрочесоведение. М.: КолосС, 2003. 529 с.
3. ГОСТ 26483-85. Приготовление солевой вытяжки и определение её рН по методу ЦИНАО. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 5 с.
4. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 2013. 7 с.
5. ГОСТ 26488-85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 1985. 4 с.
6. Биотест-системы для задач экологического контроля: Методические рекомендации по практическому использованию стандартизованных тест-культур / Под ред. В. А. Тереховой и др. М.: Доброе слово, 2014. 48 с.
7. ФР.1.31.2008.01724. Методика выполнения измерений массовой концентрации фторид-, хлорид-, нитрат-, фосфат- и сульфат-ионов в пробах питьевой, минеральной, столовой, лечебно-столовой, природной и сточной воды методом ионной хроматографии. М.: НПКФ Аквилон, 2008. 16 с.
8. ФР.1.31.2008.01738. Методика выполнения измерений массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, магния, кальция и стронция в пробах питьевой, минеральной, столовой, лечебно-столовой, природной и сточной воды методом ионной хроматографии. М.: НПКФ Аквилон, 2008. 16 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛИЧНЫХ СУБСТРАТОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗАВОДА ТЕХНИКОЛЬ

*А. Г. Рычагова<sup>1</sup>, В. А. Терехова<sup>1,2</sup>, М. Б. Пряженникова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,*

<sup>2</sup> *Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,  
rich.7.msu@gmail.com, maria.priazhennikova@mail.ru, vterekhova@gmail.com*

В современном мире постоянно разрабатываются новые технологии. Растущее население способствует развитию пищевой отрасли. Результатом этого является постоянная разработка новых, более эффективных способов выращивания культурных растений. Метод гидропоники удобен тем, что благодаря ему достигается урожайность, в два раза превышающая достигаемую при выращивании растений традиционным способом. Характерной чертой данной технологии является жесткий контроль за соблюдением всех методик. Любой недостаток используемых для выращивания сред сразу сказывается на качестве пищевого продукта. Поэтому производитель постоянно должен осуществлять мониторинг качества субстрата и питательного раствора. Для повышения урожайности, на производства поступают новейшие разработки по составу питательного раствора, оборудования и субстрата [1, 2].

Как только происходит нарушение баланса веществ, растения дают ответную реакцию, что влечет за собой убытки для производителя. В такой ситуации оказался один производитель, у которого возникли проблемы с технологией выращивания. Растения стали болеть и гибнуть, а урожай – падать. Изменения стали наблюдаться с переходом на новый субстрат и питательный раствор, которые поставляли две разные компании. Нашей задачей, как экологов, было выяснить, какие именно факторы оказывали токсичное воздействие. Актуальность работы с оценкой субстратов обусловлена производственной необходимостью установления экологической безопасности инновационных тепличных синтетических материалов и питательных растворов, которые используют потребители этой продукции в теплицах.

Исследуемый субстрат «Speland», производимый компанией «Техниколь», является инновационным продуктом. Основным сырьем для производства данного субстрата являются горные породы габбро-базальтовой группы. Благодаря этому, разработанный субстрат является экологически чистым, безопасным и натуральным сырьем.

Целью данной работы было исследовать токсичность и дать экологическую оценку тепличного субстрата и раствора, выяснить какие из этих факторов оказывают пагубное воздействие на растения.

В задачи входило определить фитостимулирующую активность субстрата, оценить экологическую токсичность сухого и напитанного питательным раствором субстрата, сделать заключение по итогам проделанной работы.

Экспериментальная часть заключалась в постановке опытов по биотестированию на стандартных тест-организмах *Ceriodaphnia affinis*, *Paramecium caudatum*, *Raphanus sativa*.

Для точного определения токсичности материалов, были исследованы следующие материалы:

– субстрат сухой (кубики для рассады, маты для выращивания растений);

– субстрат влажный (напитанный питательным раствором из-под растений, промытый и не промытый культивационной водой),

– питательный раствор (раствор, содержащий питательные элементы, используемые в теплице).

Определение токсичности проводилось по методикам:

1. Экспериментальная оценка токсичности – методы биотестирования с использованием цериодафний и инфузорий.

2. Оценка фитостимулирующего эффекта на проростки семян высших растений *Raphanus sativa* [3, 4].

Для выявления токсичности материалов, было проведено разбавление в следующих кратностях: 1, 2, 10 и 100. Результаты биотестирования показали, что пробы сухого субстрата и субстрата, промытого культивационной водой, нетоксичны по отношению к гидробионтам и оказывают слабо стимулирующий эффект на рост корней растений (табл.).

Таблица

**Результаты биотестирования субстрата и питательного раствора**

Вариант	Кратность разведения пробы	Показатель		
		выживаемость особей <i>Ceriodaphnia affinis</i> , % контроля	выживаемость особей <i>Paramecium caudatum</i> , % контроля	длина корней проростков <i>Raphanus sativa</i> , отклонение от контроля, %
1	2	3	4	5
Сухой суб- страт	1	-5,0	2,7	3,5
	2	0	–	–
	10	0	–	–
	100	0	–	–
Промытый субстрат	1	-9,44	-5,0	9,5
	2	0	–	–
	10	0	–	–
	100	0	–	–
Субстрат, напитанный питательным раствором (томаты)	1	-95,0	-26,7	-35,0
	2	-25,0	0	–
	10	0	0	–
	100	0	0	–

## Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Субстрат, напитанный питательным раствором (огурцы)	1	-100,0	-36,6	+18,7
	2	-85,0	-22,4	-
	10	0	0	-
	100	0	0	-
Питательный раствор (томаты)	1	-100,0	-2,78	-72,3
	2	-100,0	-	-
	10	-20,0	-	-
	100	0	-	-
Питательный раствор (огурцы)	1	-100,0	-59,7	-97,0
	2	-30,0	-22,4	-72,3
	10	0	0	-
	100	0	0	-

Однако исследование проб субстрата, напитанного питательным раствором, предназначенным для выращивания томатов, выявило токсическое влияние на тест-культуры и ингибирующий эффект на рост корней растений.

Токсическое влияние пробы было выявлено и при исследовании образцов субстрата, напитанного питательным раствором, предназначенным для выращивания огурцов.

Оценка проб питательного раствора без субстрата выявила токсическое влияние на тест-культуры и подавляющий эффект на рост корней растений.

Таким образом, в результате проведенных испытаний был выявлен слабый стимулирующий эффект на проростки высших растений сухих и промытых водой проб субстрата, а также ингибирующий эффект питательного раствора и напитанных им проб.

Проведение биотестирования позволило сделать вывод об отсутствии токсичности сухих проб субстрата «Speland», однако выявило негативное влияние на тест-культуры питательного раствора.

Полученные данные позволяют сделать вывод о безопасности использования искусственного субстрата и возможном нарушении пользователями технологии приготовления питательного раствора.

### Литература

1. Powerhouse hydroponics. <http://www.powerhousehydroponics.com/category/hydroponic-technology/>
2. Citycrop automated indoor farming. <https://www.citycrop.io/category/technology/>
3. ФР.1.39.2006.02506. ПНД Ф Т 14.1:2:3.13-06 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.10-06) Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* Ehrenberg. Организации-разработчики: МГУ имени М. В. Ломоносова (ЛЭТАП). Авторы: А. А. Рахлеева, В. А. Терехова.
4. ФР.1.39.2007.04104. ПНД Ф Т 16.3.12-07. Методика определения токсичности золошлаковых отходов методом биотестирования на основе выживаемости парамеций и цериодафний. Организации-разработчики: МГУ имени М. В. Ломоносова (ЛЭТАП), ОАО «Всероссийский теплотехнический институт». Авторы: В. А. Терехова, Э. П. Дик, А. А. Рахлеева, А. Н. Соболева, В. М. Вавилова.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТОРФА И ТОРФОГЕЛЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ТОКСИЧНОСТИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

*В. Р. Бобрецова, А. С. Олькова*

*Вятский государственный университет, valeria.b.r@mail.ru*

Углеродородное загрязнение – одно из самых распространенных видов воздействия на окружающую среду. Добыча нефти, ее переработка, использование нефтепродуктов (НП) сопровождаются загрязнением почв в виде разливов, выбросов автотранспорта, локализации отходов нефтяной промышленности. С увеличением численности автотранспорта на территории городов значительно увеличивается количество автозаправочных станций, что, в свою очередь, повышает вероятность возникновения разливов нефтепродуктов [1]. Загрязнение почв нефтью в местах ее добычи, переработки, транспортировки и распределения превышает фоновое в десятки и более раз. Результаты исследования содержания НП в почвах некоторых городов России в среднем составляют: для Москвы 5–5100 мг/кг, Нижнего Новгорода – 726–6270 мг/кг, Самары – 1750–13950 мг/кг, в местах нефтедобычи в Казахстане содержание достигает 86000 мг/кг, при фоновом уровне нефтепродуктов для недобывающих нефть районов 40 мг/кг (по данным федерального портала [www.protown.ru](http://www.protown.ru) и [2]).

Естественное самоочищение почв от нефтяного загрязнения является длительным процессом – от одного до нескольких десятилетий при уровне загрязнения 5 г/кг почвы [3]. В этой связи очень актуальна разработка экологически безопасных и экономически обоснованных мероприятий, направленных на интенсификацию процессов биологической очистки и восстановления плодородия почв.

Цель исследования – провести серию модельных экспериментов по исследованию сорбционных свойств торфа и биоремедиационных свойств торфогеля в отношении нефтезагрязненных почв.

Почва для модельного эксперимента отбиралась в осенний период 2016 г. на суходольных лугах в районе с. Бобино. Выбранный участок находится вдалеке от крупных автотрасс, промышленных объектов и не используется для сельскохозяйственных целей. Моделирование происходило посредством добавок к тестируемой почве определенных доз НП и испытуемых добавок. В качестве нефтепродукта использовался бензин марки АИ-95 в следующих дозировках: 1%, 5%, 10% от тестируемой почвы (в расчете на сухую массу).

В качестве первого сорбента использовали торф (50% от сухой массы), добываемый в Кировской области (пос. Зенгино). Известно что, торф обладает значительной нефтеемкостью (6–10 г нефти/г сорбента), гидрофобностью, неограниченным сроком консервации нефти в объеме сорбента [4]. Верховой торф с пос. Зенгино ранее использовался для сельскохозяйственных целей, в настоящее время его сорбционные свойства в отношении НП не изучены.

В качестве второй субстанции для биоремедиации почв использовали торфогель – инновационный перспективный препарат, получаемый непосредственно из торфа. Торфогель представляет собой концентрат в виде гомогенной суспензии темно-коричневого цвета, в состав которого входят более 30 элементов минеральных и органических веществ, включая основные микроэлементы. Торфогель применяется как стимулятор роста, протравитель семян, минеральная подкормка растений, восстановитель плодородного слоя почв, иммуномодулятор для больных растений, однако, в качестве препарата для снижения токсических эффектов нефтепродуктов применялся впервые.

Контрольные и опытные образцы почвы в описанных вариантах закладывались в пластиковые химически инертные контейнеры объемом 2000 мл и выдерживались 30 дней.

Полученные после модельного периода воздействия образцы прошли проверку по выявлению ответных реакций тест-организмов *Paramecium caudatum* [5] и бактерий тест-системы «Эколюм» на основе *Escherichia coli* [6]. Результаты отражены в таблице.

Во всех случаях пробы оказывали стимуляцию биолюминесценции бактерий: получены отрицательные индексы токсичности (табл.). По данным таблицы видно, что в пробах с бензином (№№ 1, 2, 3) стимуляция бактериального свечения значительно ниже по сравнению с пробами, в которых присутствуют сорбенты. Сравнивая опытные данные с контрольными, приходим к выводу, что нефтепродукты угнетали тест-функцию, а добавки испытываемых сорбентов возвращали токсикологический показатель к контрольному уровню (рис. 1). При этом, согласно методике [5], независимо от величины отрицательного значения (Т), индекс токсичности принимается за нулевое значение и делается вывод об отсутствии токсичности образца.

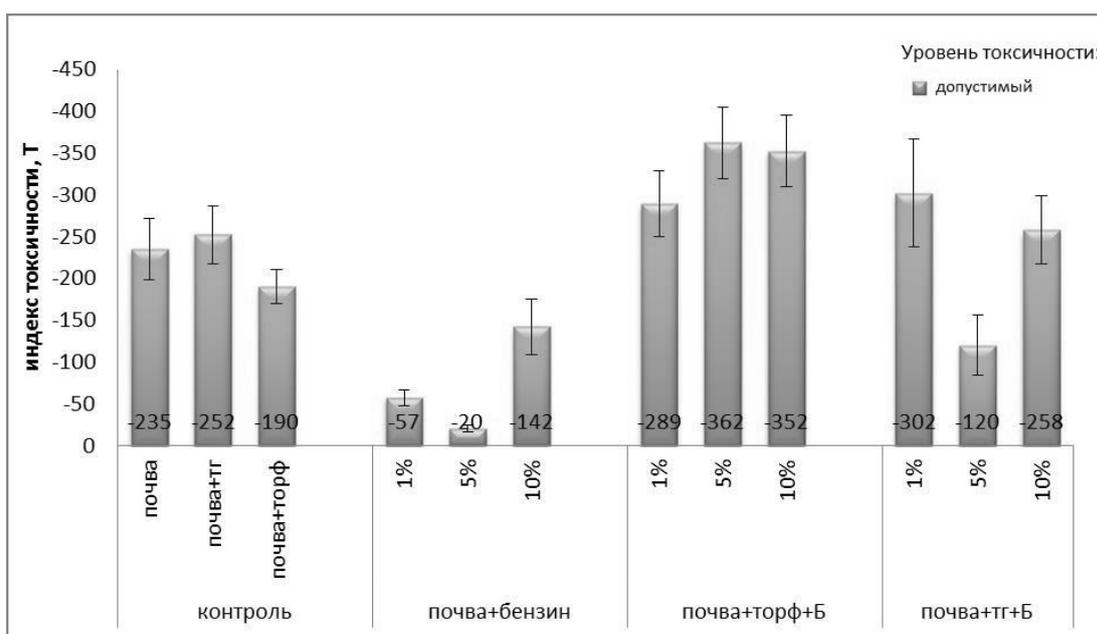


Рис. 1. Результаты биотестирования по тест-системе «Эколюм»

Таблица

## Сравнение токсикологических свойств нефтезагрязненных почв с добавками торфа и торфогеля

Результаты исследования по тест-системам	Варианты											
	контрольные образцы			добавки бензина			сорбент – торф			сорбент – торфогель		
	почва	почва+тг	почва+торф	почва+бензин 1%	почва+бензин 5%	почва+бензин 10%	почва+торф+Б1%	почва+торф+Б 5%	почва+торф+Б10%	почва+тг+Б1%	почва+тг+Б 5%	почва+тг+Б10%
Эколюм												
Индекс токсичности, Т	-235±37	-252±35	-190±21	-57±9	-20±4	-142±33	-289±39	-362±43	-352±43	-302±64	-120±36	-258±41
Оценка результата	не токсична											
<i>Paramecium caudatum</i>												
Индекс токсичности, Т	0,006±0,0015	0,15±0,01	0,24±0,02	0,29±0,02	0,41±0,03	0,79±0,15	0,28±0,02	0,31±0,02	0,36±0,03	0,21±0,01	0,35±0,02	0,30±0,02
Оценка результата	низкая				умеренная	высокая	низкая					

Эксперимент по определению токсичности с помощью *Paramecium caudatum* показал, что ряд проб вызывал угнетение хемотаксиса инфузорий. Проба почвы с 5% бензина (№ 5) снижала индекс Т по инфузориям до II группы токсичности (умеренная), а в почве с 10% бензина (№ 6) угнетение происходило до III группы токсичности (высокая). Добавки торфа и торфогеля снижали токсичность нефтезагрязненных образцов: пробы соответствовали допустимому уровню токсичности, причем индексы Т снижались закономерно степени внесенного загрязнения (рис. 2). Вероятно, механизм снижения токсичности нефтезагрязненных образцов сводится к сорбции нефтепродуктов органическими веществами торфа и торфогеля [7].

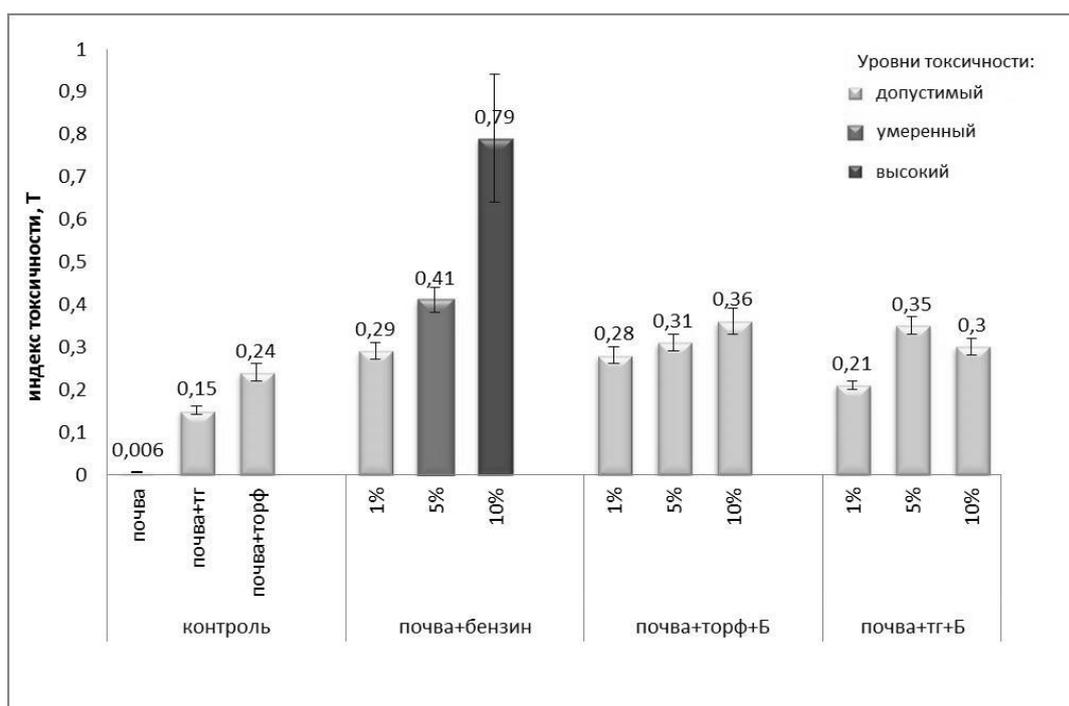


Рис. 2. Результаты биотестирования по ответной реакции *Paramecium caudatum*

Исследования показали, что применение торфа и торфогеля для биоремедиации нефтезагрязненных почв целесообразно и имеет ряд преимуществ: торф и торфогель снижают уровень загрязнения нефтепродуктами до допустимого; данный метод биоремедиации не загрязняет окружающую среду побочными продуктами, не нарушает экологического равновесия; для реализации метода возможно использовать региональное сырье.

В настоящее время уточняются возможные преимущества торфогеля по сравнению с торфом с помощью дополнительных анализов.

*Работа выполнена при поддержке гранта ВятГУ, договор № 001-17-ГР.*

#### Литература

1. Шубов Л. Я. Проблема загрязнения окружающей среды от деятельности АЗС // Экология и промышленность России. 2005. № 12. С. 34–39.
2. Мусихина Е. А. Методологический аспект технологии комплексной оценки экологической емкости территорий. М.: Академия естествознания, 2009. 137 с.

3. Иваненко Н. В. Экологическая токсикология: учебное пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2006. 108 с.

4. Каменщиков Ф. А., Богомольный Е. И. Нефтяные сорбенты. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. 268 с.

5. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04; Т.16.1:2:3:3.8-04. Методика определения интегральной токсичности поверхностных, в том числе морских, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных экстрактов почв, отходов, осадков сточных вод по изменению бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм», 2010.

6. ФР 1.39.2015.19243 Методика определения токсичности проб почв, донных отложений и осадков сточных вод экспресс-методом с применением прибора серии «Биотестер», 2015.

7. Алексеева Т. П., Бурмистрова Т. И., Терещенко Н. Н. и др. Перспективы использования торфа для очистки нефтезагрязненных почв // Биотехнология. 2000. № 1. С. 58–65.

## **ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТА МЕДИ(II) НА КИСЛОТНО-ОСНОВНУЮ БУФЕРНУЮ ЕМКОСТЬ ТОРФА**

*Н. В. Поруна, М. Н. Оботурова, А. И. Фокина  
Вятский государственный университет, ae954@lenta.ru*

Для территории Кировской области характерна большая распространенность болотных массивов, наиболее заболоченными являются северные, центральные и западные районы. Торфяные болота в Кировской области занимают площадь 274 тыс. га. При этом преобладают низинные болота. Они являются перспективным источником такого недорогого сырья как торф, для получения промышленных сорбентов и др. [1, 2]. Важнейшей областью применения торфа и удобрений из него, существенно повышающих продуктивность почв, является сельское хозяйство и садоводство. В последние годы торф стал активно применяться в экологии и природоохранных технологиях. На залежах торфа можно выращивать торфодерновые ковры для озеленения, зеленого строительства и борьбы с ветровой эрозией, закрепления откосов в дорожном строительстве. Из торфа получают торфяные фильтрующие элементы, сорбенты, обладающие высокой нефтемаслосемкостью. Торф применяют в медицине и строительстве [3]. Характерной особенностью торфа является его высокая буферная емкость по отношению к различным химическим веществам, благодаря которой он нашел широкое применение в решении экологических задач, например, как сорбент нефтепродуктов и т. д.

Одной из индикационных характеристик, отражающих уровень стабильности его состояния, является кислотно-основная буферная емкость. Поэтому **целью** работы стало изучение изменения кислотно-основной буферной емкости торфа после его контакта с раствором  $\text{CuSO}_4$ .

Для работы были использованы образцы торфа, отобранные из месторождения вблизи с. Чистополье Котельничского района Кировской области в мае 2017 г. Месторождение является неразработанным, торф используется местными жителями в сельскохозяйственных целях. На поверхности Чисто-

польской залежи произрастает ольха, ель, грушанка, изредка – гравилат речной. Торф Чистопольского месторождения относится к низинному, имеет глубину залегания до 1,5 м. Месторождение возникло в результате зарастания пойменной части лесной реки Петровки.

В качестве токсиканта в модельном опыте была использована соль меди  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Исследованы два варианта:

– 100 г торфа опускали в 1  $\text{дм}^3$  раствора с концентрацией ионов меди(II) 0,032 г/ $\text{дм}^3$ ;

– 100 г торфа опускали в 1  $\text{дм}^3$  раствора с концентрацией ионов меди(II) 0,064 г/ $\text{дм}^3$ .

Контролем служил образец торфа после контакта с дистиллированной водой. Для расчета буферной емкости использовали буферную емкость песка. Суспензии во всех вариантах взбалтывали в течение одной минуты и оставляли на сутки, после чего фильтровали [4]. Исследовали кислотно-основную буферную емкость образцов торфа, которые контактировали с раствором сульфата меди(II).

Для изучения буферных свойств торфа был использован метод определения буферности по О. Аррениусу. Метод основан на способности субстратов противостоять изменению pH суспензии изучаемого субстрата при действии возрастающих количеств  $\text{HCl}$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в растворе. Эта величина сопротивляемости определяется с помощью расчета площади между кривой изменения pH почвенной суспензии и кривой буферности прокаленного песка, к которому приливаются такие же количества растворов кислоты и основания [5–8]. Для оценки кислотно-основной буферной способности почвенных образцов определяли буферную площадь  $S$  ( $\text{см}^2$ ) в кислотном и щелочном интервалах – площадь между кривой титрования почвы и кварцевого песка при прямом потенциометрическом определении pH фильтратов суспензий, приготовленных из торфа вблизи с. Чистополье Котельничского района с растворами гидроксида и кислоты с разными концентрациями [9]. Расчеты для выражения буферности были произведены согласно методике определения буферности по О. Аррениусу [5–8].

Согласно расчету площади кривой буферности торфа (без добавления  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) (рис. 1), данный образец обладает большей буферной емкостью по отношению к действию  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , чем к действию  $\text{HCl}$ , так как  $S(V_{0,1 \text{ н р-ра}} \text{HCl}) = 24 \text{ см}^2$ , а  $S(V_{0,1 \text{ н р-ра}} \text{Ca}(\text{OH})_2) = 29 \text{ см}^2$ .

Согласно расчету площади кривой буферности торфа после добавления раствора  $\text{CuSO}_4$  с концентрацией 0,032 г  $\text{Cu}/\text{дм}^3$  (рис. 2), данный образец также обладает большей буферной емкостью по отношению к действию  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , чем к действию  $\text{HCl}$ , так как  $S(V_{0,1 \text{ н р-ра}} \text{HCl}) = 24 \text{ см}^2$ , а  $S(V_{0,1 \text{ н р-ра}} \text{Ca}(\text{OH})_2) = 28 \text{ см}^2$ .

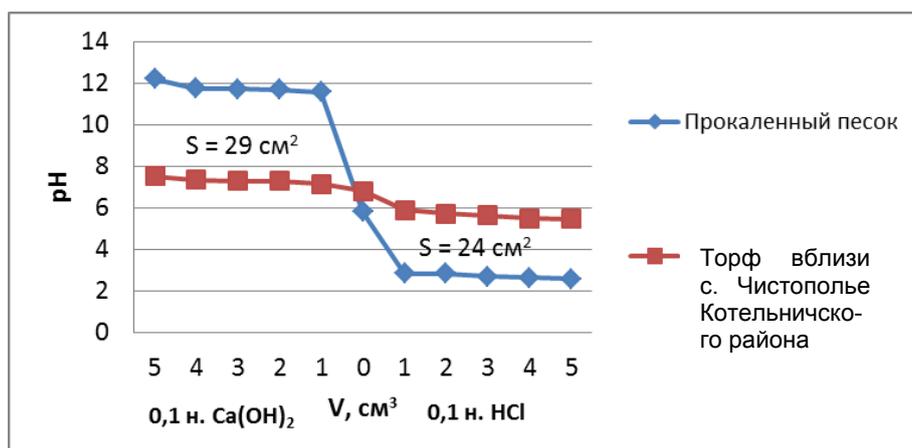


Рис. 1. Кривая буферности торфа, не подвергавшегося действию  $\text{CuSO}_4$

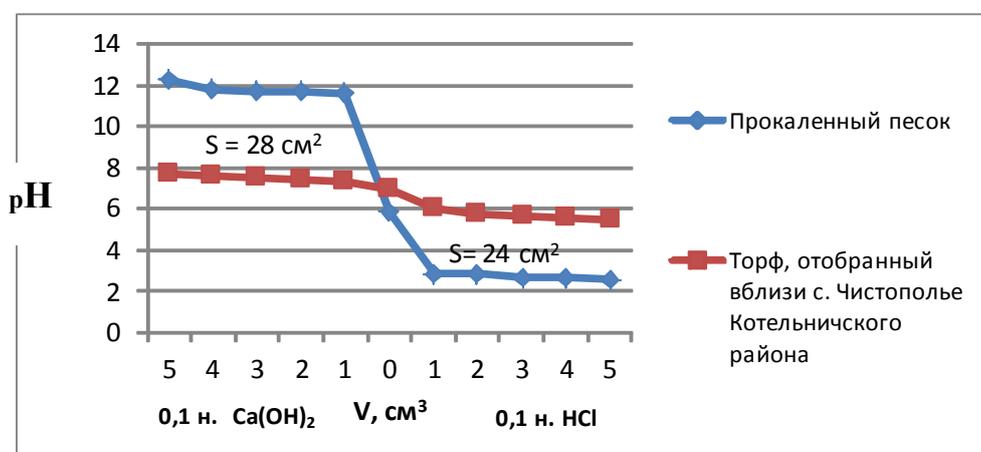


Рис. 2. Кривая буферности торфа после контакта с раствором соли меди с концентрацией ионов металла, равной  $0,032 \text{ г/дм}^3$

Образец торфа после добавления раствора  $\text{CuSO}_4$  с концентрацией  $0,064 \text{ г Cu/дм}^3$  (рис. 3) «буферит» по отношению к действию  $\text{Ca(OH)}_2$  сильнее, чем к действию  $\text{HCl}$ :  $S(V_{0,1 \text{ н.р-ра HCl}}) = 19 \text{ см}^2$ , а  $S(V_{0,1 \text{ н.р-ра Ca(OH)}_2}) = 28 \text{ см}^2$ .

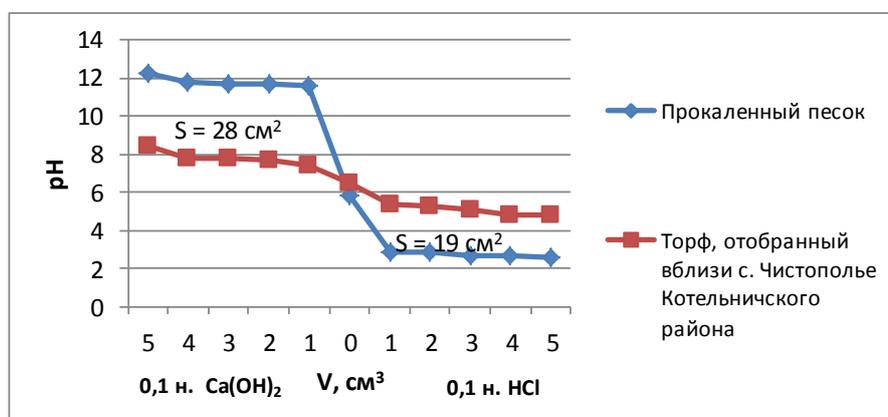


Рис. 3. Кривая буферности торфа после контакта с раствором соли меди с концентрацией ионов металла, равной  $0,064 \text{ г/дм}^3$

Таким образом, в результате исследования было установлено, что данный образец торфа обладает высокой буферной емкостью по отношению к действию щелочей. И даже после контакта с раствором сульфата меди(II) практически не снижается основная буферность. На 5 единиц падает буферная емкость по отношению к кислотам. Ответить на вопрос о механизме наблюдаемого явления помогут результаты анализа гуминовых веществ. Одними из веществ, отвечающих за буферную емкость, являются именно гуминовые вещества (ГВ). Исследование методом ИК-спектроскопии показало, что ГВ исследуемых образцов богаты гидроксо-, amino-, иминогруппами. Буферные свойства ГВ в значительной степени определяются разнообразными донорно-акцепторными свойствами функциональных групп (обратимыми приемом или отдачей электронов, катионов, в том числе ионов водорода, и анионов). Можно предположить, что ионы меди(II) в большей степени связываются с функциональными группами, отвечающими за основность, такими как аминогруппы, замещают атомы металлов (например, щелочных) в карбоксильных группах и т. д.

Таким образом, проведенные исследования указывают на то, что после использования торфа, например, для очистки медьсодержащих стоков, снижается кислотная буферность, что необходимо учитывать при разработке сорбентов.

#### Литература

1. Соловьев А. Н. Озёра // Энциклопедия земли Вятской / Отв. В. А. Ситников. Киров: ГИПП «Вятка», 1997. Т. VII. Природа. С. 200–222.
2. Стрельцов А. А. О перспективах использования торфа в России [Электронный ресурс] // Российский институт стратегических исследований (РИСИ) URL: <https://riss.ru/analitics/2474>
3. Кузнецова И. А., Боголицын К. Г., Ларионов Н. С., Бойцова Т. А., Паламарчук И. А., Бровка О. С. Сорбционные свойства и модификация торфяных гуминовых кислот // Вестник САФУ. Естественные науки. 2013. № 1. С. 37–42.
4. Пинский Д. Л., Минкина Т. М., Манджиева С. С., Федоров Ю. А., Бауэр Т. В., Невидомская Д. Г. Особенности поглощения Cu(II), Pb(II) и Zn(II) черноземом обыкновенным из растворов нитратов, хлоридов, ацетатов и сульфатов // Почвоведение. 2014. № 1. С. 22–24.
5. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
6. Возбуцкая А. Е. Химия почвы. М.: Высшая школа, 1964. 398 с.
7. Воробьева Л. А. Химический анализ почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 271 с.
8. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М., 1990. 236 с.
9. Назырова Ф. И. Влияние удобрений на буферные свойства чернозема типичного карбонатного // Агрохимия. 2002. № 2. С. 5–12.

## ЖИДКИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

*Н. В. Сырчина, А. В. Сазанов, В. А. Козвонин,  
Д. В. Петухов, И. А. Мелентьева*

*Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru*

В последние годы появилось большое количество исследований, обосновывающих эффективность использования аминокислот (АК) в качестве компонентов удобрений. Включение АК в состав внекорневых подкормок рассматривается как одно из наиболее перспективных направлений оптимизации минерального питания растений и повышения их устойчивости к действию неблагоприятных факторов внешней среды [1, 2]. Кроме экзогенных аминокислот растения способны усваивать такие сложные органические соединения, как витамины, сахара, органические кислоты, ферменты, антибиотики и др. [3]. Относительно дешевым и доступным источником широкого спектра биологически активных веществ, пригодных для использования в качестве удобрений, является молочная сыворотка – основной отход, образующийся при переработке молока в такие продукты, как творог, сыр, казеин. Ресурсы этого отхода в нашей стране превышают 5 млн. т. в год.

Молочная сыворотка в среднем содержит около 6% сухих веществ, в том числе (%) лактозы – 4,5; белков и небелковых азотистых веществ – 0,8; молочной кислоты – 0,14; жиров – 0,06; минеральных веществ – 0,6. В сыворотку переходит основная часть водорастворимых витаминов молока [4]. Органические компоненты молочной сыворотки могут не только подвергаться процессам микробиологической деструкции, но и оказывать стимулирующее влияние на развитие высших растений [5].

Несмотря на ценный химический состав, проблема переработки молочной сыворотки до настоящего времени далека от решения. По разным оценкам от 60 до 97% этого отхода сливается в канализацию [6–8]. Основными причинами отсутствия интереса к переработке сыворотки являются быстрая микробиологическая порча; низкое содержание растворенных веществ; сложный химический состав; ограниченный рынок продуктов переработки; незначительная прибыль по сравнению с затратами на переработку отхода. Отказ от переработки сыворотки приводит не только к потере ценного сырья, но и к масштабному загрязнению окружающей среды.

Одним из возможных направлений переработки молочной сыворотки может стать использование этого отхода для производства органоминеральных удобрений. Возможность и перспективность данного направления обоснована в исследованиях ряда отечественных и зарубежных ученых [5, 9, 10].

**Цель** исследования состояла в разработке состава и технологии получения жидкого органоминерального удобрения на основе молочной сыворотки, содержащего сбалансированный комплекс основных элементов минерального питания растений и биологически активных веществ.

Для достижения поставленной цели в процессе исследований были решены следующие *задачи*:

- разработана технология низкотемпературного концентрирования молочной сыворотки, позволяющая сохранить биологически активные вещества сырья;

- определены оптимальные условия ферментативного гидролиза белковых компонентов сыворотки;

- подобрана оптимальная композиция источников азота, фосфора, калия и микроэлементов, включаемых в состав удобрения;

- проведено биотестирование полученной формы удобрения;

- определены оптимальные дозы удобрения для подкормки растений.

Для выполнения исследований использовалась творожная сыворотка, полученная на одном из молочных комбинатов Кировской области. Содержание сухих веществ в сыворотке составляло 6,8%; титруемая кислотность находилась в пределах 65–80 °Т.

В качестве источников азота, фосфора, калия, магния и микроэлементов (Cu, Zn) применялись соответствующие соли квалификации х.ч., обычно используемые в качестве минеральных удобрений.

Для повышения содержания сухого вещества в сыворотке использовался метод низкотемпературного концентрирования. Полученный этим методом концентрат содержал  $20 \pm 2\%$  сухого вещества. Гидролиз белковых компонентов концентрата осуществлялся ферментативным методом. Состав органических компонентов гидролизата устанавливался хроматографическим методом.

В гидролизате растворялись минеральные соли. Содержание основных элементов минерального питания в готовом жидком удобрении (ЖУ) составляло (%): N – 6,2; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 6,5; K<sub>2</sub>O – 6,2; MgO – 1,5. Благодаря высокой концентрации солей достигался эффект консервации органической матрицы удобрения и обеспечивалась стабильность ЖУ при хранении. Приготовленный раствор фильтровался под вакуумом. Готовое ЖУ представляло собой прозрачный раствор бирюзового цвета.

Выполнялось биотестирование удобрения. Тест-культурами служили семена ячменя (сорт «Родник Прикамья») и редиса (сорт «САКСА РС»). Проращивание семян тест-культур выполнялось на субстрате, в качестве которого использовалась искусственно приготовленная почва (artificial soil) [11]. Влажная поверхность субстрата накрывалась фильтровальной бумагой, на которую раскладывались семена тест-культур. Проращивание проводилось при температуре 20 °С в течение 7 дней.

Варианты эксперимента: 1) контроль (проращивание семян на субстрате без добавок); 2) субстрат с добавкой 1,5 мл удобрения на 1 кг субстрата; 3) субстрат с добавкой 7,5 мл удобрения на 1 кг субстрата; 4) субстрат с добавкой 15 мл удобрения на 1 кг субстрата.

Тестирование проводилось по таким показателям, как способность прорастания (за 7 суток), энергия прорастания (за 3 суток), дружность прораста-

ния (доля семян, проросших за первые сутки прорастания), скорость прорастания (сумма средних чисел семян, прорастающих ежедневно), интенсивность начального роста проростков [12]. Экспериментальные исследования выполнялись в трех повторностях. Полученные результаты подвергались статистической обработке в программе «Microsoft Excel» по общепринятым методикам.

В результате эксперимента установлено, что внесение ЖУ в дозировках 7,5 и 15 мл на 1 кг субстрата (варианты 3 и 4), приводит к ингибированию прорастания семян тест-культур. Добавка 1,5 мл ЖУ на 1 кг субстрата (вариант 2) приводит к выраженному стимулированию прорастания семян и активизации развития проростков как двудольных, так и однодольных тест-культур по сравнению с контролем (табл.).

Таблица

**Результаты биотестирования удобрения на основе молочной сыворотки**

Показатели	ТК	Варианты эксперимента							
		1		2		3		4	
		значение	значение	$\delta$ , %*	значение	$\delta$ , %*	значение	$\delta$ , %*	
Всхожесть (7 суток), %	1	92,2±1,9	97,7±1,9	+5,4	82,2±1,9	-10,8	72,2±1,9	-21,7	
	2	88,8±5,1	96,6±3,3	+8,8	76,6±3,3	-13,7	41,1±5,1	-53,7	
Дружность прорастания, %	1	36,6±3,3	52,2±5,1	+42,6	16,6±6,7	-54,6	5,5±1,9	-85,0	
	2	38,8±5,1	52,2±6,9	+34,5	16,7±6,7	-56,9	1,1±1,9	-97,2	
Энергия прорастания (3 суток), %	1	50,0±3,3	63,3±3,3	+26,6	41,1±1,9	-17,8	33,3±3,3	-33,4	
	2	53,3±3,3	62,2±5,1	+16,7	32,2±3,8	-39,6	14,4±3,8	-73,0	
Скорость прорастания семян	1	3,2±0,1	2,6±0,1	-18,7	3,7±0,2	+15,6	3,9±0,3	+21,8	
	2	3,1±0,1	2,6±0,2	-16,2	3,8±0,3	-22,6	4,3±0,4	-38,7	
Средняя масса проростков, г/30 проростков	1	0,5±0,3	0,9±0,2	+80,0	0,4±0,1	-20,0	0,05±0,01	-90,0	
	2	1,9±0,3	2,5±0,1	+31,6	0,9±0,2	-52,6	0,20±0,01	-89,5	
Средняя длина корней, см	1	1,7±0,3	2,1±0,2	+23,5	1,3±0,4	23,5	0,3±0,1	-82,3	
	2	2,2±0,2	2,6±0,2	+18,2	0,7±0,1	68,2	0,5±0,1	-77,3	
Средняя длина проростков, см	1	2,7±0,1	3,1±0,1	14,8	1,9±0,2	29,6	0,2±0,0	-92,6	
	2	4,5±0,3	5,7±0,2	26,7	0,9±0,1	-80,0	0,4±0,1	-91,1	

Примечание: ТК – тест-культура, 1 – ячмень, 2 – редис, \* – по сравнению с контролем.

Стимулирующее влияние ЖУ на прорастание семян и развитие проростков может быть объяснено комплексным воздействием сбалансированной композиции минеральных компонентов и таких биологически активных веществ, как аминокислоты, витамины, сахара, соли органических кислот (например, янтарная кислота), источником которых является молочная сыворотка. Выраженное ингибирующее влияние высоких доз ЖУ на прорастание

и развитие семян тест-культур может быть связано с существенным повышением осмотического давления почвенного раствора под воздействием комплекса минеральных компонентов ЖУ. ЖУ на основе молочной сыворотки характеризуются сложным химическим составом. Для выяснения механизмов влияния этого удобрения на физиологические процессы в растительных объектах требуются дополнительные исследования.

**Выводы.** В ходе выполненных экспериментов показано, что молочная сыворотка может быть использована в качестве компонента органоминеральных удобрений, содержащих комплекс биологически активных веществ.

Разработанная технология позволяет на основе молочной сыворотки получать сбалансированное по основным элементам питания удобрение. Технология проста, малозатратна и может быть внедрена на молочных комбинатах любой мощности.

Органоминеральное удобрение на основе молочной сыворотки стабильно при хранении и удобно для приготовления растворов для корневой и внекорневой подкормки растений.

Внедрение разработанной технологии в практику позволит не только вывести на рынок новую форму удобрения, но и решить проблему утилизации молочной сыворотки.

#### Литература

1. Ерлыков С. Б. Российские аминокислотные удобрения серии агролин на капусте белокачанной // Вестник Марийского государственного университета. 2017. Т. 3. № 2 (10) С. 22–28.
2. Бутова Т. Е. Исследование качества картофеля, выращенного с применением белкового стимулятора роста, при холодильной обработке и хранении: Дис. ... канд. техн. наук. СПб. 1999. 168 с.
3. Нам Ким Ден Миксотрофное питание растений // МСХ. 2015. № 3. С. 35–41.
4. Свириденко Ю. Я., Волкова Т. А. Ключевые направления снижения потерь в сыродельной отрасли // Сыроделие и маслоделие. 2014. № 5. С. 30–32.
5. Плющ Е. В. Разработка технологии получения из молочной сыворотки регуляторов роста растений с использованием электроактивированной воды, процессов сорбции и ферментации: Дис. ... канд. техн. наук. Ставрополь. 2005. 162 с.
6. Зипаев Д. В., Зимичев А. В. Молочная сыворотка – ценное сырье для вторичной переработки // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2007. № 2. С. 14–16.
7. Макарова Н. В., Зимичев А. В., Зипаев Д. В., Лугова Т. В. Современные тенденции в переработке молочной сыворотки // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2008. № 4. С. 5–7.
8. Ghaly A. E., Mahmoud N. S., Rushton D. G., Arab F. Potential Environmental and Health Impacts of High Land Application of Cheese Whey // American Journal of Agricultural and Biological Science. 2007. № 2 (2). P. 106–117.
9. Gagnon B., Berrouard S. Effects of several organic fertilizers on growth of Ereenhouse tomato transplants // Can. J. Flant Sci. 1994. № 74. P. 167–168.
10. Lehrs G. A., Robbins C. W. Cheese whey effects on surface soil hydraulic properties // Soil Use and Management. 1996. № 12. P. 205–208.
11. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. М.: Стандартинформ, 2010.

12. Чеснокова С. М., Чугай Н. В. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды. Ч. 2. Методы биотестирования. Владимир. 2008. 92. с.

## **ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЛАУКОНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА И МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

*Н. В. Сырчина, И. А. Потапова, А. В. Малышева*  
*Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru*

Основным отходом, образующимся при переработке цельного молока в такие продукты, как сыр, творог, казеин, является молочная сыворотка. Только небольшая часть этого отхода находит практическое применение, основная доля сыворотки сливается в канализацию, откуда поступает в очистные сооружения. Молочная сыворотка содержит до 7% сухих веществ (преимущественно углеводы, беки, жиры и др.) и широкий спектр микроэлементов, что делает ее хорошей питательной средой для развития микроорганизмов. Из-за высокой биохимической и химической потребности в кислороде (40000–60000 мг/дм<sup>3</sup>) сбрасываемый в канализацию отход приводит к ухудшению седиментационных свойств активного ила и нарушению нормальной работы сооружений биологической очистки [1, 2].

В настоящее время имеются технологии, позволяющие использовать молочную сыворотку для производства продуктов питания, кормов для животных, этанола, органических кислот, биоразлагаемых полимеров, а также выделять из нее лактозу, белок, биологически активные вещества. Большинство технологий переработки молочной сыворотки не получило широкого внедрения, поскольку низкое содержание сухого вещества существенно повышает энергозатраты на переработку этого отхода [2]. Использование молочной сыворотки в качестве вторичного сырья для дальнейшей переработки ограничивает и низкая стабильность отхода при хранении. Согласно ГОСТ Р 53438-2009, срок годности охлажденной до 6 °С молочной сыворотки с момента получения до дальнейшей переработки не должен превышать 24-х часов. Ограниченный срок хранения обусловлен быстрой микробиологической порчей отхода.

По имеющимся оценкам, в нашей стране перерабатывается не более 20% молочной сыворотки, в развитых западных странах – до 50–60%. Технологии переработки молочной сыворотки обычно внедряются на крупных предприятиях, на предприятиях малой мощности переработка молочной сыворотки оказывается экономически нецелесообразной.

Отсутствие простых и дешевых технологий утилизации молочной сыворотки, пригодных для внедрения на небольших молокоперерабатывающих предприятиях, приводит не только к потере ценного натурального продукта, но и к серьезному загрязнению окружающей среды.

**Цель** исследования состояла в подборе сорбента, позволяющего извлечь из молочной сыворотки растворенные компоненты с последующим ис-

пользованием отработанного сорбента в качестве органоминерального удобрения.

Для выполнения исследований использовалась творожная сыворотка, полученная на одном из молочных комбинатов Кировской области (содержание сухого вещества – 6,8%, кислотность – 72 °Т) и глауконитовый концентрат (отход, образующийся при добыче и переработке фосфоритной руды Вятско-Камского месторождения).

Содержание глауконита в концентрате составляло  $46 \pm 5\%$ . Кроме глауконита концентрат содержал фосфориты мелких фракций (в среднем 5% в пересчете на  $P_2O_5$ ), известковые компоненты и диоксид кремния. Содержание калия ( $K_2O$ ) в концентрате находилось в пределах 1,2–1,5%. Концентрат имел однородную зернистую структуру, что делало материал удобным для использования в качестве сорбента.

Выбор глауконитового концентрата для проведения эксперимента был обусловлен следующими причинами:

- способность сорбировать широкий спектр органических и неорганических веществ [3];
- низкая стоимость и доступность;
- благоприятные агрохимические свойства [4, 5];
- простота в использовании.

Для сорбции компонентов молочной сыворотки использовались сорбционные колонки, заполненные глауконитовым концентратом. Последовательное пропускание молочной сыворотки через систему сорбционных колонок позволяло удалить из сыворотки до 95% растворенных веществ. Перед пропусканием через сорбент, органические кислоты, содержащиеся в сыворотке, нейтрализовали известью. рН нейтрализованной сыворотки находился в пределах 6,5–7,2.

Стабилизация отработанного сорбента (ОС) осуществлялась методом высушивания в термостате при температуре 105 °С до остаточной влажности 11–12%.

Для предварительной оценки возможности и целесообразности применения ОС в качестве удобрения применялся метод биотестирования [6]. Исследования проводились в лабораторных условиях.

Грунт (агрозем) для выполнения исследований отбирался с глубины 5–15 см на поле вблизи г. Кирова, высушивался до воздушно-сухого состояния и просеивался через металлическое сито с размером ячеек 4 x 4 мм. Данные о свойствах агрозема представлены в таблице 1.

В высушенный грунт вносились добавки ОС и перемешивались с грунтом с помощью лабораторного смесителя. Подготовленный для выполнения эксперимента агрозем помещался в пластиковые контейнеры и увлажнялся дистиллированной водой до влажности 60%. В качестве тест-культуры использовался овес посевной (*Avena sativa*), высеваемый на глубину 0,5 см.

Таблица 1

**Свойства агрозема, используемого для проведения эксперимента**

№	Показатели	Значение	Метод определения
1	pH <sub>водн.</sub>	5,8±1,0	ГОСТ 26483-85
	pH <sub>KCl</sub>	5,1±1,0	
2	Органическое вещество, %	3,6±0,2	ГОСТ 26213-91
3	Фосфор валовый (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/кг	155±12	ГОСТ 26261-84
4	Фосфор подвижный (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/кг	95±7	ГОСТ Р 54650-2011
5	Калий обменный (K <sub>2</sub> O), мг/кг	11,8±1,2	ГОСТ 26210-91
6	Нитраты, мг/кг	143±9	ГОСТ 26951-86

Во время эксперимента контейнеры с грунтом закрывались микроперфорированной полипропиленовой пленкой и выдерживались при температуре 20±1 °С.

Варианты состава грунта, используемого для проведения эксперимента: 1) контроль (грунт без добавок); 2) грунт + ОС (1% от массы грунта); 3) грунт + ОС (5% от массы грунта); 4) грунт + ОС (10% от массы грунта).

Биотестирование проводилось по таким показателям, как энергия прорастания (за 3 суток), дружность прорастания (доля семян проросших за первые сутки прорастания), скорость прорастания (сумма средних чисел семян, прорастающих ежедневно), интенсивность начального роста проростков [6].

Экспериментальные исследования выполнялись в трех повторностях. Полученные результаты подвергались статистической обработке в программе «Microsoft Excel» по общепринятым методикам.

Полученные в ходе эксперимента результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Показатели фитотоксичности грунта**

Показатели	Варианты состава грунта			
	1	2	3	4
Энергия прорастания (3 суток), %	70,0±4,0	68,0±3,5	84,7±1,1	78,0±5,3
Дружность прорастания, %	28,6±4,2	13,3±3,0	58,7±8,0	14,0±4,0
Скорость прорастания	3,3±0,2	2,6±0,2	4,8±0,9	4,7±0,8
Интенсивность начального роста проростков				
– средняя длина корней, мм;	56,1±6,6	51,2±2,7	44,2±9,4	20,1±4,2
– средняя длина зеленых проростков, мм;	28,2±7,7	23,6±4,7	59,8±17,6	25,6±3,2
– средняя масса проростков, г на 50 растений	6,8±0,8	6,1±0,3	8,8±0,5	5,5±0,7

Анализ полученных результатов показывает, что ОС может быть использован в качестве удобрения под зерновые культуры. В условиях лабораторного эксперимента лучшие результаты получены при добавке в грунт 5% ОС. В этой дозировке дружность прорастания семян овса увеличивается в 2 раза, скорость прорастания – на 40%; энергия прорастания – на 20%, длина проростков – в 2 раза, средняя масса проростков – на 30%. Вероятной причиной положительного воздействия ОС на прорастание семян и рост проростков может быть наличие в этом материале свободных аминокислот, витаминов и

других биологически-активных веществ. Стимулирующее влияние аминокислот на прорастание семян и ростовые показатели растений установлены в исследованиях многих ученых [7].

Следует отметить, что в присутствии ОС наблюдается уменьшение длины корней проростков, причем, чем выше содержание ОС в грунте, тем отчетливее проявляется эта тенденция. Данный факт может быть связан с фунгицидным действием молочной сыворотки. Уменьшение длины корней под влиянием фунгицидов является известным фактом [8]. Данные научных исследований свидетельствуют о том, что микроорганизмы могут генерировать широкий спектр биологически активных веществ, таких как ауксины и цитокинины, способствующие эффективной колонизации корня и трансформации строения корневой системы [9].

**Выводы.** Глауконитовый концентрат может быть использован в качестве перспективного сорбента основных компонентов молочной сыворотки. Снижение содержания органических веществ в молочной сыворотке, перед сбросом отхода в канализацию имеет большое природоохранное и хозяйственное значение.

Отработанный сорбент может быть использован в качестве натурального органоминерального удобрения, содержащего комплекс биологически-активных компонентов. Необходимо проведение дальнейших исследований с целью детального изучения композиции глауконитовый концентрат + молочная сыворотка на развитие растений и свойства почвы.

### Литература

1. Эпоян С., Фомин С., Фомина И. Интенсификация сооружений биологической очистки сточных вод молокозаводов // Motrol. Comission Of Motorization And Energetics In Agriculture. 2013. V. 15. № 6. P. 133–140.
2. Ghaly A. E., Mahmoud N. S., Rushton D. G., Arab F. Potential Environmental and Health Impacts of High Land Application of Cheese Whey // American Journal of Agricultural and Biological Science. 2007. № 2. P. 106–117.
3. Левченко М. Л., Губайдуллина А. М. Глауконитовые пески для экологической защиты и восстановления природных свойств грунтов и водной среды // Бурение и нефть. 2009. № 4. С. 56–57.
4. Сырчина Н. В., Мелентьева И. А. Перспективы применения глауконитовых песков Вятско-Камского месторождения для восстановления плодородия пахотных земель Кировской области // Интеллектуальный и научный потенциал современной науки. Омск, 2017. С. 137–140.
5. Яковлева Е. А., Бакалов А. Н. Глауконит как потенциальное местное удобрение на Кубани // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 82. С. 622–631.
6. Чеснокова С. М., Чугай Н. В. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды. Ч. 2. Методы биотестирования. Владимир, 2008. 92 с.
7. Пешкова А. М. Влияние биологически активных веществ на рост и развитие овощного амаранта: Дис. ... канд. с.-х. наук. М. 2004. 139 с.
8. Вихрева В. А. Блинохватов А. А., Клейменова Т. В. Селен в жизни растений: монография. Пенза. 2012. 222 с.
9. Ortiz-Castro R., Contreras-Cornejo H.A., Macias-Rodriguez L., Lopez-Bucio J. The role of microbial signals in plant growth and development // Plant Signal Behav. 2009. № 4 (8). P. 701–712.

## ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ И БИООРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ КУРИНОГО ПОМЕТА

*Н. В. Сырчина, И. С. Полушина*

*Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru*

Производство сельскохозяйственной продукции сопряжено с образованием большого количества отходов. В общей структуре сельскохозяйственных отходов основная доля (56%) приходится на отходы животноводства, к числу которых относится помет птиц. Ежегодные объемы этого отхода достигают 17 млн. тонн [1]. Основная масса помета концентрируется вблизи птицеводческих комплексов, вызывая масштабное загрязнение почвы, воздуха и водных объектов. Птичий помет (ПП), согласно Федеральному классификационному каталогу отходов, относится к III классу опасности.

В помет переходит более 50% сухих веществ, поступающих в организм птицы в виде корма. Удаляемый из мест размещения животных ПП обычно складывается в специально оборудованных помехохранилищах, в которых происходит интенсивное разложение органических компонентов отхода. Микробиологические процессы разложения помета сопровождаются выделением в окружающую среду таких токсичных соединений как аммиак, сероводород, меркаптаны, индолы, скатолы, летучие органические кислоты и др. Кроме химического загрязнения хранение помета приводит к опасному биологическому загрязнению окружающей среды и существенному ухудшению санитарно-гигиенических условий в местах расположения птицеводческих предприятий [2]. Оздоровление экологической обстановки вблизи птицеводческих комплексов возможно только при успешном решении проблемы полной утилизации образующихся отходов, минуя стадии их накопления и хранения.

В настоящее время разработаны технологии биоконверсии, пиролиза, сжигания, вакуумной сушки, ускоренного компостирования ПП [3, 4], однако данные технологии являются весьма затратными и энергоемкими, что затрудняет их практическое внедрение. Более простым и менее затратным может быть метод переработки свежего ПП в гранулированные органоминеральные удобрения [5]. Включение в состав исходного органического сырья минеральных компонентов позволяет сбалансировать состав удобрений по содержанию основных элементов минерального питания, устранить неприятный запах и улучшить характеристики гранул удобрения. Стадия высокотемпературной сушки приводит к полной гибели патогенной микрофлоры.

Перспективным компонентом для включения в состав удобрения может быть глауконитовый концентрат, содержащий не менее 50% глауконита. Данный материал обладает хорошей влагосвязывающей способностью, за счет чего облегчается процесс гранулирования и стабилизации гранул. Благодаря глаукониту достигается эффект устранения неприятного запаха и улучшаются агрохимические и экологические характеристики органоминерально-

го удобрения. Глауконит оказывает благоприятное воздействие на развитие почвенной микрофлоры, которая обеспечивает минерализацию органических веществ, входящих в состав удобрений и повышает доступность биоэлементов для высших растений.

Особенностью куриного помета является низкое содержание калия по отношению к содержанию азота и фосфора. Для восполнения дефицита этого элемента может быть использован хлорид калия.

Повышение скорости минерализации органических веществ ПП возможно за счет включения в состав удобрения экологически безопасных микробиологических компонентов способствующих разложению органического вещества в почве [6, 7].

**Цель исследования** состояла в сравнительной оценке фитотоксичных свойств органоминеральных и биоорганоминеральных удобрений на основе ПП методом биотестирования.

Для выполнения работы использовались гранулированные органоминеральные удобрения (ОМУ) и аналогичные удобрения, содержащие микробиологические добавки (БОМУ). Соответствующие удобрения были приготовлены в лабораторных условиях специально для проведения дальнейших экспериментальных исследований.

В состав ОМУ на основе ПП входили: бесподстилочный куриный помет; глауконитовый концентрат, содержащий  $45\pm 5\%$  глауконита (отход, образующийся при обогащении фосфоритной руды Вятско-Камского месторождения); хлорид калия (отход производства ОАО «Соликамский магниевый завод») и известь. Общая масса минеральных добавок составляла 25% от массы ПП.

Технология получения ОМУ включала операции смешивания компонентов, гранулирования и стабилизации гранул при температуре  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что обеспечивало полное уничтожение патогенной микрофлоры.

В качестве микробиологической составляющей БОМУ применялась композиция, содержащая непатогенные и нетоксигенные дрожжи родов *Saccharomyces* и *Candida*, изоляты *Acuformis*, *Plectridium*, *Bacillus* и микромицеты *Trichoderma viride* штаммов S11 и S23, обладающие способностью роста в широком диапазоне pH и устойчивостью к химическим загрязнителям [2]. Микробиологический препарат наносился на поверхность готовых гранул при температуре  $20\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Оценка свойств ОМУ и БОМУ выполнялась в лабораторных условиях методом биотестирования [8, 9]. В качестве тест-культур использовались овес посевной (*Avuna sativa*) сорта «Кречет» и горчица белая (*Sinapis alba*) сорт «Рапсодия», в качестве субстрата – искусственно приготовленная почва (artificial soil) [9].

Проращивание семян проводилось в пластиковых контейнерах. Поверхность увлажненного до 60% субстрата накрывалась фильтровальной бумагой, на которой раскладывались семена тест-культур. Проращивание проводилось при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для создания оптимальной влажности и

обеспечения необходимого газообмена, контейнеры с тест-культурами помещались в микроперфорированные полипропиленовые пакеты.

Варианты состава грунта, используемого для проведения эксперимента: 1) контроль (грунт без добавок); 2) грунт+ОМУ (0,2% от массы грунта); 3) грунт+ОМУ (1% от массы грунта); 4) грунт+БОМУ (0,2% от массы грунта); 5) грунт+БОМУ (1% от массы грунта).

Добавка удобрения в дозировке 1% соответствует внесению в почву 40 т куриного помета влажностью 70%.

Полученные в результате эксперимента данные представлены в таблице.

Таблица

### Показатели фитотоксичности грунта с добавкой удобрений

Показатели	Тест-культура	Варианты согласно составу грунта				
		1	2	3	4	5
Способность прорастания (4 суток), %	горчица	76,7±3,8	70,0±5,1	72,2±11,7	84,4±3,9	63,3±1,9
	овес	93,3±1,9	80,0±3,3	61,1±5,0	74,4±5,1	3,3±3,3
Энергия прорастания (3 суток), %	горчица	48,8±6,9	50,0±4,8	46,7±6,7	76,7±3,4	54,4±5,1
	овес	76,6±6,6	60,0±3,3	27,7±6,7	51,1±5,1	1,1±1,9
Скорость прорастания	горчица	3,4±0,2	3,3±0,2	3,4±0,1	3,1±0,0	3,1±0,1
	овес	3,2±0,0	3,2±0,1	3,6±0,1	3,3±0,1	0±0
Интенсивность начального роста проростков:						
Средняя длина проростков, см	горчица	0,7±0,2	0,7±0,3	0,5±0,3	2,0±0,2	1,5±0,5
	овес	2,0±0,5	2,3±0,7	1,7±0,5	2,2±0,3	0,2±0,2
Средняя длина корней, см	горчица	3,5±0,5	3,5±0,4	2,9±0,9	4,2±0,7	2,0±0,3
	овес	4,0±1,0	3,1±0,1	2,6±0,2	2,8±1,0	0,2±0,0
Средняя масса проростков, г/30 растений	горчица	1,9±0,5	1,8±0,3	1,8±0,3	3,0±0,4	1,3±0,1
	овес	0,9±0,1	0,7±0,0	0,4±0,1	0,5±0,5	0,01±0,01

Согласно полученным результатам, внесение в почву удобрений на основе куриного помета оказывает различное влияние на развитие однодольных и двудольных тест-культур. Показатели прорастания семян горчицы в субстрате с добавкой ОМУ примерно соответствуют показателям прорастания в контрольном варианте.

При внесении в грунт низких доз удобрения (0,2% от массы грунта) включение в состав композиции микробиологических компонентов оказывает положительное влияние на прорастание семян горчицы: способность прорастания увеличивается на 8%; энергия прорастания – на 35%; средняя длина корней – на 20%; средняя длина проростков – в 2,8 раза. Повышение дозы БОМУ до 1% приводит к угнетению прорастания семян горчицы.

Внесение в грунт, как ОМУ, так и БОМУ приводит к существенному угнетению прорастания семян овса, причем в области низких доз (0,2% от массы грунта) фитотоксичные свойства БОМУ проявляются в меньшей степени, чем фитотоксичные свойства ОМУ. В области высоких доз (1% от массы грунта) наблюдается обратная ситуация – внесение БОМУ в грунт приводит практически к полному подавлению прорастания семян овса.

**Выводы.** Включение в состав органоминеральных удобрений на основе куриного помета комплекса микроорганизмов (дрожжи родов *Saccharomyces* и *Candida*, изоляты *Acuformis*, *Plectridium*, *Bacillus* и микромицеты *Trichoderma viride* штаммов S11 и S23) оказывает существенное влияние на фитотоксичные свойства удобрения. При внесении в почву низких доз БОМУ наблюдается снижение фитотоксичности куриного помета, при внесении высоких доз – повышение фитотоксичных свойств.

В области низких доз микробиологическая добавка оказывает положительное влияние на прорастание и развитие проростков горчицы, в области высоких доз наблюдается угнетение прорастания и развития семян.

Как ОМУ, так и БОМУ на основе куриного помета проявляют фитотоксичное действие по отношению к такой тест-культуре, как овес. Можно предположить, что припосевное внесение соответствующих удобрений под зерновые культуры нецелесообразно.

Полученные данные могут быть использованы при разработке составов, технологий получения и применения комплексных органоминеральных и биоорганоминеральных удобрений на основе куриного помета.

#### Литература

1. Голубев И. Г., Шванская И. А., Коноваленко Л. Ю., Лопатников М. В. Рециклинг отходов в АПК. Справочник. М., 2011. 296 с.
2. Сазанов А. В., Терентьев Ю. Н., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я., Козвонин В. А. Производство биоорганоминеральных удобрений как направление реализации безотходных технологий в свиноводстве // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 85–90.
3. Гнеуш С. Н. Технология получения и комплексное использование биопрепаратов кормового и зоогигиенического назначения при выращивании птицы мясного направления: Дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2015. 122 с.
4. Мхитарян Г., Реднев М. Современные технологии и оборудование для переработки птичьего помета // Птицеводство. 2014. № 1 С. 47–49.
5. Полушина И. С., Фадеева А. С., Сырчина Н. В. Производство органоминеральных удобрений на основе куриного помета // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2017. С. 230–234.
6. Налиухин А. Н., Власова О. А., Силуянова О. В. Эффективность биологической модификации гранул органоминеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК: Сб. науч. трудов междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов. 2016. С. 67–70.
7. Завалин А. А., Чеботарь В. К., Ариткин А. Г., Сметов Д. Б. Биологизация минеральных удобрений как способ повышения эффективности их использования // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 9. С. 45–48.
8. Чеснокова С. М., Чугай Н. В. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды. Ч. 2. Методы биотестирования. Владимир. 2008. 92 с.
9. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. М.: Стандартинформ, 2010.

## ПРИМЕНЕНИЕ МОЛОТОЙ СЕРЫ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ

*Н. В. Сырчина, Н. А. Соловьева, А. С. Кожевникова*  
*Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru*

Сера относится к важнейшим элементам минерального питания растений. Потребность растений в этом элементе сопоставима с потребностью в фосфоре. Сера входит в состав белков, пептидов, сульфолипидов, коэзима А, биотина, тиамина и др. Оптимальное обеспечение развивающихся растений серой улучшает усвоение азота и повышает эффективность фотосинтеза. При сбалансированном поступлении серы и азота снижается риск накопления нитратов и нитритов в плодах и овощах. Недостаток серы приводит к существенному снижению урожайности [1, 2].

Растения способны усваивать серу как из почвы (в форме сульфатов), так и из воздуха (в форме диоксида). Вынос серы с урожаем из пахотных земель в среднем составляет 10–30 кг/га в год и более. Например, растения семейства *Brassicaceae* за вегетационный период выносят до 70 кг/га серы [3]. Основными источниками восполнения дефицита серы в почвах являются органические и минеральные удобрения, содержащие серу в форме сульфатов. Существенное сокращение внесения серосодержащих удобрений и снижение выбросов оксидов серы в атмосферу привело к развитию дефицита этого элемента в почвах многих регионов. В настоящее время проблема сбалансированного обеспечения агроземов азотом, фосфором, калием и серой приобретает все большее значение. Установлено, что низкое содержание подвижной серы характерно для 25–64% пахотных земель нечерноземной зоны.

Выполненные в последние годы исследования доказывают, что источником доступных для растений соединений серы может быть не только сера, входящая в состав органических и сульфатсодержащих удобрений, но и вносимая в почву молотая комовая сера. Комовую серу можно рассматривать как самое дешевое и концентрированное удобрение. В почвах сера под действием микроорганизмов постепенно окисляется до сульфат-ионов, что обеспечивает эффект пролонгированного действия. Применение серы в качестве удобрения приводит не только к обогащению почвы данным элементом, но и способствует решению весьма актуальной экологической проблемы – рациональной утилизации многотоннажных отходов серы, образующихся при переработке углеводородного сырья, а также в процессе коксохимического, металлургического и энергетического производства.

**Цель** работы состояла в изучении влияния молотой комовой серы, вносимой совместно с азотными, фосфорными и гуминовыми удобрениями на химический состав и каталазную активность почвы.

Для проведения экспериментов использовалась сера комовая техническая (ГОСТ 127.1-93, Башнефтехим, содержание S<sub>8</sub> – 99,98%); аммиачная селитра марки Б (ГОСТ 2-2013, ЗАО «ЗМУ КЧХК», Содержание N – 34,4%); фосфоритная мука марки А (ГОСТ 5716-74, ООО «Верхнекамские удобре-

ния», содержание  $P_2O_5$  – 23%); торфогель (ООО «Техносорб», содержание фульвокислот – 50 г/дм<sup>3</sup>).

Образцы грунта (агрозема) для выполнения эксперимента отбирались с глубины 5–20 см на поле вблизи г. Кирова. Грунт высушивался на воздухе до постоянной массы и просеивался через металлическое сито, с размером ячеек 4 x 4 мм. Данные о химических свойствах агрозема приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Свойства агрозема

Объект	Гранулометрический состав	Показатели						
		$pH_{KCl}$	$pH_{вод. н.}$	органическое вещество, %	фосфор общий ( $P_2O_5$ ), мг/кг	азот нитратный, мг/кг	сера подвижная, мг/кг	каталазная активность, $O_2$ за 2 мин
Агрозем	Средний суглинок	5,9±0,1	6,5±0,1	4,60±0,12	130,0±10,0	28,7±2,2	0,21±0,04	2,5±0,2

Серу, аммиачную селитру, фосфоритную муку и торфогель вносили в воздушно сухой агрозем и перемешивали до равномерного распределения добавок с помощью лабораторного смесителя. Подготовленные образцы помещали в пластиковые контейнеры и увлажняли дистиллированной водой до влажности 60%. Все добавки вносились в дозировке 1 г/ кг воздушно сухого агрозема. Агрозем с добавками выдерживался во влажном состоянии при температуре 22–25 °С в течение 4-х месяцев. Содержание влаги в ходе эксперимента поддерживалось на постоянном уровне (при снижении массы грунта на 5% в контейнер с помощью пульверизатора добавлялась вода). Эксперимент проводился в 3-х повторностях. Полученные результаты подвергались статистической обработке в программе «Microsoft Excel».

Выбор добавок, вносимых в агрозем совместно с серой, определялся следующими причинами:

– аммиачная селитра и торфогель оказывают положительное влияние на деятельность почвенных микроорганизмов [4], что может привести к увеличению скорости микробиологического окисления серы;

– фосфоритная мука за счет связывания кислот, с одной стороны, способствует снижению эффекта подкисления почвы продуктами окисления серы, с другой стороны, под влиянием образующихся кислот растворимость фосфоритной муки будет увеличиться, что приведет к улучшению фосфорного питания растений.

**Варианты эксперимента:** 1) контроль (агрозем без добавок); 2) агрозем + сера; 3) агрозем + сера + аммиачная селитра; 4) агрозем + сера + торфогель; 5) агрозем + сера + фосфоритная мука; 6) агрозем + сера + фосфоритная мука + торфогель.

Анализ агрозема и агрозема с добавками проводился по следующим показателям:  $pH_{KCl}$  (ГОСТ 26483-85);  $pH_{водн.}$  (ГОСТ 26483-85); содержание нитратов (ГОСТ 26488-85), фосфатов (ГОСТ 26205-91); сера подвижная (Почвы).

Определение подвижной серы по методу ЦИНАО); органическое вещество (ГОСТ 26213-91); каталазная активность (по Хазиеву [5]).

Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Свойства агрозема через 4 месяца после начала эксперимента**

Объект	Показатели					
	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>водн</sub>	азот нитратный, мг/кг	сера подвижная, мг/кг	фосфор подвижн. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	каталазная активность, O <sub>2</sub> за 2 мин.
Агрозем (контроль)	5,5±0,1	6,1±0,1	26,9±1,8	0,21±0,04	130±15	2,4±0,2
Агрозем + сера	5,1±0,3	5,6±0,1	29,8±1,7	2,8±0,4	54±10	2,7±0,2
Агрозем + сера + аммиачная селитра	4,6±0,3	5,2±0,2	14,8±1,5	4,0±0,3	96±12	3,8±0,5
Агрозем + сера + торфогель	4,9±0,2	5,4±0,3	19,4±1,9	3,2±0,4	72±9	3,2±0,5
Агрозем + сера + фосфоритная мука	4,9±0,4	5,7±0,5	14,8±2,6	2,8±0,3	350±17	2,8±0,6
Агрозем + сера + фосфоритная мука + торфогель	5,1±0,3	5,7±0,2	13,0±1,1	3,4±0,5	450±22	3,4±0,6

В ходе эксперимента установлено:

– внесение молотой серы в почву, как без добавок, так и с добавками фосфоритной муки, аммиачной селитры и торфогеля за время эксперимента привело к незначительному снижению pH почвенной вытяжки;

– под влиянием молотой серы существенно увеличилось содержание подвижных форм серы. В присутствии аммиачной селитры этот эффект проявляется более выражено;

– внесение в почву серы приводит к снижению содержания подвижного фосфора, добавка торфогеля усиливает этот эффект;

– внесение в почву композиции из серы и фосфоритной муки, и особенно серы в сочетании с торфогелем и фосфоритной мукой приводит к значительному повышению содержания подвижных форм фосфора;

– внесение в почву серы совместно с аммиачной селитрой приводит к увеличению каталазной активности и снижению содержания нитратных форм азота.

Между изучаемыми показателями установлены следующие корреляционные зависимости: содержание в почве нитратов и каталазная активность – коэффициент корреляции =  $-0,72$ ; содержание в почве сульфатов и каталазная активность – коэффициент корреляции =  $+0,85$ ; содержание в почве фосфатов и нитратов – коэффициент корреляции =  $-0,66$ .

Снижение pH почвенного раствора в присутствии серы может быть обусловлено микробиологическим окислением серы до серной кислоты. Известно, что в окислении серы в аэробных условиях принимают участие раз-

личные группы тионовых и серобактерий. Окисление серы в почве протекает ступенчато, причем конечным продуктом является серная кислота или сульфаты:  $S \rightarrow S_2O_3^{2-} \rightarrow SO_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$ .

Сульфат-ионы могут поглощаться путем хемосорбции на оксидах железа и алюминия, при этом выделяются ионы  $OH^-$ , нейтрализующие ионы  $H^+$ . Благодаря этим процессам в почве накапливаются сульфат-ионы, но не происходит значительного снижения pH.

Снижение содержания нитратов может быть обусловлено иммобилизацией этих ионов почвенной микрофлорой. Об этом косвенно свидетельствует отрицательная корреляционная зависимость между каталазной активностью почвы и содержанием нитрат-ионов. Аммонийный и нитратный азот используется микроорганизмами как источник азотного питания. Иммобилизация азота почвенной микрофлорой способствует снижению вымывания этого элемента и закреплению азота в почве.

**Выводы.** В результате выполненных экспериментов установлено, что минеральная сера в комбинации с фосфоритной мукой является перспективным и дешевым материалом для обогащения почвы серой и фосфором. Совместное внесение серы и фосфоритной муки не приводит к существенному увеличению кислотности почвы.

Совместное внесение в почву элементарной серы, фосфоритной муки и торфогеля позволяет существенно активизировать накопление в почве подвижных сульфатов и фосфатов. Установленный факт увеличения подвижности фосфатов и серы под влиянием торфогеля может представлять большой практический интерес.

Необходимо проведение дальнейших исследований влияния комовой молотой серы и торфогеля на переход фосфатов фосфоритной муки в доступную для растений форму. Полученные данные могут представлять большой интерес в плане повышения агрохимической эффективности самого дешевого фосфорного удобрения – фосфоритной муки.

### Литература

1. Якушкина Н. И., Бахтенко Е. Ю. Физиология растений. М.: Владос, 2004. 464 с.
2. Соболев Н. В. Переработка низкосортного фосфатного сырья с получением удобрений, обогащенных серой, кальцием и магнием: Дис. ... канд. техн. наук. М., 2007. 157 с.
3. Нортон Р., Миккелсен Р., Дженсен Т. Значение серы в питании растений // Питание растений. 2014. № 3. С. 2–5.
4. Маркина Е. О., Сырчина Н. В. Влияние промышленных гуминовых веществ на свойства почвы // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2017. С. 46–49.
5. Хазиев Ф. Х. Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. 179 с.

## ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФИТОТОКСИЧНЫЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ

*Н. В. Сырчина, Е. О. Маркина*

*Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru*

Медь относится к числу токсичных элементов, содержание которых в почвах различного назначения регламентируется СанПиН 2.1.7.1287-03. Основными источниками загрязнения почв сельскохозяйственного назначения этим тяжелым металлом (ТМ) являются содержащие медь пестициды, минеральные и органические удобрения, а также производимые из различных отходов нетрадиционные удобрения. К отходам, характеризующимся повышенным содержанием меди, можно отнести осадки сточных вод, золу, шлаки, отходы и выбросы металлургического производства, свиной навоз, куриный помет и др. Несмотря на то, что медь является жизненно необходимым (эссенциальным) элементом, существенное накопление в почве этого металла может привести к угнетению нормальной жизнедеятельности растений, снижению их продуктивности и загрязнению урожая токсичными соединениями.

Проявление токсичных свойств меди зависит от содержания и подвижности (биодоступности) элемента в почвах, а также от толерантности культуры к соответствующему ТМ. Высокую толерантность к меди, по сравнению с другими зерновыми культурами, проявляет овес, гибель которого наблюдается при содержании подвижных форм  $Cu$  на уровне 500 мг/кг почвы. Менее устойчивы к высоким концентрациям меди ячмень и пшеница [1].

Характерной особенностью меди является относительно быстрый переход из растворов в связанное состояние. Механизмы связывания меди в почвах весьма разнообразны [2]. Этот элемент активно сорбируется на поверхности гидроксидов  $Fe$ ,  $Al$ ,  $Mn$ ; благодаря ионному обмену связывается с глинистыми минералами; образует устойчивые комплексы с гуминовыми веществами; удерживается фосфатами, карбонатами, силикатами; поглощается микроорганизмами. Сорбция меди(II) малорастворимыми гумусовыми веществами (ГВ) может достигать 18 мг на 1 г ГВ [3]. Миграционная способность и степень токсичности меди во многом определяется прочностью соединений, в состав которых она включена. Наибольшую подвижность проявляет медь, входящая в состав глинистых минералов и гумусовых кислот [4]. На легких песчаных почвах, бедных органическими веществами и глинистыми породами, фитотоксичность меди проявляется наиболее выражено.

Основной формой существования ионов меди в почвенных растворах считаются хелатные комплексы, удерживающие до 80% растворенного металла [5]. Для реабилитации земель, загрязненных ТМ, обычно используются такие материалы, как известь, фосфаты, гипс, сорбенты, органические (в том числе гуминовые) вещества. Эти материалы способны связывать ТМ и снижать их биодоступность в почвенных системах [6]. Особый интерес в плане регуляции поступления меди в растения представляют фульвокислоты (ФК).

ФК образуют с ионами  $\text{Cu}^{2+}$  и другими ТМ устойчивые растворимые комплексы хелатного типа [7]. Таким образом, с одной стороны за счет образования фульватных комплексов подвижность меди в почвенных растворах должна увеличиваться, а с другой стороны, прочное связывание катионов  $\text{Cu}^{2+}$  должно ограничивать их биодоступность. Ограничение биодоступности меди в условиях высокого загрязнения почвы этим металлом должно снижать фитотоксичность субстрата и улучшать развитие растений.

**Цель исследования** – изучение влияния гуминовых удобрений на фитотоксичные свойства меди методом биотестирования.

В качестве источника гуминовых веществ использовался торфогель, получаемый методом механоактивации торфа (ООО «Техносорб»). Содержание ГВ (преимущественно в форме ФК) в препарате составляло 50 г на 1 дм<sup>3</sup> (30,6 % от массы сухих веществ) при влажности 83,7%.

Фитотоксичность среды оценивалась по ингибированию прорастания семян и роста проростков тест-культур. В качестве тест-культур были выбраны семена ячменя обыкновенного *Hordeum vulgare* сорт Новичок и горчицы белой *Sinapis alba* сорт ВНИИМК-162. Оценка фитотоксичности проводилась по таким показателям, как способность прорастания (за 5 суток), энергия прорастания (за 3 суток), дружность прорастания (доля семян проросших за первые сутки прорастания), скорость прорастания (сумма средних чисел семян, прорастающих ежедневно), интенсивность начального роста проростков [8].

Эксперимент проводился в лабораторных условиях.

Грунт (агрозем) для выполнения исследований отбирался с глубины 5–10 см на поле вблизи г. Кирова (д. Югрино), высушивался до воздушно-сухого состояния и просеивался через металлическое сито с размером ячеек 4x4 мм. Данные о свойствах агрозема представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Свойства агрозема, используемого для проведения эксперимента**

№	Показатели	Значение	Метод определения
1	pH <sub>водн.</sub> /pH <sub>ксл.</sub>	5,5±1,0/4,9±1,0	ГОСТ 26483-85
2	Органическое вещество, %	3,8±0,2	ГОСТ 26213-91
3	Фосфор валовый (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/кг	135±7	ГОСТ 26261-84
4	Фосфор подвижн. (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/кг	83±8	ГОСТ Р 54650-2011
5	Калий обменный (K <sub>2</sub> O), мг/кг	12,5±1,2	ГОСТ 26210-91
6	Нитраты, мг/кг	139±10	ГОСТ 26951-86
7	Медь (подвижные формы), мг/кг	1,2±0,4	ФР.1.31.2012.13573
	Медь (валовое содержание), мг/кг	43±3	
8	Механический состав	Средний суглинок	По Н. А. Качинскому мокрым методом

В подготовленный грунт вносились добавки торфогеля (водная суспензия) и сульфата меди(II) (раствор). Добавки перемешивались с грунтом с помощью лабораторного смесителя.

Образцы грунта помещались в пластиковые контейнеры и увлажнялись дистиллированной водой до 60%. На поверхность грунта помещалась фильтровальная бумага, на которой раскладывались семена тест-культур для проращивания. Во время эксперимента контейнеры с грунтом закрывались микроперфорированной полипропиленовой пленкой и выдерживались в термостатируемых условиях при температуре 20 °С. Поскольку медь быстро переходит в связанное состояние, семена тест-культур высаживались сразу после внесения соли меди в грунт.

Варианты состава грунта, используемого для проведения эксперимента:

- 1) контроль (грунт без добавок);
- 2) грунт + торфогель (1% от массы грунта);
- 3) грунт +  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (110 мг/кг, умеренное загрязнение);
- 4) грунт +  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (1100 мг/кг, сильное загрязнение);
- 5) грунт +  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (110 мг/кг) + торфогель (1% от массы грунта);
- 6) грунт +  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (1100 мг/кг) + торфогель (10% от массы грунта).

Добавка 10% торфогеля (от массы грунта) соответствует внесению в грунт 0,5% ФК, а добавка 1% торфогеля – 0,05% ФК.

Экспериментальные исследования выполнялись в трех повторностях. Полученные результаты подвергались статистической обработке в программе «Microsoft Excel» по общепринятым методикам.

Полученные в ходе эксперимента результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Показатели фитотоксичности грунта

Показатели	Тест-культура	Варианты, согласно составу грунта					
		1	2	3	4	5	6
Способность прорастания (5 суток), %	горчица	93,3±3,3	85,5±3,8	82,2±5,1	78,9±1,9	88,9±9,6	84,4±5,1
	ячмень	95,5±5,1	95,6±5,1	93,3±3,3	85,5±1,9	91,1±3,8	94,4±1,9
Энергия прорастания (3 суток), %	горчица	86,7±1,9	94,4±1,3	72,2±0,6	55,5±3,4	80,0±5,1	81,1±3,6
	ячмень	87,8±5,1	91,0±1,7	91,1±6,7	83,3±5,1	90,0±1,9	93,3±3,3
Дружность прорастания, %	горчица	25,6±6,9	21,1±8,4	8,9±3,8	1,1±1,9	24,4±5,1	11,1±5,1
	ячмень	67,8±12,6	63,3±13,3	61,1±7,7	48,9±12,6	61,1±5,1	65,5±5,1
Скорость прорастания	горчица	3,7±0,3	5,1±2,1	5,2±2,1	5,1±1,4	5,1±2,1	5,3±2,2
	ячмень	3,5±0,6	4,1±1,3	3,7±0,7	4,0±1,0	3,9±1,0	3,2±,2
Длина надземной части проростков, см	горчица	2,6±0,3	2,7±0,5	2,5±0,1	1,8±0,3	2,4±0,3	2,3±0,25
	ячмень	4,2±0,2	3,8±0,3	5,2±0,3	2,6±0,1	4,2±0,3	3,8±0,5
Длина корней, см	горчица	2,9±0,1	2,9±0,4	2,6±0,2	1,8±0,4	2,5±0,4	2,5±0,3
	ячмень	23,0±2,3	18,8±1,0	22,0±3,0	12,0±0,9	18,5±2,2	14,4±0,4

Согласно полученным данным, горчица белая является более чувствительной культурой к загрязнению субстрата медью, чем ячмень. Внесение в субстрат 110 мг/кг меди в виде сульфата меди(II) приводит к снижению энергии прорастания семян горчицы белой по сравнению с контролем на 17%, а внесение 1100 мг/кг снижает энергию прорастания на 56%. Различия в энер-

гии прорастания семян ячменя во всех вариантах эксперимента находятся на уровне стандартных отклонений.

Особенно большое влияние загрязнение медью оказывает на дружность прорастания семян горчицы. Снижение этого показателя, по сравнению с фоном, в условиях умеренного загрязнения достигает 65%, а в условиях сильного – 96%. Дружность прорастания семян ячменя в условиях сильного загрязнения медью, по сравнению с контролем, снижается в среднем на 28%. Внесение в грунт умеренных доз меди (110 мг/кг) оказывает положительное влияние на скорость роста надземной части ячменя и некоторое отрицательное влияние на рост корневой системы. Данный эффект может быть связан с непосредственным участием меди в процессах фотосинтеза. В условиях высоких концентраций меди наблюдается угнетение роста как надземной, так и подземной частей проростков.

Внесение в почву торфогеля приводит к заметному снижению отрицательного влияния добавок меди на прорастание семян. В присутствии торфогеля на фоне добавок солей меди большинство показателей фитотоксичности приближается к контрольным значениям.

В таблице 3 приведены данные, характеризующие влияние состава грунта на сроки появления coleoptилей ячменя и гипокотилей горчицы.

Таблица 3

**Влияние состава грунта на сроки появления проростков тест-культур**

Варианты, согласно составу грунта	Доля проростков имеющих coleoptиль или гипокотиль, %			
	2-й день проращивания		4-й день проращивания	
	горчица	ячмень	горчица	ячмень
1	14,4±1,5	8,9±0,6	81±1,5	88,9±3,2
2	10,0±1,0	8,9±1,5	78,9±1,5	86,7±1,0
3	4,4±0,6	28,9±0,6	76,7±1,0	90,0±2,0
4	11,1±1,5	0	80,0±2,0	92,2±0,6
5	10,0±1,0	7,8±1,5	83,3±2,0	90±1,0
6	5,5±2,8	8,8±1,1	80,0±2,0	92,2±0,6

Приведенные в таблице 3 данные свидетельствуют о том, что содержание в грунте меди оказывает существенное влияние на формирование надземной части проростков ячменя. На ранних этапах прорастания (2-е сутки) в условиях умеренного загрязнения медь стимулирует развитие coleoptилей, а в условиях сильного загрязнения – подавляет. На формирование надземной части проростков горчицы медь оказывает менее выраженное влияние. На более поздних этапах прорастания (4-е сутки) практически все проросшие семена имели не только корешки, но и надземную часть, однако длина корешков и ростков проростков в условиях высокого загрязнения медью была заметно ниже, чем в контроле.

Следует отметить, что на прорастание семян горчицы белой определенное влияние оказывает не только медь, но и торфогель. Внесение торфогеля в грунт приводит к снижению скорости появления гипокотилей на 30%. Добавка в грунт торфогеля (без добавок меди) приводит к некоторому замедлению

роста корней (на 18%) и колеоптилей ячменя (на 9%). Данный эффект может быть обусловлен ухудшением поступления в проростки ячменя микроэлементов, за счет связывания их в прочные фульватные комплексы. Центрами связывания меди в гуминовых веществах в зависимости от рН могут являться карбоксильные группы.

**Выводы.** Гуминовые удобрения, в частности препараты фульвокислот, оказывают существенное влияние на фитотоксичные свойства меди. Образование прочных фульватных комплексов снижает биодоступность этого элемента.

В области высоких (фитотоксичных) концентраций металла комплексобразование обуславливает биопротекторные свойства фульвокислот, однако в области низких концентраций за счет связывания биометаллов возможно ухудшение минерального питания растений и задержка их развития.

Полученные данные могут иметь большое практическое значение при разработке составов комплексных удобрений, обогащенных микроэлементами и гуминовыми веществами. Включение фульвокислот в состав удобрений способно привести к существенному снижению усвоения биоэлементов (в частности меди) растениями.

#### Литература

1. Борисков Д. Е. Причины и закономерности техногенного загрязнения тяжелыми металлами системы почва-растение в условиях лесостепной зоны Зауралья: Дис. ... канд. с.-х. наук. Курган. 2000. 168 с.
2. Коновалова О. Н., Попова Л. Ф., Шпынова А. А. Механизм закрепления меди техногенно измененными почвами Архангельска // Arctic Environment Research. 2016. № 1. С. 80–88.
3. Путилина В. С. Адсорбция тяжелых металлов почвами и горными породами. Новосибирск. 2009. 155 с.
4. Попова Л. Ф. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах Архангельска // Фундаментальные исследования. 2014. № 9 (часть 3). С. 562–566.
5. Раскатов А. В. Агроэкологические аспекты транслокации тяжелых металлов в почве и растениях (на примере дерново-подзолистых почв Ивановской области): Дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2000. 175 с.
6. Ефремова С. Ю. Приемы детоксикации химически загрязненных почв // Известия ПГПУ. 2012. № 29. С. 379–382.
7. Варшал Г. М., Велюханова Т. К., Кошеева И. Я. Геохимическая роль гумусовых кислот в миграции элементов // Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993. С. 97–117.
8. Чеснокова С. М., Чугай Н. В. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды. Ч. 2. Методы биотестирования. Владимир, 2008. 92 с.

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*В. Ф. Ковязин<sup>1</sup>, Нгуен Тхи Тхюи<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский горный университет, *vfkedr@mail.ru*

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С. М. Кирова, *thuynguuyenafc@gmail.com*

Экологическая оценка зеленых насаждений общего пользования (ЗНОП) Санкт-Петербурга проводится в целях получения объективной и достоверной информации о количестве и видовом составе растений, устойчивости, жизнеспособности, поврежденности древесных растений, качестве газонов и цветников. Оценке подлежат все объекты ЗНОП – «... насаждения на выделенных в установленном порядке земельных участках, предназначенных для рекреационных целей, доступ на которые бесплатен и свободен для неограниченного круга лиц ...» [1], а именно зеленые насаждения парков, городских садов, скверов, бульваров, озелененные городские улицы [2].

Экологическая оценка объектов ЗНОП включает: обновление информации о границах ЗНОП, а также площади, занятой древесно-кустарниковой растительностью, площади газонов и цветников. Учет ведется фактического количества произрастающих на этой площади древесных растений отдельно по их жизненным формам (деревья, кустарники), видам и возрастным категориям. Экологическое состояние деревьев, кустарников, газонов и цветников, осуществляется через интегральную оценку всей растительности на объектах ЗНОП, используя коэффициент комплексной экологической оценки. Он складывается из среднеарифметических баллов оценки состояния элементов растительности: древесных насаждений (Бсд), кустарниковой растительности (Бск), газонов (Бсг), и цветников (Бсц), с поправкой на их значимость, «вес» в общем балансе растительности и занимаемую ими площадь на объектах.

Средневзвешенные баллы экологической оценки (ККЭО) условно принимались для каждого элемента растительности в виде поправочных коэффициентов (ПК): для древостоя – 1,0; кустарников – 0,4; газонов – 0,2; цветников – 0,1 [3].

ККЭО рассчитывался как сумма произведений баллов состояния (Бс) на поправочные коэффициенты, разделенная на сумму значений ПК всех элементов растительности по формуле:

$$\text{ККЭО} = \frac{\text{Бсд} \times 1 + \text{Бск} \cdot 0,4 + \text{Бсг} \cdot 0,2 + \text{Бсц} \times 0,1}{1 + 0,4 + 0,2 + 0,1}$$

Полевые работы по сбору данных проведены в насаждениях сквера на проспекте Ветеранов Санкт-Петербурга с применением метода сплошного пересчета растений.

Картографирование границ объекта, подлежащего экологической оценке, выполнено по результатам кадастровой съемки территории. Установление границы и площади объекта проведены по программе AutoCad (рис., табл. 1).



Рис. Сквер на проспекте Ветеранов в программе AutoCad

В программе AutoCad использовали инструмент «Площадь» для определения площади: на панели выбирали вкладку «Главная», далее «Утилиты», а в выпадающем списке нажимаем «Измерить» и щёлчками по строке «Площадь», а в журнале командной строки находили значения площади и периметра участка. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Соотношение площадей элементов озеленения в сквере на пр. Ветеранов**

Элементы озеленения	Площадь	
	га	%
Деревья	0,62	24,64
Кустарники	0,20	7,95
Газоны	1,39	55,25
Цветники	0,056	2,23
Озеро	0,25	9,94
Итого	2,52	100

После определения площади элементов озеленения проводили комплексную оценку экологического состояния сообщества всего объекта. Расчеты проводили по средневзвешенным баллам (индексам) состояния, используя коэффициент комплексной экологической оценки.

Санитарное состояние элементов озеленения устанавливалось по рекомендации Управления садово-паркового хозяйства Комитета по благоустройству Правительства Санкт-Петербурга [3] (табл. 2–3).

Таблица 2

**Категории состояния деревьев и кустарников**

Категория состояния	Характеристика состояния		Балл
	Деревья	Кустарники	
Хорошее	Деревья здоровые, нормально развитые, признаков болезней и вредителей нет, повреждений ствола и скелетных ветвей, ран и дупел нет;	Кустарники нормально развитые, здоровые, густо облиственные по всей высоте, сухих и отмирающих ветвей нет. Механических повреждений и поражений болезнями нет. Окраска и величина листьев нормальные.	1
Удовлетворительное	Деревья здоровые, но с замедленным ростом, неравномерно развитой кроной, недостаточно облиственные с наличием незначительных повреждений и небольших дупел.	Кустарники здоровые, с признаками замедленного роста, недостаточно облиственные, с наличием усыхающих побегов, кроны однобокие, сплюснутые. Ветви частично снизу оголены, имеются незначительные механические повреждения, повреждения вредителями.	2
Неудовлетворительное	Деревья сильно ослабленные, ствол имеет искривления; крона слабо развита; наличие усыхающих или усохших ветвей; прирост однолетних побегов незначительный, сухостершинность; механические повреждения ствола значительные, имеются дупла.	Ослабленные, переросшие, сильно оголенные снизу, листва мелкая, имеются усохшие ветви и слабо облиственные, с сильными механическими повреждениями, пораженные болезнями.	3

Таблица 3

**Категории состояния газонов и цветников**

Категория состояния	Характеристика состояния		Балл
	Газоны	Цветники	
1	2	3	4
Хорошее	Поверхность хорошо спланирована, травостой густой, однородный, равномерный, регулярно стриженный, цвет интенсивно зеленый; сорняков и мха нет.	Поверхность цветника тщательно спланирована, почва хорошо удобрена, растения хорошо развиты, равные по качеству, отпада нет, уход регулярный, сорняков нет.	1
Удовлетворительное	Поверхность газона с заметными неровностями, травостой не ровный с примесью сорняков, нерегулярно стриженный, цвет зеленый, плешин и вытопанных мест нет.	Поверхность грубо спланирована с заметными неровностями, почва слабо удобрена, растения нормально развиты, отпад заметен, сорняки единичны, ремонт цветников нерегулярный.	2

1	2	3	4
Неудовлетворительное	Травостой изреженный, неоднородный, много широколистных сорняков, окраска газона неровная, с преобладанием желтых оттенков, много мха, плешин, вытопанных мест.	Почва не удобрена, поверхность спланирована грубо, растения слабо развиты, отпад значительный, сорняков много.	3

Установлено, что средний балл древесной растительности составил – 1,5, что характеризует как удовлетворительное её состояние. Средний балл состояния кустарников – 1,0, что характеризует их как здоровые. В газонах со своевременной стрижкой поддерживается определенная высота травостоя, что является одним из важных условий их содержания. По состоянию газонам дана оценка 1,0 балл. По состоянию цветники оценены в 1,0 балл, что свидетельствует об отличном состоянии.

Коэффициент комплексной экологической оценки всей растительности на объекте равен:

$$ККЭО = \frac{1,5 \times 1 + 1,0 \times 0,4 + 1,0 \times 0,2 + 1,0 \times 0,1}{1 + 0,4 + 0,2 + 0,1} = 1,29.$$

На основе исследований, можно заключить, что зеленые насаждения в сквере на проспекте Ветеранов имеют хорошее состояние и характеризуются баллом качества – 1,29.

#### Литература

1. Ельченинов В. А., Алтаев А. А. Оценка состояния древостоя в условиях г. Улан-Удэ на примере парка им. С. Орешкова // Рациональное использование почвенных и растительных ресурсов в экстремальных природных условиях: труды Междунар. конф. (Улан-Удэ, 6–10 июня 2012 г.). Улан-Удэ, 2012. С. 191–194.
2. Закон Санкт-Петербурга от 12.05.2004 N 254-38 «Об охране зеленых насаждений». СПб.: Собрание законодательства СПб, 2004. 16 с.
3. Озеленение и благоустройство территории Санкт-Петербурга в правилах и нормативах. СПб.: ЛТА, 2006. 136 с.

### САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ КУРОРТНОГО ЛЕСОПАРКА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

**В. Ф. Ковязин<sup>1</sup>, Фам Тхи Хиен Лонг<sup>2</sup>, До Хонг Хань<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский горный университет, [vfkedr@mail.ru](mailto:vfkedr@mail.ru)

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, [luong39@gmail.com](mailto:luong39@gmail.com), [dohanh326@gmail.com](mailto:dohanh326@gmail.com)

Курортный лесопарк входит в лесопарковую зону г. Санкт-Петербурга и относится к категории городских лесов [1], которые являются местом отдыха горожан. Общая площадь лесопарка составляет 22934 га. В состав Курорт-

ного лесопарка входят 6 участковых лесничеств, границы которых установлены с учётом наличия путей транспорта, освоённости лесного массива для отдыха населения и наилучшей охраны лесов от пожаров (рис.).



Рис. Схема расположения и границы Курортного лесопарка г. Санкт-Петербурга

Основная структурная единица в системе управления городскими лесами та же, что и таежными, – участковое лесничество. По мере постановки земель городских лесов на кадастровый учет, регистрации прав собственности на лесные участки и внесения изменений в государственный лесной реестр, площадь лесничеств может измениться [1]. Выполнение рекреационной роли лесами зависит от санитарного состояния древостоев.

Из общей территории Курортного лесопарка на лесные земли приходится 84%, на нелесные – 16%. Площадь земель, покрытых лесной растительностью, составляет 84% от площади всех земель. На не покрытые лесной растительностью земли приходится менее 1% от общей площади лесопарка, земли, занятые болотами составляют 8% от общей площади лесопарка [1]. В категорию «прочие земли» включены линейные объекты различного назначения: трассы ЛЭП, газопроводы, телефонные линии, крутые склоны (табл. 1).

Таблица 1

**Категории земель Курортного лесопарка**

№	Категории земель		Площадь, га	%
1	Лесные земли	Покрытые лесной растительностью земли	19205	84,0
2	Нелесные	Не покрытые лесной растительностью земли	114	0,5
		Болота	1759	8,0
		Прочие земли	1856	7,5
Итого:			22934	100

Оценка санитарного состояния насаждения проводилась по пробным площадям [2], размеры которых составляли не менее 50 x 50 м. В Песочинском лесничестве заложено три пробных площади. При закладке пробной площади проводилось лесоводственное описание насаждения, оценивалось степень заболачивания земель и их удаленность от транспортных путей. Для определения диаметра стволов использовали мерную вилку, высоты – высьтомер, возраста – возрастной бурав. Класс бонитета определяли по среднему возрасту и средней высоте основного элемента леса (по М. М. Орлову) [2].

Тип леса устанавливался по диагностическим признакам. Главными диагностическими признаками являлись рельеф, почвенно-грунтовые условия, травянистые растения – индикаторы этих условий. Полнота определялась по измерениям суммы площадей поперечного сечения стволов деревьев полного мерья биттерлиха. Запас древесины определяется отдельно для каждого яруса лесного насаждения по преобладающей древесной породе, средней высоте древостоя и полноте яруса по таблицам [2]. Лесоводственно-таксационная характеристика пробных площадей приведена в таблице 2.

Таблица 2

**Таксационная характеристика пробных площадей**

№	Площадь, га	Состав древостоя	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Тип леса	Полнота	Запас, м <sup>3</sup>	
									На 1 га	на выделе
1	0,3	9Б1С+Е	50	17	16	III	березняк травяно-таволжный осушенный	0,6	124	37
2	0,4	6С4Е+Б	60	19	22	II	сосняк черничный влажный осушенный	0,7	224	90
3	0,3	9Б1С	60	19	20	III	березняк черничный влажный осушенный	0,6	148	44

По пробным площадям определены повреждения деревьев, а также устанавливались причины ухудшения лесопатологического состояния древостоя. При обследованиях рассчитывалась средняя категория состояния деревьев в соответствии с «Приказом МПР России от 09.07.2007г. № 174 органи-

зации и ведению лесопатологического мониторинга» [3]. Санитарное и лесопатологическое состояние насаждений определялось глазомерно-измерительным способом. Для исследования использована шкала «санитарного состояния насаждений» [2]. 6 категория – сухостой прошлых лет на пробных площадях отсутствует. Степень состояния насаждений оценивалось по балльной системе [2, 4] (табл. 3).

Таблица 3

**Баллы состояния древесных растений**

Балл	Характеристика состояния деревьев
1	Здоровые деревья без внешних признаков повреждения, величина прироста соответствует норме.
2	Ослабленные деревья. Крона слабоажурная, отдельные ветви усохли. Листья и хвоя часто с желтым оттенком. У хвойных деревьев на стволе сильное самотечение и отмирание коры на отдельных участках.
3	Сильно ослабленные деревья. Крона изрежена, со значительным усыханием ветвей, вершина сухая. Листья светло-зеленые, хвоя с бурым оттенком и держится 1-2 года. Листья мелкие, но бывают и увеличены. Прирост уменьшен или отсутствует. Самотечение сильное. Значительные участки коры отмерли.
4	Усыхающие деревья. Усыхание ветвей по всей кроне. Листья мелкие недоразвитые, бледно-зеленые с желтым оттенком; отмечается ранний листопад. Хвоя повреждена на 60% от общего количества. Прирост отсутствует. На стволах признаки заселения короедами и другими вредителями.
5	Сухие деревья. Крона сухая. Листьев нет, хвоя желтая или бурая (осыпается или осыпалась). Кора на стволах отслаивается или полностью опала. Стволы заселены ксилофагами (потребителями древесины).

Балл состояния насаждения – определяется как средневзвешенная величина на основе категории состояния деревьев и числа их в каждой категории. При расчете балла состояния насаждения учитываются только живые деревья и стволы, погибшие в текущем году (категория состояния):

$$\text{Балл} = \frac{\sum_i^5 i \cdot n_i}{N},$$

где  $n_i$  – число деревьев в категории  $i$  состояния ( $i = 1-5$ );  $N$  – число деревьев в первых пяти категориях [2].

В зависимости от среднего балла древостой считается здоровым при менее 1,5 баллах, ослабленным при 1,6–2,5, сильно ослабленным при 2,6–3,9, усыхающим при более 4 баллах [2].

По результатам исследований насаждения на пробных площадях отмечено постепенное ухудшение санитарного состояния древостоев, обнаружены разнообразные стволовые гнили как на хвойных, так и на лиственных породах [4], что приводит к ежегодному увеличению объема санитарно-выборочных рубок. В лиственных насаждениях распространены: трутовик ложный, опенок и чага. В хвойных насаждениях наиболее часто встречаются корневая губка у старовозрастных деревьев (табл. 4).

**Баллы состояния и виды болезней  
в Песочинском лесничестве Курортного лесопарка**

№	Площадь, га	Состав древостоя	Балл	Оценка состояния деревьев	Название болезни
1	0,3	9Б1С+Е	2,5	ослабленные деревья	корневая губка, стволовая гниль (опенок, ложный трутовик, чага)
2	0,4	6С4Е+Б	2,7	сильно ослабленные деревья	
3	0,3	9Б1С	1,8	ослабленные деревья	

Основными факторами ослабления насаждений Курортного лесопарка выступают заболоченность и подтопление территорий, а также высокая загазованность вдоль автотрасс, прилегающих к насаждениям. Особенности обнаруженных болезней определены по форме и основным характеристикам, которые приведены в таблице 5 [5].

**Болезни насаждений в Песочинском лесничестве Курортного лесопарка**

№	Вид болезни и вредитель	Повреждения
1	Ложный трутовик <i>Phellinus igniarius</i> (L.) QUÉL.	Плодовые тела – многолетние, чаще – копытообразные, иногда – желвакообразные или подушковидные, реже – распростертые. Их поверхность темно-серая или буровато-черная, трещиноватая, с концентрическими бороздками.
2	Трутовик скошенный (чага) <i>Inonotus obliquus</i> (Pers.) Pil.	Наросты чаще всего образуются в местах облома ветвей, механических и других повреждений ствола. Плодовые тела возбудителя чаги появляются под корой около наростов. Они распростертые, тонкие, бурого цвета, с трубчатым гименофором, довольно быстро разрушающиеся, поэтому стадия плодовых тел часто проходит незамеченной. Чага поражает главным образом березу. В стволах пораженных деревьев развивается ядровая белая гниль, сходная по своим признакам с гнилью от ложного трутовика.
3	Опенок осенний <i>Armillaria mellea</i> (Vahl. ex Fr.) Karst.)	Опенок поражает насаждения различного возраста. Распространение гриба от дерева к дереву по корням обуславливает куртинный характер заболевания, вызывая постепенное ослабление насаждений. Интенсивному развитию очагов опенка способствуют загущенность древостоя, переплетение и срастание корневых систем, ослабление деревьев абиотическими и другими факторами, а также теплая влажная погода, благоприятная для массового формирования плодовых тел, рассеивания базидиоспор и заражения ими свежих пней, на которых вновь образуется мицелий, пленки и, наконец, ризоморфы, обеспечивающие дальнейшее распространение гриба.
4	Корневая губка <i>Heterobasidion annosum</i> (FR.) BREF.	Гриб представляет большую опасность для сосны, ели. Корневая губка встретилась во всех типах лесорастительных условий. В Курортном лесопарке развитию очагов корневой губки благоприятствуют повышенные рекреационные нагрузки, следствием которых являются повреждения корней, уплотнение почвы и ухудшение ее аэрации. Заболевание приводит к массовому усыханию деревьев и распаду насаждений.

По результатам исследования можно сделать заключение о том, что для улучшения лесопатологического состояния насаждений Курортного лесопарка необходимы организовать следующие мероприятия: низкоинтенсивные санитарно-выборочные рубки, посадка на место удаленных экземпляров более устойчивы к загазованности воздуха и подтоплению древесных пород, а при корневой губке следует в состав хвойного насаждения вводить лиственные породы-интродуценты.

#### Литература

1. Лесохозяйственный регламент Курортного лесопарка Санкт-Петербурга. СПб.: ФГУП «РОСЛЕСИНФОРГ», 2014. 217 с.
2. Минаев В. Н., Леонтьев Л. Л., Ковязин В. Ф. Таксация леса. СПб.: Изд-во Лань, 2010. 240 с.
3. Приказ МПР РФ от 09.07.2007 № 174 «Об утверждении порядка организации и осуществления лесопатологического мониторинга». М.: Собрание законодательства РФ, 2006. № 50. 5278 с.
4. Минкевич И. И., Дорофеева Т. Б., Ковязин В. Ф. Фитопатология. Болезни древесных и кустарниковых пород. СПб.: Изд-во Лань, 2011. 160 с.
5. Минкевич И. И., Варенцова Е. Ю., Дорофеева Т. Б., Ковязин В. Ф., Шабнов В. М. Альбом болезней, пороков и аномалий развития древесных пород, используемых при озеленении городов и населенных мест Северо-Запада России. СПб.: Изд-во СПбГЛТА, 2007. 58 с.

### ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ В ПРЕДГОРНЫХ ЛЕСАХ НА ЗАПАДНОМ МАКРОСКЛОНЕ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

*Т. А. Пристова<sup>1</sup>, С. В. Загирова<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, pristova@ib.komisc.ru*

<sup>2</sup> *Сыктывкарский государственный университет им. Путьирима Сорокина, zagirova@ib.komisc.ru*

Элементный состав растений зависит от большого числа одновременно действующих факторов, в том числе антропогенных. Исследования элементного состава лесных растений, бореальных лесов проводятся как в России, так и за рубежом [1–3]. Аккумуляция химических элементов в лесных растениях видоспецифична, однако, геохимические и климатические факторы могут влиять на их концентрацию, определяя их региональные особенности [3]. Экосистемы Приполярного Урала характеризуются уникальной флорой, в которой отмечается высокое разнообразие редких и эндемичных видов растений [4]. Однако, в настоящее время химический состав растений, произрастающих на Урале, слабо изучен. Цель работы состояла в определении элементного состава растений, произрастающих в лесных фитоценозах на западном макросклоне Приполярного Урала.

Сбор растений проводили в ельниках чернично-зеленомошном (5Е5Б) и разнотравно-сфагновом (6Е4Б+П) и березняке разнотравном (7Б3Е), типич-

ных лесных фитоценозах для предгорий западного макросклона Приполярного Урала.

Изучен элементный состав надземных частей семи видов растений: *Vaccinium myrtillus* L. (сем. *Ericaceae*) – черника обыкновенная, *Veratrum lobelianum* Bernh. (сем. *Melanthiaceae*) – чемерица Лобеля, *Chamaepericlymenum suecicum* (L.) Asch. Graebn. (сем. *Cornaceae*) – дерен шведский, *Sphagnum girgensohnii* Russ. (сем. *Sphagnaceae*) – сфагнум Гиргензона, *Rubus chamaemorus* L. (сем. *Rosaceae*) – морошка обыкновенная, *Betula pubescens* Ehrh. (сем. *Betulaceae*) – береза пушистая (листья), *Picea obovata* Ledeb. (сем. *Pinaceae*) – ель сибирская (хвоя).

Методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС ИСП) на спектрометре «Spectro Ciros» (Германия) определено количественное содержание 14 химических элементов: Mg, Ca, K, Na, Mn, Fe, Al, S, P, Cu, Zn, Ni, Cd, Pb. Химические анализы проведены в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

В результате проведенных исследований выявлены различия в аккумуляции химических элементов в растениях, произрастающих в лесах предгорий Приполярного Урала. Высокое содержание определяемых минеральных элементов отмечено у *Veratrum lobelianum* и *Chamaepericlymenum suecicum*. Помимо вышеперечисленных растений большое количество калия (более 13000 мг/кг) и магния (более 3000 мг/кг) накапливается в растениях *Rubus chamaemorus* и листьях *Betula pubescens*; серы (1600 мг/кг) – в листьях *Betula pubescens* и *Vaccinium myrtillus*; фосфора (более 2000 мг/кг) – в листьях *Betula pubescens*; железа (более 170 мг/кг) и алюминия (более 210 мг/кг) – в *Sphagnum girgensohnii* и *Vaccinium myrtillus*. Высоким содержанием марганца (более 2500 мг/кг) отличались *Vaccinium myrtillus* и листья *Betula pubescens*, цинка (350 мг/кг) – листья *Betula pubescens*, меди (более 10 мг/кг) – *Rubus chamaemorus* (табл.).

Таблица

**Среднее содержание микроэлементов в надземной части исследуемых растений, мг/кг абсолютно сухого вещества**

Вид растения	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd
<i>Picea obovata</i>	1,2±0,4	2,4±0,5	53±11	<0,5	<0,1
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	3,1±1,1	6,1±1,2	57±11	2,1±0,5	0,3±0,2
<i>Betula pubescens</i>	5,0±1,8	7,4±1,5	350±70	0,9±0,2	0,6±0,3
<i>Veratrum lobelianum</i>	3,2±1,1	19,0±4,0	77±15	<0,5	0,2±0,1
<i>Chamaepericlymenum suecicum</i>	2,3±0,8	5,0±1,0	30±6	1,7±0,4	0,2±0,1
<i>Rubus chamaemorus</i>	2,7±0,9	10,8±2,2	48±10	0,7±0,2	1,3±0,6
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1,1±0,4	7,3±1,5	20±4	0,6±0,1	0,1±0,05

Концентрация ряда микроэлементов в исследуемых растениях очень низкая. Так, содержание кадмия в растениях не превышает 1,3, свинца – 2,1, никеля – 5 мг/кг (табл.). Таким образом, накопление каждого элемента в исследованных растениях видоспецифично. В порядке убывания их суммарной концентрации исследованные виды можно расположить в следующий ряд:

*Veratrum lobelianum* > *Chamaepericlymenum suecicum* > *Betula pubescens* > *Rubus chamaemorus* > *Sphagnum girgensohnii* > *Vaccinium myrtillus* > *Picea obovata*. Сопоставляя полученные нами концентрации отдельных элементов с данными исследований, проведенными в других регионах, можно отметить, что в Западной Сибири у *Vaccinium myrtillus* концентрации натрия и кальция ниже, а железа и цинка выше, чем на Приполярном Урале [3]. Наши результаты имеют сходство с данными, полученными для Алтая [3] и с «обобщенным стандартом растений» [1].

Особенности химического (элементного) состава растений каждой систематической группы сохраняются в любых условиях их произрастания, поэтому аккумулятивный ряд элементов для каждого вида растения, в разных типах леса должен быть идентичен [5]. Однако, накопление (концентрации) того или иного элемента зависит от ландшафтно-геохимических условий места произрастания. Для большинства изученных нами видов растений доминирующими элементами минерального состава являются Ca, K, P, S, Mn и Mg. Ряды биологического поглощения для этих растений имеют следующий вид:

1. *Vaccinium myrtillus* Ca>Mn>P>K=S>Mg>Al>Na>Fe>Zn>Cu>Ni>Pb>Cd
2. *Veratrum lobelianum* K>Ca>P=Mg>S>Mn>Fe>Na>Al>Zn>Cu>Ni>Cd>Pb
3. *Chamaepericlymenum suecicum* Ca>K>Mg>P>S>Al>Na>Mn>Fe>Zn>Cu>Ni>Pb>Cd
4. *Sphagnum girgensohnii* K>Ca>P>Mg>S>Mn>Al>Fe>Na>Zn>Cu>Ni>Pb>Cd
5. *Rubus chamaemorus* K>Ca>Mg>P>S>Mn>Na>Al>Fe>Zn>Cu>Ni>Cd>Pb
6. *Betula pubescens* (листья) K>Ca>P>Mn>Mg>S>Zn>Fe>Al>Na>Cu>Ni>Pb>Cd
7. *Picea obovata* (хвоя) Ca>K>P>Mn>Mg>S>Al>Zn>Na>Fe>Cu>Ni>Pb>Cd

Таким образом, из всех исследованных нами растений, наиболее высоким содержанием элементов минерального питания отличаются *Veratrum lobelianum* (сем. *Cornaceae*) и *Chamaepericlymenum suecicum* (сем. *Melanthiaceae*). Определены ряды биологического поглощения химических элементов для исследуемых видов растений. Наиболее высокий уровень в растениях отмечен для Ca, K, P, S и Mg ( $\geq 800$  мг/кг), наиболее низкий для – Ni, Pb, Cd ( $\leq 5$  мг/кг).

*Работа выполнена при финансовой поддержке темы госзадания Института биологии Коми научного центра УрО РАН (№115012860034): «Биогеоэкологические основы продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем европейского Северо-Востока» и проекта ПРООН/ГЭФ Коми ООПТ № 00059042 «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора» (2008–2016 гг.).*

*Выражаем благодарность инженеру-химику экоаналитической лаборатории ФГБУН ИБ КНЦ УрО РАН Н. В. Бадулиной за выполнение химических анализов.*

### Литература

1. Markert B. Establishing of «Reference plant». Osnabruck: F.R.G, 1991. P. 533–538.
2. Reimann C., Koller F., Frengstad B., Kashulina G., Niskavaara H., Englmaier P. Comparison of element composition in several plant species and their substrate from a 1 500 000 km<sup>2</sup> area in Northern Europe // The science of the Total environment. 2001. 278. P. 87–112.
3. Барановская Н. В., Черненькая Е. В. Особенности накопления химических элементов в чернике обыкновенной (*Vaccinium myrtillus*) на территории Западной Сибири // Фундаментальные исследования. 2015. № 2. С. 299–306.
4. Биологическое разнообразие Республики Коми. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2012. 264 с.
5. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М.: Госуд. изд-во геогр. лит-ры, 1961. 496 с.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ *TRIFOLIUM PRATENSE* В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

**А. В. Рыбак<sup>1</sup>, Е. С. Белых<sup>1</sup>, Т. А. Майстренко<sup>1</sup>, И. О. Вележжанинов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, [canewa.anuta@yandex.ru](mailto:canewa.anuta@yandex.ru)

<sup>2</sup> Вятский государственный университет, [vellio@yandex.ru](mailto:vellio@yandex.ru)

Молекулярно-генетические методы, применяемые в оценке генетического полиморфизма и анализе генетической структуры популяций растений и животных (AFLP, RAPD, ISSR, SSR и др.), разнообразны и обладают как преимуществами, так и недостатками. Анализ микросателлитов (SSR) среди прочих методов обладает следующими достоинствами: кодоминантным наследованием, большим аллельным разнообразием локусов, высокой воспроизводимостью относительно RAPD и ISSR и распространенностью в геномах [1].

Цель работы заключалась в оценке генетического полиморфизма микросателлитов *Trifolium pratense* L., произрастающего на территориях с повышенным и фоновым содержанием тяжелых естественных радионуклидов (ТЕРН) и тяжелых металлов (ТМ) в почве.

Для изучения генетической изменчивости микросателлитов использовали семь выборок *T. pratense* из популяции, занимающей территории вблизи пос. Водный (Республика Коми) с антропогенно повышенным и фоновым содержанием ТЕРН, ТМ и As в почве [2]. Характеристика семи экспериментальных участков, на которых собирали растения *T. pratense*, представлена в таблице 1.

В работе использовали 5 из 1000 известных для *Trifolium pratense* микросателлитных локусов (RCS5073, RCS6820, RCS4914, RCS2484, RCS6190), расположенных на 4 хромосоме [3]. Описание микросателлитных локусов представлено в таблице 2.

Таблица 1

**Удельные активности основного дозообразующего радионуклида  $^{226}\text{Ra}$ , мощности доз облучения растений и суммарные показатели загрязнения (СПЗ) почвы исследуемых участков тяжелыми металлами**

Участок	$^{226}\text{Ra}$ , Бк/кг	Доза, мГр/год	СПЗ
1	37±10	2,1±0,3	12,4
2	22±4	1,2±0,2	5,6
3	31±8	2,0±0,3	3,1
4	1300±1000	34±15	36,1
5	18000±2000	390±42	11,4
6	20000±2000	800±330	240,0
7	14000±1400	313±33	3,3

Таблица 2

**Характеристика микросателлитных локусов *Trifolium pratense* [3]**

Название локусов	Последовательность	SSR мотив	Длина	Размер
RCS5073-f RCS5073-r	AGTCGAAACGCCTCTAGCAA TTTGGGCAATTTTCCTTTGAG	ATC	44	225
RCS6820-f RCS6820-r	ACGAACCAAACCGAACTCTG CCTTCGTGCATCCTCCTAAC	ACT	15	295
RCS4914-f RCS4914-r	TCCATCCATCCTAATGCAAA TGGACAATCTATGCCACCAA	ACT	17	206
RCS2484-f RCS2484-r	ACCGTATTCCGAGCACATTC TCAAGAATGGTTGCCAATGA	AAC	15	190
RCS6190-f RCS6190-r	TTCACTCATCTAACAACTCACTCTTC TGTTGGTCTTAGGATTGCC	AC	17	193

Примечание: f – прямой праймер, меченый FAM; r – обратный праймер, без метки.

ДНК выделяли из высушенных растений *T. pratense* с помощью набора FastDNA Spin Kit (MP Biomedicals, USA) по протоколу производителя. Каждая ПЦР реакция (12,5 мкл) содержала 0,5 нг/мкл геномной ДНК, 5X реакционную смесь qPCRmix-HS (Евроген, Россия), 0,3 мкМ прямого и обратного праймеров и деионизированную  $\text{H}_2\text{O}$ . ПЦР-амплификация проведена на T100 Thermal Cycler (Bio-Rad, Россия) по следующему протоколу: предварительная денатурация (95 °C, 5 мин, 1 цикл); денатурация (60 °C, 75 с), отжиг (72 °C, 30 с) и элонгация (72 °C, 30 с) в течение 40 циклов, финальная элонгация (72 °C, 5 мин, 1 цикл). После этого продукты 0,5 мкл ПЦР-реакции подвергли денатурации в смеси с 11 мкл Hi-Di™ Formamide and 0,25 мкл стандарта GeneScan 500 ROX (Applied Biosystems) в течении 3 мин при 95 °C, затем выдерживали в течение 3 мин на льду.

Микросателлитные фрагменты анализировали на генетическом анализаторе ABI PRISM 310 Genetic Analyzer (Applied Biosystems). Визуализацию и подсчет аллелей осуществили в программе GenMapper v 4.0.

Для каждого микросателлитного локуса определили диапазон размеров выявленных аллелей, общее количество аллелей, среднее число аллелей/локус. Генетическое разнообразие *T. pratense* оценивали по следующим параметрам: общему, среднему и эффективному числу аллелей на локус ( $A$ ,  $A_{cp}$ ,  $A_e$ ) и для каждой выборки ( $N$ ,  $N_{cp}$  и  $N_e$ ), доле редких аллелей ( $A_p$ ) средней наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности ( $H_o$  и  $H_e$ ), информационному индексу Шеннона ( $I$ ) и индексу фиксации Райта ( $F_{is}$ ), характеризующему индивидуальный уровень изменчивости популяции. Генетическую идентичность и удаленность исследуемых групп определяли по методу Нея (1972). Расчеты проведены в программе PopGene32.

Нами исследован аллельный полиморфизм пяти микросателлитных локусов растений *T. pratense*, относящихся к семи исследованным группам. Общее число обнаруженных аллельных вариантов для пяти микросателлитов клевера красного составило 48. Все изученные микросателлитные локусы растений *T. pratense*, произрастающих на участках с фоновым и повышенным содержанием ТЕРН и ТМ в почве, оказались полиморфными: число аллелей на локус варьировало от 8 до 11. Высокую степень полиморфизма показали локусы RCS5073 и RCS2484, изменчивость которых характеризуется 11 аллельными вариантами, а локусы RCS6820 и RCS4914 оказались, наоборот, представлены наименьшим числом аллелей – 8. Среднее число аллелей на локус в изученных выборках *T. pratense* варьирует от 5,7 до 9,0, что так же служит характеристикой степени полиморфизма используемых микросателлитов (табл. 3).

Таблица 3

### Характеристика разнообразия аллелей микросателлитных локусов

#### *T. pratense*

Локус	Размер аллелей (п.н.)	A	$A_{cp}$	$A_e$
RCS5073	176–250	11	9,0±1,0	4,5±0,3
RCS2484	204–310	11	6,7±1,8	3,8±0,6
RCS6820	195–237	8	6,1±0,4	4,6±0,3
RCS6190	183–205	10	7,3±1,4	3,5±0,7
RCS4914	131–233	8	5,7±1,0	3,3±0,7

Установлено, что наибольшими значениями  $N$  и  $N_{cp}$  по всем локусам характеризуются растения с участка 6, а наименьшим – с участка 5 (табл. 4). Более информативным показателем оценки генетического разнообразия является эффективное число аллелей ( $N_e$ ), учитывающее не только их количество, но и частоту встречаемости [5]. Значения  $N_e$  для *T. pratense* со всех исследуемых участков достоверно не отличаются (3,6–4,2) (табл. 4) и, соответственно, не зависят от удельной активности  $^{226}\text{Ra}$  в почве, мощности поглощенной дозы радиации и суммарного показателя загрязнения почвы ТМ, т.е., от уровня загрязнения (табл. 1). Такую зависимость можно было предположить, поскольку в исследованиях воздействия хронического радиационного воздействия на *Pinus sylvestris* показано повышение эффективного числа аллелей в ответ на действие радиации по сравнению с таковым, характерным для контрольной популяции [4].

Таблица 4

**Основные показатели генетического разнообразия *T. pratense* с исследуемых участков  
по пяти микросателлитным локусам**

№	N	N <sub>ср</sub>	N <sub>е</sub>	A <sub>p</sub>	Редкие аллели	I	H <sub>о</sub>	H <sub>е</sub>	F <sub>is</sub>					F <sub>is(ср)</sub>
									1	2	3	4	5	
1	36	7,2±1,1	3,8±0,6	5,5	204, 289	1,6±0,2	0,70±0,2	0,73±0,05	-0,092	0,444	-0,024	0,020	-0,118	<b>0,046</b>
2	31	6,2±1,6	4,1±0,6	6,6	131, 310	1,6±0,1	0,63±0,2	0,75±0,03	0,173	0,456	0,095	0,211	-0,166	<b>0,154</b>
3	36	7,2±1,8	3,8±1,0	0	–	1,5±0,2	0,64±0,2	0,72±0,08	-0,058	0,261	-0,018	0,074	0,312	<b>0,114</b>
4	35	7,0±1,2	4,2±0,5	0	–	1,6±0,1	0,73±0,1	0,76±0,03	-0,002	0,178	0,000	0,221	-0,184	<b>0,043</b>
5	29	5,8±0,8	3,6±1,4	3,4	182	1,4±0,3	0,55±0,2	0,68±0,1	0,190	0,582	-0,086	0,296	-0,090	<b>0,178</b>
6	39	7,8±2,2	4,0±0,4	$\frac{12,8}{8}$	140, 205, 214, 226, 233	1,6±0,1	0,70±0,1	0,75±0,03	-0,040	0,385	0,019	-0,018	-0,035	<b>0,062</b>
7	38	7,6±2,1	4,1±0,7	2,6	203	1,7±0,2	0,58±0,1	0,75±0,06	0,051	0,460	0,255	0,130	0,195	<b>0,218</b>
Среднее						<b>1,57±0,10</b>	<b>0,65±0,07</b>	<b>0,73± 0,03</b>	<b>0,032</b>	<b>0,395</b>	<b>0,034</b>	<b>0,133</b>	<b>-0,012</b>	<b>*</b>

Примечание. N – общее число аллелей, N<sub>ср</sub> – среднее число аллелей, N<sub>е</sub> – эффективное число аллелей, A<sub>p</sub> – доля редких аллелей (%), I – индекс разнообразия Шеннона, H<sub>о</sub> и H<sub>е</sub> – средняя ожидаемая и наблюдаемая гетерозиготности по всем локусам, F<sub>is</sub> – индекс фиксации Райта, характеризующий избыток/дефицит гетерозигот, F<sub>is(ср)</sub> – среднее значение F<sub>is</sub> по всем локусам. Локусы: 1 – RCS5073, 2 – RCS2484, 3 – RCS6820, 4 – RCS6190, 5 – RCS4914.

Также выявлены редкие аллели в локусах *T. pratense*, встречающиеся только в одной из всех исследованных групп. Наибольшим числом уникальных аллелей характеризуются *T. pratense* с участка 6, а растения с участков 3, 4 вообще не имеют редких аллелей во всех проанализированных локусах. Стоит отметить, что доля редких аллелей у *T. pratense* с участка 6 оказалась выше, чем у растений с менее загрязненных участков. Полученный результат соотносится с выводом о повышении числа редких аллелей в условиях антропогенной нагрузки и их значительном вкладе в аллельное разнообразие популяции [4].

Кроме этого, не обнаружено различий в уровне генетического разнообразия *T. pratense*, оцененного по индексу Шеннона для всех исследуемых участков, и, следовательно, нет оснований предполагать его взаимосвязь с содержанием токсикантов в почве (табл. 4).

Положительные значения  $F_{is(cp)}$  для всех групп *T. pratense*, свидетельствуют о дефиците гетерозиготных особей в популяции.

Также установлено, что растения *T. pratense*, собранные на семи исследуемых участках, являются генетически близкими (81–98%), о чем свидетельствуют значения коэффициентов генетической дистанции Нея, отражающие удаленность индивидуумов друг от друга и варьирующие от 0,0165 до 0,1872 (табл. 5).

Таблица 5

**Значения коэффициентов генетического расстояния Нея между *T. pratense* экспериментальных участков**

Участки	1	2	3	4	5	6	7
1	*						
2	0,0335	*					
3	0,0729	0,0226	*				
4	0,0468	0,0243	0,0165	*			
5	0,0969	0,1037	0,0774	0,0653	*		
6	0,0458	0,0500	0,0848	0,0497	0,1331	*	
7	0,0920	0,1222	0,1872	0,1181	0,1785	0,1151	*

Таким образом, генетическое разнообразие *T. pratense* оцененное при помощи разных показателей по пяти микросателлитным локусам позволяет сделать вывод о том, что все семь исследованных выборок, относятся к одной генетически однородной популяции, и техногенное загрязнение среды в данной ситуации не повлияло на генетическую дифференциацию внутри популяции.

**Литература**

1. Zhebentyayeva T. N., Reighard G. L., Gorina V. M., Abbott A. G. Simple sequence repeat (SSR) analysis for assessment of genetic variability in apricot germplasm // Theor Appl Genet. 2003. V. 106. P. 435–444.

2. Белых Е. С., Майстренко Т. А., Груздев Б. И., Вахрушева О. М., Канева А. В., Трапезников А. В., Зайнуллин В. Г. Видовое разнообразие растительных сообществ на

территориях, антропогенно загрязненных тяжелыми естественными радионуклидами // Экология. 2015. № 5. С. 354–360.

3. Sato S., Isobe S., Asamizu E., Ohmido N., Kataoka R., Nakamura Y., Kaneko T., Sakurai N., Okumura K., Klimenko I., Sasamoto S., Wada T., Watanabe A., Kohara M., Fujishiro T., Tabata S. Comprehensive Structural Analysis of the Genome of Red Clover (*Trifolium pratense* L.) // DNA Research. 2005. V. 12. P. 301–364.

4. Волкова П. Ю., Гераськин С. А. Полиморфизм антиоксидантных ферментов в хронически облучаемых популяциях сосны обыкновенной // Экологическая генетика. 2013. Т. XI. № 3. С. 48–62.

5. Животовский Л. А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. 270 с.

## **ЗЕМЛЯНИКА – БИОЛОГИЧЕСКИЙ МАРКЕР КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько,  
В. А. Салтаева, К. А. Кувшинова**

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова,  
zay-84-84@mail.ru*

Важнейшим показателем состояния природной среды является газовый состав атмосферного воздуха, который определяет условия жизни людей и всех живых организмов. Усиление антропогенного прессинга существенно изменяет химические, физические, механические и биологические параметры воздушной среды, особенно в городах [1].

Одним из индикаторов качества атмосферного воздуха являются зеленые растения. Состояние и устойчивость травянистых растений к воздействию городской среды до сих пор остается слабо исследованным.

В силу прикрепленного образа жизни и сезонной вегетации мелкие травянистые виды растений в большей степени, по сравнению с древесными видами, могут отражать микробиотопические условия существования [2].

В связи с этим целью исследований явилась комплексная оценка качества окружающей среды с помощью экологического маркера – земляники лесной (*Fragaria vesca* L.).

В ходе исследований решались следующие задачи:

– изучить стабильность развития земляники лесной (*Fragaria vesca* L.) в условиях различных транспортных нагрузок на основе расчета флуктуирующей асимметрии листьев;

– определить фитотоксичность почвы на территории некоторых районов Саратовской области;

– установить корреляционные зависимости между нарушением стабильности развития листьев земляники лесной (*Fragaria Vesca* L.) и морфометрическими признаками тест-объекта (кресс-салат *Lepidium sativum* L.).

Отбор материала для исследований (листьев земляники лесной и почвы) производился в период с 2014 по 2016 гг. после остановки роста листьев растений (начиная с 10–15 июня).

Пробоотбор проводился в тридцати различных пунктах Саратовского, Энгельсского и Татищевского районов Саратовской области (табл. 1) [3], в местах с различным по интенсивности воздействием автотранспорта, железной дороги и в контрольных пунктах (лесхозы «Энгельсский» и «Вязовский», природный парк «Кумысная поляна»).

При исследовании флуктуирующей асимметрии листьев земляники лесной (*Fragaria vesca* L.) была использована методика, разработанная Центром экологической политики России (методика «Биотест»), для березы повислой (*Betula pendula* Roth.). Данная методика адаптирована сотрудниками кафедры «Ботаника, химия и экология» Саратовского государственного аграрного университета им. Н. И. Вавилова для измерения стабильности развития земляники лесной (*Fragaria vesca* L.). Методика находится на стадии апробации.

Таблица 1

**Места сбора материала и их условные обозначения**

Места сбора материала		
Саратовская область		
Татищевский район	Энгельсский район	Саратовский район
д. Македоновка и ее окрестности (1т, 2т, 3т)	п. Взлетный и его окрестности (1э, 2э, 3э)	д. Быковка и ее окрестности (1с, 2с, 3с)
Дачный массив Татищевского района (4т, 5т, 6т)	Дачный массив (4э, 5э, 6э)	с. Поповка и его окрестности (4с, 5с, 6с)
с. Идолга и ее окрестности (7т, 8т, 9т)	п. Пробуждение и его окрестности (7э, 8э, 9э)	с. Константиновка и его окрестности (7с, 8с, 9с)
Лесхоз «Вязовский»	Лесхоз «Энгельсский»	Природный парк «Кумысная поляна»

Каждая выборка включала в себя не менее 150 листьев.

Объединенные пробы почв отбирались в определенных пунктах с площади 5×5 м методом «конверта». Для биотестирования почв семена кресс-салата проращивали в отобранных образцах. Всхожесть и энергия прорастания семян определялась по общепринятым методикам.

Анализ полученных данных позволил проследить симбатные тенденции в изменении флуктуирующей асимметрии листьев земляники лесной (*Fragaria vesca* L.) и выделить самые загрязненные и незагрязненные исследуемые пункты Саратовской области:

– в Саратовском районе самым загрязненным является пункт 7с, располагающийся вдоль автотрассы, где флуктуирующая асимметрия листьев земляники лесной на 42,3% больше, чем в контрольном пункте. Пункты 2с, 5с и 8с считаются незагрязненными, поскольку флуктуирующая асимметрия листьев превышает данный показатель контрольных пунктов на 25,9%, 24,5%, 29,9% соответственно;

– в Энгельском районе Саратовской области самым загрязненным является пункт 7э, флуктуирующая асимметрия в котором на 92,8% больше, чем

в контрольном пункте, пункт 5э является незагрязненным (флуктуирующая асимметрия на 52,1% больше, чем в контроле).

– самым незагрязненным из всех исследуемых районов Саратовской области является Татищевский район (пункт 2т – д. Македоновка), где флуктуирующая асимметрия на 8% больше, чем в контрольном пункте. Самым загрязненным пунктом в Татищевском районе оказался пункт 9т, здесь флуктуирующая асимметрия листьев превышает значения контрольного пункта на 39,8%.

В результате проведенных исследований выявлено увеличение флуктуирующей асимметрии листьев земляники лесной (*Fragaria vesca* L.) во всех районах Саратовской области. В точках, расположенных ближе к железной дороге (1э, 4э, 7э), флуктуирующая асимметрия листьев ниже, чем в точках вблизи автомагистралей (3э, 6э, 9э).

Следующим этапом наших исследований стало проведение биотестирования почв. В процессе биотестирования осуществлялись наблюдения за изменением морфометрических показателей кресс-салата (энергия прорастания и всхожесть, средняя длина и вес подземных и надземных проростков семян).

Исследования показали, что энергия прорастания и всхожесть семян экспериментальных тест-растений кресс-салата достоверно ниже таковых в контрольном варианте, то есть тестируемая почва является фитотоксичной и ингибирует развитие исследуемого тест-отклика. Максимальный процент энергии прорастания и всхожести семян кресс-салата в среднем за 3 года составил 84,0% и 68,8% соответственно для пункта 1 (на 11,7% и 21,2% ниже, чем в контрольном пункте), минимальный процент – отмечался в пункте 9 (на 44,2% и 54,1% соответственно ниже, чем в контрольном пункте). В пунктах 9 во всех районах исследования большое воздействие на качество атмосферного воздуха оказывают автомагистрали (Р-158, Р-22, Р-228), проходящие на территории районов Саратовской области и прилегающие к ним проселочные дороги.

Таким образом, анализ данных исследований (2014–2016 гг.) свидетельствует о тенденции снижения энергии прорастания и всхожести семян кресс-салата. На основании этого можно предположить, что с каждым годом экологическое состояние в исследуемых районах ухудшается.

У всех проростков кресс-салата, выращенных на тестируемых почвах, наблюдалось уменьшение длины подземной и надземной части проростка. В среднем у проростков, выросших на почвах в точках 1 и 9 длина корней (4,25 и 2,22 см соответственно) была меньше на 11,1–53,5%, а длина стебля (5,34 и 3,04 см соответственно) на 10,1–48,8% меньше, чем в контрольных пунктах.

Полученные данные за весь период исследований свидетельствуют о снижении показателей длины подземной и надземной частей проростков кресс-салата, что подтверждает усиление антропогенного воздействия на территории исследуемых районов.

Анализ результатов эксперимента указывает на уменьшение среднего веса подземной и надземной части проростков кресс-салата, выросших на ис-

следуемых почвах. Максимальный вес подземной и надземной части растения зафиксирован в пункте 1 (0,004 и 0,060 г соответственно), а минимальный – в пункте 9 (0,002 г и 0,010 г соответственно, что значительно меньше, чем в контрольном варианте).

Тенденция снижения веса проростков актуальна для всех исследуемых территорий.

Проанализировав вышеизложенный материал, можно сделать заключение о том, что данные по биотестированию почв и флуктуирующей асимметрии взаимосвязаны и указывают на то, что из всех исследуемых районов Саратовской области самым загрязненным является Саратовский район (пункт 9с, находящийся на расстоянии 100 м от автотрассы Р-22, менее загрязненный пункт – 1с). На втором месте по качеству атмосферного воздуха располагается Энгельсский район (самый загрязненный пункт – 7э, незагрязненный пункт – 5э). Наилучшее качество атмосферного воздуха из трех исследуемых районов отмечалось в Татищевском районе.

Следовательно, пункты с высоким показателем уровня флуктуирующей асимметрии листьев земляники лесной (*Fragaria vesca* L.) характеризуются почвами с низким процентом всхожести модельных растений семян кресс-салата (*Lepidium sativum* L.), т.е. для пунктов пробоотбора всех исследуемых районов Саратовской области наблюдается ярко выраженная корреляционная зависимость флуктуирующей асимметрии листьев земляники лесной от всхожести семян модельных растений кресс-салата (рис. 1).

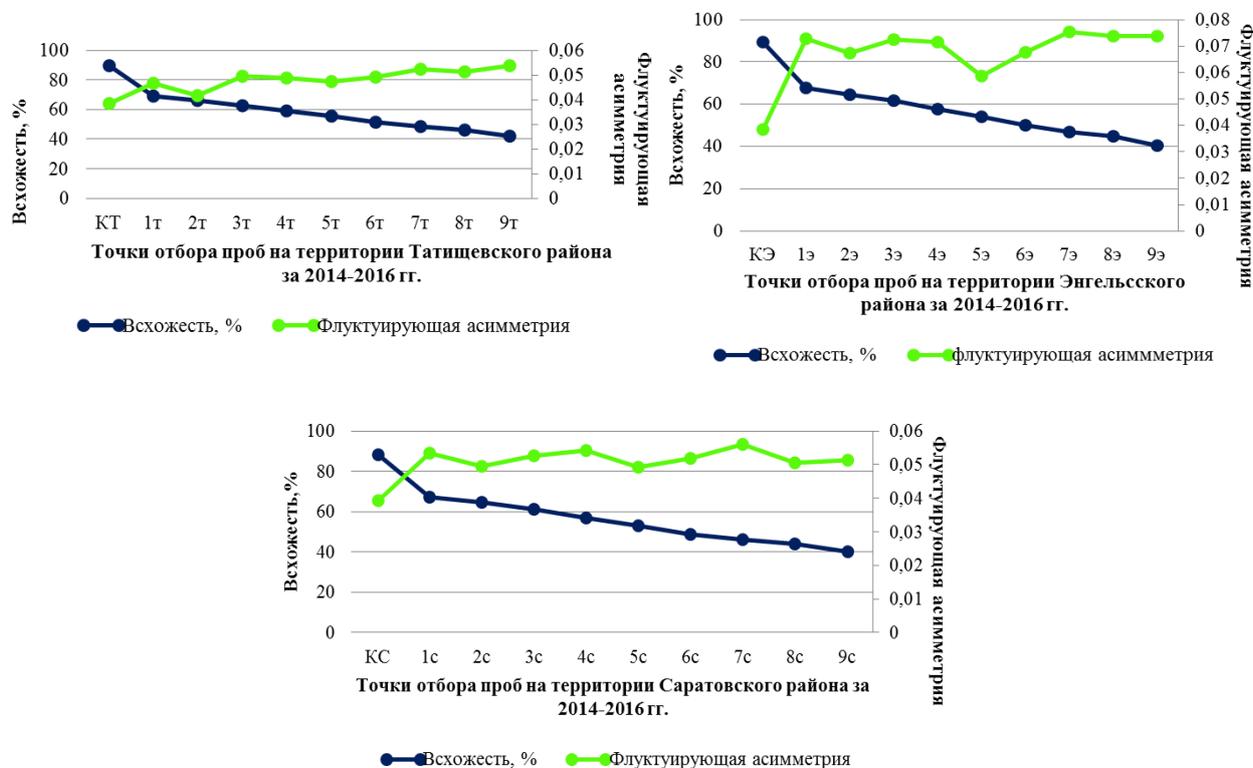


Рис. 1. Корреляционная зависимость флуктуирующей асимметрии листьев земляники лесной от всхожести семян модельных растений

Данная зависимость прослеживается для всех исследуемых показателей кресс-салата (энергия прорастания, длина подземной и наземной частей растений, вес корней и вес стеблей).

Таким образом, в ходе исследований была изучена стабильность развития земляники лесной (*Fragaria vesca* L.) в условиях различных антропогенных нагрузок на основе расчета флуктуирующей асимметрии листьев. Установлены значительные нарушения стабильности развития растений на территориях, подверженных сильному антропогенному воздействию. Выявлены корреляционные зависимости между нарушением стабильности развития земляники лесной (*Fragaria vesca* L.) и проявлением индикаторных признаков почвы. Показано, что исследуемые территории с высоким уровнем флуктуирующей асимметрии листьев растительных культур имеют фитотоксичные почвы [4].

На основании полученных результатов исследования для оценки экологического состояния среды рекомендуется использовать новую методологию, основанную на использовании эффективного биоиндикатора – земляники лесной (*Fragaria vesca* L.).

#### Литература

1. Сергеева И. В., Мохонько Ю. М., Андриянова Ю. М. Экология и охрана окружающей среды: учеб. пособие. Саратов: ООО «Амирит», 2016. 202 с.
2. Сергеева И. В., Андриянова Ю. М., Мохонько Ю. М., Кувшинова К.А., Салтаева В. А. Динамика урбозкосистем под воздействием антропогенной нагрузки // Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы: Матер. IV Всерос. конф. молодых ученых (с междунар. участием), Улан-Удэ, 23–27 июня 2016 г. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. С. 150–151.
3. Андриянова Ю. М., Дружкина Т. А. Состояние атмосферного воздуха в городах Саратовской области // Проблемы экологии и природопользования в Среднем Поволжье: Матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 140-летию со дня рождения Б. М. Житкова. Саратов, 2013. С. 76–80.
4. Дружкина Т. А., Лебедь Л. В., Гусакова Н. Н.. Проблемы скрининговой оценки урбанизированных территорий на примере г. Саратова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. 2007. № 1. С. 6–9.

### **ПОДБОР СПОСОБА ЭКСТРАКЦИИ ВОССТАНОВЛЕННОГО ГЛУТАТИОНА ИЗ РАСТЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКСПРЕСС-ТЕСТА ОЦЕНКИ ГЛУТАТИОНЗАВИСИМОЙ ЗАЩИТНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА**

*Е. И. Лялина, М. Л. Соколова, Ю. С. Ёлкина*  
*Вятский государственный университет, marijasokolowa@mail.ru*

В настоящее время многие живые организмы подвергаются негативно-му воздействию различных стресс-факторов: тяжелые металлы, свободные радикалы, токсины, в результате происходит повреждение клеток, в том числе за счет процессов окисления (окислительный стресс) [1]. В зависимости от

силы и длительности воздействия окислительный стресс может вызывать как гибель клеток, так и активировать защитную систему организма [2]. Для защиты от повреждающего действия стресс-факторов, клетки растений используют различные антиоксидантные системы. Глутатион является одним из самых мощных антиоксидантов, который синтезируется в растениях, он эффективно защищает клетки растений от окислительного стресса [3]. Выработка глутатиона в клетках растений напрямую зависит от наличия стресс-факторов, влияющих на них. Так как глутатион начинает активно синтезироваться в стресс-условиях, поэтому количество глутатиона в клетках растений может служить индикатором загрязнения окружающей среды.

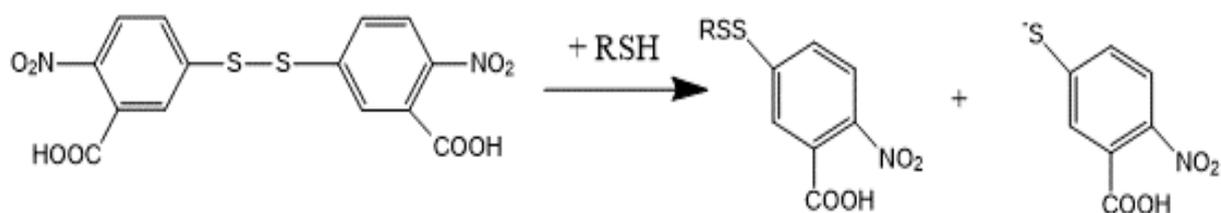
Создание экспресс-теста для определения уровня восстановленного глутатиона в растениях, позволит быстро оценивать состояние растений на территории, подверженной воздействию стресс-факторов. Экспресс-тест будет содержать индикаторную зону с нанесенными реагентами. Реагенты, вступая в реакцию с глутатионом, содержащимся в экстракте из растения, будут приобретать определенную окраску. По интенсивности окраски можно будет оценить уровень воздействия негативных факторов. Для того чтобы создать глутатионзависимую тест-систему, на первом этапе необходимо подобрать способ экстракции глутатиона из растений.

**Цель** работы – подобрать способ экстракции глутатиона из биологического материала растительного происхождения для создания тест-системы определения глутатионзависимой защитной системы растений.

Эксперимент проводили с растениями овса. Овес выращивали в течение 14 суток на почвенном субстрате в двух вариантах в одинаковых условиях. В первый вариант с 15-го по 17-й день включительно вносили раствор  $\text{CuSO}_4$  с концентрацией ионов меди(II) равной  $1,6 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>, суммарный объем раствора токсиканта составил 500 см<sup>3</sup>, растения во втором варианте поливали дистиллированной водой. Количество глутатиона восстановленного определяли на 18-е сутки.

Для выделения глутатиона из растений выбрали два способа: кислотная и буферная экстракция. Кислотная экстракция: 5 г листьев растирали в фарфоровой ступке с добавлением 5 см<sup>3</sup> 5%-ного раствора сульфосалициловой кислоты. Буферная экстракция: 5 г листьев растирали в фарфоровой ступке с добавлением 5 см<sup>3</sup> 0,5 М натрий фосфатного буфера (рН = 7,5) и 1 см<sup>3</sup> 0,18%-ного раствора трилона Б. Полученные суспензии центрифугировали при 1500 об/мин в течение 5 мин для осаждения нерастворимого материала. Центрифугат фильтровали через фильтр «синяя лента» до полного удаления взвешенных частиц.

Для определения концентрации глутатиона использовали метод спектрофотометрии. Метод основан на реакции с реактивом Элмана, который дает желтое окрашивание с сульфгидрильной группой восстановленного глутатиона, находящегося в биологическом материале – овсе:



Полученные результаты показывают, что в экстракте из растений, которые поливали раствором соли меди, концентрация глутатиона оказалась выше, чем в контроле. В буферном экстракте она составила  $(1,25 \pm 0,38) \cdot 10^{-2}$  ммоль/дм<sup>3</sup>, а в контроле  $(3,2 \pm 0,11) \cdot 10^{-3}$  ммоль/дм<sup>3</sup>. При кислотной экстракции зависимость наблюдали аналогичную, в кислотном экстракте из растений, подверженных воздействию ионов металла, концентрация глутатиона восстановленного составила  $(1,91 \pm 0,46) \cdot 10^{-2}$  ммоль/дм<sup>3</sup>, а в контроле  $(1,28 \pm 0,1) \cdot 10^{-2}$  ммоль/дм<sup>3</sup>.

**Выводы.** В буферном и кислотном экстракте, приготовленном из растений одного и того же варианта, концентрации восстановленного глутатиона различные. Это возможно связано с тем, что при кислотной экстракции происходит разрушение глутатиона до аминокислот, а при буферной экстракции система достаточно эффективна, так как буфер имеет ионную силу, близкую к физиологической, и при рН от 7,2 до 7,4 все «растворимое» содержимое клетки переводит в экстракт. Поэтому, наиболее целесообразнее использовать метод буферной экстракции.

#### Литература

1. Halliwell B., Gutteridge J.M. Oxidative stress in free radicals in biology and medicine New York: Oxford University Press, 1999. P. 246–350.
2. Алехина Н. Д., Балнокин Ю. В., Гавриленко В. Ф. и др. Физиология растений / Под ред. И. П. Ермакова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 640 с.
3. Сибгатуллина Г. В., Хаертдинова Л. Р., Гумерова Е. А., Акулов А. Н., Костюкова Ю. А., Никонорова Н. А., Румянцева Н. И.. Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений: Учебно-методическое пособие. Казань: Казанский (Приволжский) Федеральный университет, 2011. 61 с.
4. Сорокина Е. М., Вечканов Е. М. Биохимия белков и пептидов: Учеб-метод. пособие для вузов. Ростов-на-Дону: Изд-во: «КОПИ-ЦЕНТР», 2010. 96 с.

### ВЛИЯНИЕ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ НА АНАЛИТИЧЕСКИЙ СИГНАЛ ГЛУТАТИОНА В ПРИСУТСТВИИ ИОНОВ МЕДИ(II)

**В. В. Козьминых, А. И. Фокина**

*Вятский государственный университет, v.kozminykh@gmail.ru*

Восстановленный глутатион (GSH) – природный трипептид, защищающий организм от токсического действия тяжелых металлов. Для определения малых количеств глутатиона подходит метод инверсионной вольтамперометрии, однако присутствие ионов тяжелых металлов мешает определению. Для

предотвращения мешающего влияния можно попробовать использовать различные соединения-комплексобразователи, например, лимонную кислоту [1].

Цель работы – исследование влияния лимонной кислоты на характер аналитического сигнала глутатиона, получаемого методом инверсионной вольтамперометрии. Лимонная кислота ( $C_6H_8O_7$ ) – слабая трехосновная кислота. В водном растворе образует хелатные комплексы с ионами металлов. С медью лимонная кислота образует различные комплексы в зависимости от pH среды:

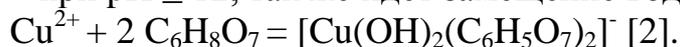
– при pH = 2–5 комплексообразование идет по карбоксильным группам:



– при pH = 7–11,5 идет замещение атома водорода оксигруппы:



– при pH  $\geq$  12, так же идет замещение водорода в оксигруппах:



Исследована серия растворов с концентрацией глутатиона равной  $1,58 \cdot 10^{-5}$  моль/л:

- 1) раствор глутатиона в ацетатном буфере (pH буфера = 3,6);
- 2) раствор глутатиона в ацетатном буфере с добавлением сульфата меди(II), мольное соотношение GSH:Cu<sup>2+</sup> 1:1;
- 3) раствор глутатиона в ацетатном буфере с добавлением сульфата меди(II), мольное соотношение GSH:Cu<sup>2+</sup> 1:1 и различных доз лимонной кислоты.

Для исследования электродных процессов, протекающих на поверхности ртутной пленки, изучали катодные поляризационные кривые в области от 0 до -800 мВ.

При снятии вольтамперограмм с индивидуального раствора глутатиона был получен пик (I) при величине тока -150 мВ (рис. 1).

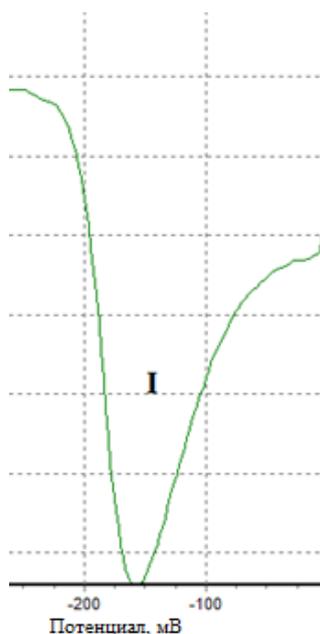


Рис. 1. Вид вольтамперограммы, снятой с индивидуального раствора глутатиона

При добавлении сульфата меди(II) в раствор глутатиона площадь основного пика (I) уменьшается, и появляются пики II, III, IV (рис. 2). Появление на вольтамперограмме нескольких пиков указывает на процессы комплексообразования между ионом металла и глутатионом.

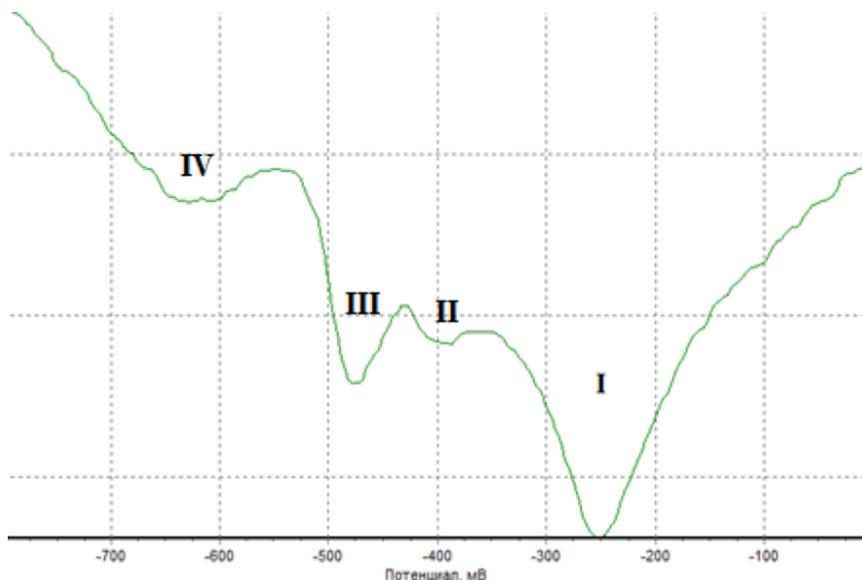


Рис. 2. Вид вольтамперограммы, снятого с раствора смеси глутатиона и сульфата меди(II)

Добавление к раствору глутатиона и сульфата меди(II) лимонной кислоты приводит к незначительному увеличению площади основного пика (I) (рис. 3).

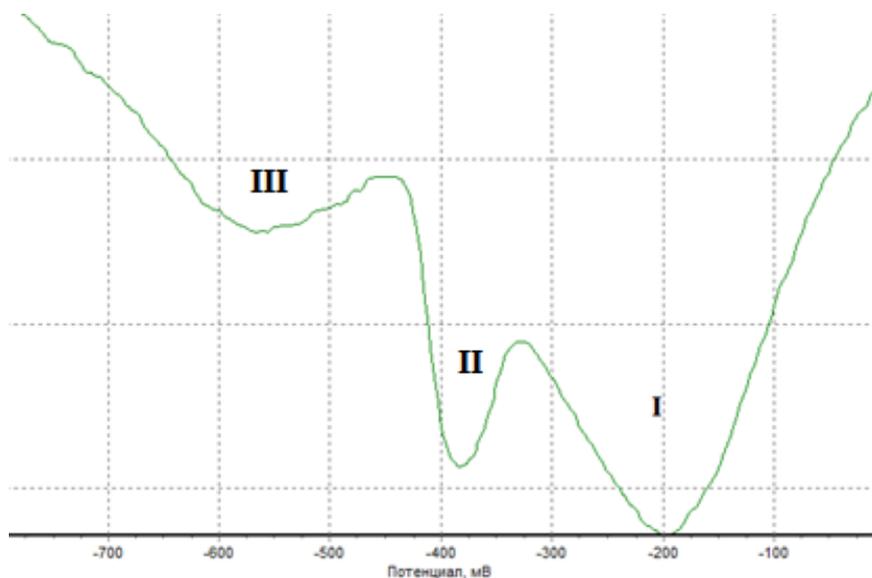


Рис. 3. Вид вольтамперограммы, снятого с раствора смеси глутатиона и сульфата меди(II) с добавлением лимонной кислоты

Установлено, что 0,35 г лимонной кислоты в 25 см<sup>3</sup> раствора максимально снижают концентрацию ионов меди и, как следствие, влияние ионов меди(II) на аналитический сигнал глутатиона.

Из данных на вольтамперограммах (рис. 1–3) можно сделать выводы о том, что лимонная кислота незначительно снижает влияние ионов меди(II) в растворе глутатиона, не позволяет выявить закономерность между силой аналитического сигнала и концентрацией глутатиона в растворе, отсутствует повторяемость результатов. Таким образом, присутствие лимонной кислоты не решает такой аналитической задачи, как получение правильных результатов определения глутатиона в присутствии ионов меди(II). Возможно, что присутствие глутатиона уменьшает связывание ионов меди(II) в комплекс с лимонной кислотой. Для применения инверсионной вольтамперометрии при определении глутатиона в присутствии ионов меди(II) следует продолжить поиск путей снижения влияния ионов металла.

#### Литература

1. Лялина Е. И., Фокина А. И., Мингазов М. А., Ашихмина Т. Я. Определение восстановленного глутатиона методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе с вращающимся дисковым электродом // Бутлеровские сообщения. 2016. Т. 48. № 10. С. 119–126.

2. Подчайнова В. Н., Симонова Л. Н. Аналитическая химия элементов. Медь. 1960.

### ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИГНАЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ПРИМЕРЕ КОРНЕВОЙ ЭКССУДАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И САХАРОВ В МИКРОБНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ БИОСИСТЕМАХ

*Я. В. Пухальский<sup>1</sup>, Н. И. Воробьев<sup>1</sup>, А. И. Шапошников<sup>1</sup>,  
О. В. Свиридова<sup>1</sup>, А. А. Белимов<sup>1</sup>, В. Н. Пищик<sup>2</sup>, С. Ю. Толмачев<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> ФГБНУ ВНИИСХМ, *jankiss88@gmail.com*

<sup>2</sup> ФГБНУ АФИ, *veronica-bio@rambler.ru*

<sup>3</sup> *Инновационные экологические технологии, Москва, s\_u\_tolm@mail.ru*

Особую роль в повышении плодородия почв играют зернобобовые культуры. Симбиоз микроорганизмов с бобовыми растениями направлен на превращение молекулярного азота в минеральные формы и обогащение генными элементами почв [1]. Обогащение почв происходит при вегетации растений, корни которых, путём экссудации выделяют в ризосферу сложные смеси низкомолекулярных органических веществ, состоящих из аминокислот, органических кислот и сахаров [2]. Последние две группы экзометаболитов являются легкодоступными источниками питания для почвенных микроорганизмов, играющих важную роль в плодородии почвы и питании растений. Интенсивность обмена веществами растений и микроорганизмов сопровождается обменом сигнальных молекулами по сетям микробно-растительных систем и зависит от почвенно-экологических условий. Изучение физико-химических факторов, ингибирующих эти процессы на примере магнитных полей сложной конфигурации, является актуальной задачей на сегодняшний день.

В нашем исследовании мы изучали микробно-растительную систему, состоящую из штамма бактерий *Sphingomonas sp.* K1B – активного продуцента фитогормонов ауксинов [3] и растения гороха сорта *Софья* [4], развивающуюся в условиях гидропонной культуры в стерильных гнотобиотических системах, содержащих питательный раствор (мл/л):  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$  (100 mM) – 0,6;  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$  (600 mM) – 0,6;  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  (400 mM) – 0,6;  $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$  (100 mM) – 0,6; KCl (400 mM) – 0,6;  $\text{KNO}_3$  (1M) – 0,6;  $\text{FeC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \times 2,5\text{H}_2\text{O}$  (2 mM) – 6,0; микроэлементы. Эксперименты проводились в четырехкратной повторности. Предметом исследования был микробно-растительный молекулярный сигналинг, в котором бактериальные фитогормоны регулируют синтез этилена в растениях и замедляют скорость развития корней и эксудацию органических кислот и сахаров в почву. Каналы передачи сигнала в биосистеме обычно защищены рецепторным контролем, который пропускает сигнал в растение только при совпадении вторичных структур (конформаций) реагентов по схеме «ключ-замок». Магнитные поля, имеющие сложную пространственную конфигурацию [7], могут резонансно менять конформацию сигнальных молекул, что в последствии делает невозможным прохождение сигналов через рецепторный контроль [5, 6].

Впервые магнитные поля сложной конфигурации использовал в своих исследованиях Е. К. Завойский. Они были внесены в Государственный реестр научных открытий СССР от 23 июня 1970 г. как научное открытие № 85 с приоритетом от 12 июля 1944 г. Формула открытия: установлено неизвестное ранее явление квантовых переходов между электронными энергетическими уровнями парамагнитных тел под влиянием переменного магнитного поля резонансной частоты (явление электронного парамагнитного резонанса). Также неопределимый личный вклад в области изучения магнитобиологии растений за свой полувековой научный труд внес Ю. И. Новицкий [8].

В контрольном варианте № 1 растения выращивались без внешних воздействий. В варианте № 2 (FB) и № 4 (FB+FM) в питательный раствор был интродуцирован бактерией *Sphingomonas sp.* K1B. В варианте № 3 (FM) и № 4 растения гороха вместе с сосудами помещались (на 15 минут в сутки) во вращающееся магнитное поле (рис. 1).

Статистический анализ экспериментальных данных был проведен с помощью компьютерных программ DianaS.xlsm [9], в которой запрограммированы вычислительные алгоритмы дисперсионного анализа и Statistica 6.0 (StatSoft Inc., USA).

Эксперимент показал, что средние биомассы корней гороха в вариантах № 1 и № 4 близки, а в вариантах № 1 и № 3 различаются. Существенное же различие массы корней в вариантах № 2 и № 4 доказывает, что вращающееся магнитное поле блокирует сигналинг между бактериями и растениями, изменяя конформацию молекулярных реагентов. В варианте № 3 масса корней растений наибольшая. Возможно, магнитное поле, способно изменять физическую структуру молекул воды в питательном растворе, ускоряя тем самым биохимические процессы в растениях (табл. 1).

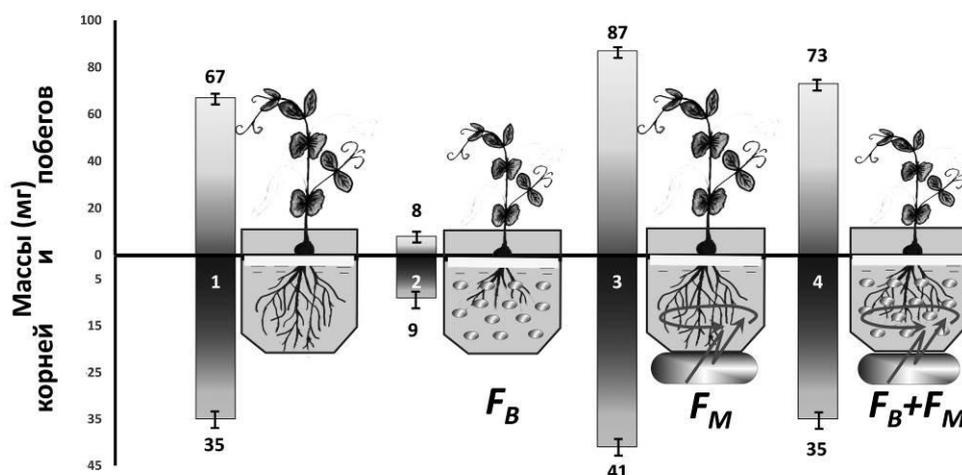


Рис. 1. Биомасса сухих корней и побегов растений гороха, выращенных на гидропонике: 1 – контрольный вариант (без воздействия биологического  $F_B$  и физического  $F_M$  факторов); 2 – растения выращены при постоянном воздействии биологического фактора  $F_B$  (сигнальные молекулы бактерий); 3 – растения выращены воздействию физического фактора  $F_M$  – вращающегося магнитного поля (15 минут в сутки); 4 – растения выращены при совместном действии обоих факторов  $F_B + F_M$

Таблица 1

**Средние значения массы корней растений гороха в конце опыта**

Вариант	Повторность	Сырой вес, мг		Сухой вес, мг		рН
		среднее	$\pm SE$	среднее	$\pm SE$	
Kontr	1	295,50	37,04	32,60	2,37	5,73
	2	262,00	24,28	32,80	2,80	5,73
	3	277,50	40,21	31,60	2,75	5,62
	4	384,17	31,26	39,33	1,52	5,52
FB	1	61,50	5,87	18,30	3,25	4,77
	2	86,61	15,34	10,56	4,05	5,01
	3	88,00	19,62	6,70	0,72	5,09
	4	86,00	12,06	3,63	0,75	5,19
FM	1	316,00	48,44	37,40	4,87	5,69
	2	374,17	39,29	59,00	2,23	5,97
	3	311,25	19,64	34,38	2,83	6,33
	4	351,43	25,91	33,14	2,80	6,72
FB + FM	1	257,00	29,61	30,90	2,54	5,43
	2	286,88	25,16	42,50	3,59	5,33
	3	245,00	22,06	27,86	1,83	5,37
	4	215,63	28,48	30,75	2,58	5,41

Подкисление питательного раствора в варианте № 2, связано с утилизацией сахаров и образованием органических кислот бактериями [10].

Показатели корневой экссудации органических кислот и сахаров были измерены с помощью жидкостной хроматографии UPLC ACQUITY H-класса (Waters, США). Показано, что в вариантах с действием поля (№ 3 и № 4) показания статистически не значимы по сравнению с контролем (№ 1), увеличение по орг. кислотам составило порядка 5–10% и 35% по сахарам. Существенное же увеличение выхода оргкислот и сахаров наблюдалось в варианте с бактерией – № 2, как ответ на действие ауксинов. Это показывает, что вращающееся магнитное поле приводит к cleag-блокировке сигналинга между бактериями и растениями в варианте № 4. Возможно, в этом варианте опыта под действием магнитного поля происходит изменение вторичной структуры сигнальных молекул и сигнальный канал блокируется на стадии рецепторного контроля (рис. 2).

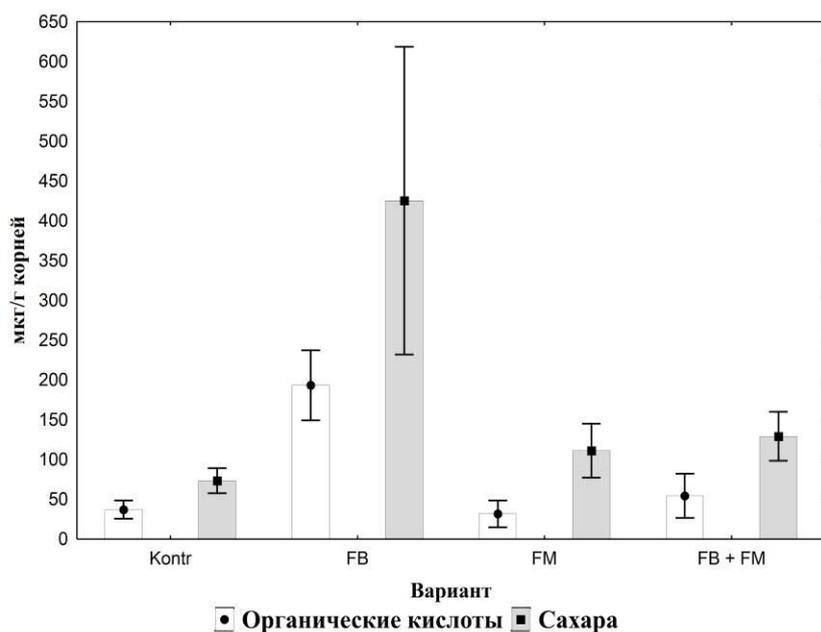


Рис. 2. Диаграмма интенсивности экссудации органических кислот и сахаров растениями гороха, мкг/г корней (отрезками показаны ошибки средних)

По данным измерений органических кислот были построены фрактальные портреты экссудации (рис. 3.).

Анализ фрактальных портретов показал, что магнитное поле повышает индекс когерентности процессов синтеза орг. кислот растениями. В контрольном варианте индекс когерентности составил величину 0,50, а при воздействии только магнитного поля (в отсутствии бактерий) – 0,55. В отсутствие магнитного воздействия на растения и при наличии в питательной среде бактерий индекс когерентности уменьшился до величины 0,33. При комплексном воздействии бактерий и магнитного поля на растения индекс когерентности составил 0,44.

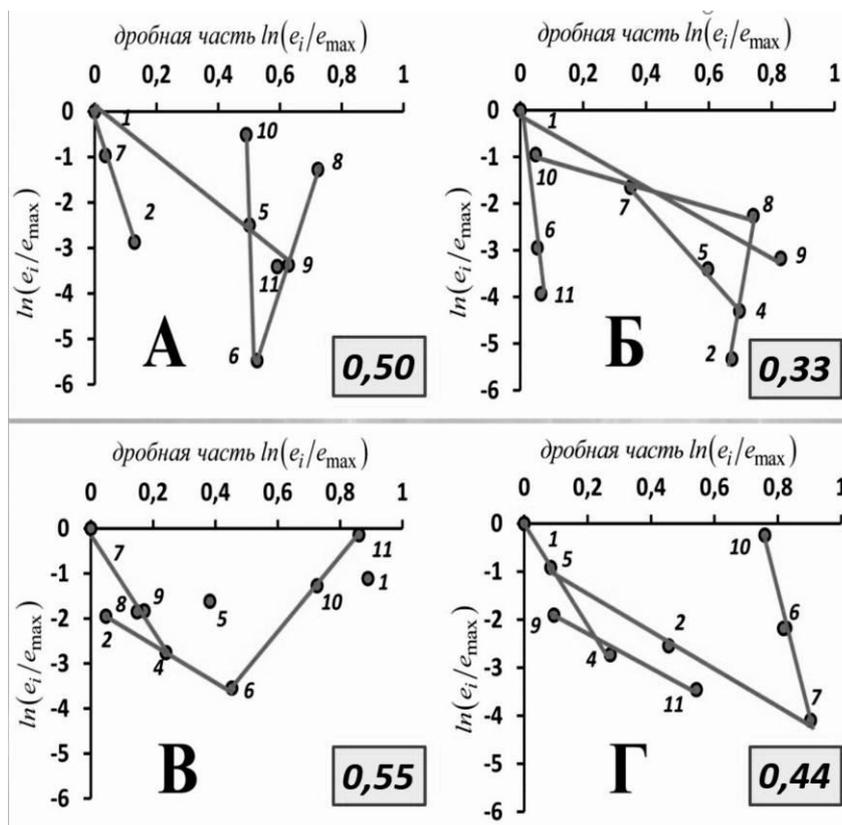


Рис. 3. Фрактальные портреты экссудации органических кислот растениями гороха: А – растения развиваются на гидропонике без воздействия бактерий и магнитного поля; Б – в питательной среде присутствуют бактерии и не было облучения магнитным полем; В – растения находились в магнитном поле без присутствия бактерий в питательной среде; Г – в питательной среде присутствуют бактерии и растения помещались в магнитное поле.

Цифры около точек соответствуют номерам оргкислот по списку:

- 1 – щавелевая; 2 – лимонная; 3 – пировиноградная; 4 – яблочная;  
 5 – t-аконитовая; 6 – янтарная; 7 – молочная; 8 – уксусная; 9 – фумаровая;  
 10 – пропионовая; 11 – пироглутаминовая

Таким образом, воздействие вращающихся магнитных полей на молекулярные сигналы в микробно-растительных системах может ингибировать процессы обмена веществами между микроорганизмами (в том числе возможно и патогенными) и растениями, что может влиять на почвенные восстановительные процессы и уровень плодородия почв.

### Литература

1. Safronova V. I., Piluzza G., Bullitta S., Belimov A. A. Use of legume-microbe symbioses for phytoremediation of heavy metal polluted soils: advantages and potential problems (Review) // Handbook for Phytoremediation / Ed. I. A. Golubev. USA: NOVA Sci. Publ., 2011. P. 443–469.
2. Кузмичева Ю. В., Шапошников А. И., Азарова Т. С., Петрова С. Н., Наумкина Т. С., Борисов А. Ю., Белимов А. А., Кравченко Л. В., Парахин Н. В., Тихонович И. А. Состав корневых экзометаболитов высокосимбиотрофного сорта гороха Триумф и его родительских форм // Физиология растений. 2014. № 1. С. 112–118.

3. Belimov A. A., Dodd I. C., Safronova V. I., Dumova V. A., Shaposhnikov A. I., Ladatko A. G., Davies W. J. Abscisic acid metabolizing rhizobacteria decrease ABA concentrations in planta and alter plant growth // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2014. V. 74. P. 84–91.

4. Пухальский Я. В., Шапошников А. И., Белимов А. А. Характеристика состава корневых экссудатов высокопродуктивного сорта гороха Софья // Национальная ассоциация ученых «Евразийское Научное Содружество». 2016. Т. 17. № 1. С. 141–144.

5. Воробьев Н. И., Пухальский Я. В., Свиридова О. В., Пищик В. Н., Белимов А. А., Толмачев С. Ю. Блокирование слабыми торсионными магнитными полями канала передачи сигналов в биосистеме растений гороха и бактерий *Sphingomonas* sp. K1B // Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине: Труды VII международного конгресса. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. Т. 7. С. 256.

6. Воробьев Н. И., Пухальский Я. В., Свиридова О. В., Пищик В. Н., Белимов А. А., Толмачев С. Ю. Влияние вращающихся магнитных полей на спин-конформацию сигнальных молекул и на микробно-растительные взаимодействия с участием этих молекул // Эколого-генетические основы современных агротехнологий: Материалы конференции. Вестник защиты растений. 2016. Т. 3. № 89. С. 39–41.

7. Тарасенко В. Я., Толмачев С. Ю. Устройство для обработки воды или водных растворов «Акватор» // Патент на изобретение РФ № 2297392 от 28.12.2004. Интернет ресурс: <http://bd.patent.su/2297000-2297999/pat/servlet/servlet5dd-2.html>.

8. Новицкий Ю. И., Новицкая Г. В. Действие постоянного магнитного поля на растения. М.: Наука, 2016. 352 с.

9. Воробьев Н. И., Проворов Н. А., Пищик В. Н., Свиридова О. В. Программа двухфакторного дисперсионного анализа биологических данных. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014661477 от 30.10.2014. Интернет ресурс: <http://www1.fips.ru/wps/portal/Registers/>

10. Шапошников А. И., Белимов А. А., Кравченко Л. В., Виванко Д. М. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов // *Сельскохозяйственная биология*. 2011. № 3 С. 16–22.

## **АНТИОКСИДАНТНАЯ И АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ ИЗ БИОМАССЫ СПИРУЛИНЫ**

*Л. М. Батыр, С. В. Джур, М. Н. Бырса, М. С. Рошка, М. Ротарь*  
*Институт микробиологии и биотехнологии Академии наук Молдовы,*  
*batludmila@mail.ru*

В последнее время природные вещества с антиоксидантными и антирадикальными свойствами становятся все более распространенными в пищевой, косметической и, в частности, в фармацевтической промышленности, в качестве эффективных средств для предотвращения неблагоприятного воздействия свободных радикалов и прекращения окислительных процессов, которые могут привести к развитию серьезных заболеваний. Получение природных антиоксидантов из водорослей является актуальной научной проблемой с четко определенными практическими аспектами [1–3].

Микроводоросли и цианобактерии являются перспективными объектами, поскольку их биомасса содержит многочисленные компоненты с выра-

женной антиоксидантной активностью, такие как фикобилипротеины, каротиноиды, и хлорофилл, антиоксидантные ферменты, полисахариды, жирные кислоты. Все эти компоненты способны образовывать эффективные антиоксидантные комплексы. Количественное соотношение этих биологически активных веществ определяет антиоксидантное действие биомассы или препаратов, на основе этой биомассы [4].

Одним из наиболее часто встречающихся и используемых объектов является цианобактерия *Spirulina platensis*, которая имеет огромный потенциал в качестве источника для производства антиоксидантов, которые включают ферменты, пигменты, полисахариды, витамины, фенольные соединения и т. д. [5, 6].

**Цель исследований** – определение антиоксидантной и антирадикальной активности различных экстрактов, полученных из биомассы цианобактерии *Spirulina platensis*.

В качестве объекта исследования использован штамм цианобактерии *Spirulina platensis* CNMN-CB-11, хранящийся в Национальной Коллекции Непатогенных Микроорганизмов, Института Микробиологии и Биотехнологии (ИМБ) Академии Наук Молдовы (АНМ).

Экстракты получены по схеме, разработанной сотрудниками лаборатории Фикобиотехнологии, ИМБ АНМ [7]. Полученные экстракты стандартизированы по концентрации 1, 5 и 10 мг/мл, соответственно.

Антиоксидантная активность определена с использованием катионного радикала ABTS (2,2-азинобис-3-этилбензотиазолин-6-сульфоновая кислота) [8]. Антиоксидантная активность учитывалась в проценте ингибирования ABTS.

Для определения антирадикальной активности использован в качестве субстрата радикал DPPH (1,2-дифенил-2-пикрилгидразил) [9].

Определение антиоксидантной активности экстрактов спирулины с использованием катионного радикала ABTS показало, что с увеличением концентрации экстракта процент ингибирования увеличивается следовательно увеличивается и антиоксидантная активность (рис. 1).

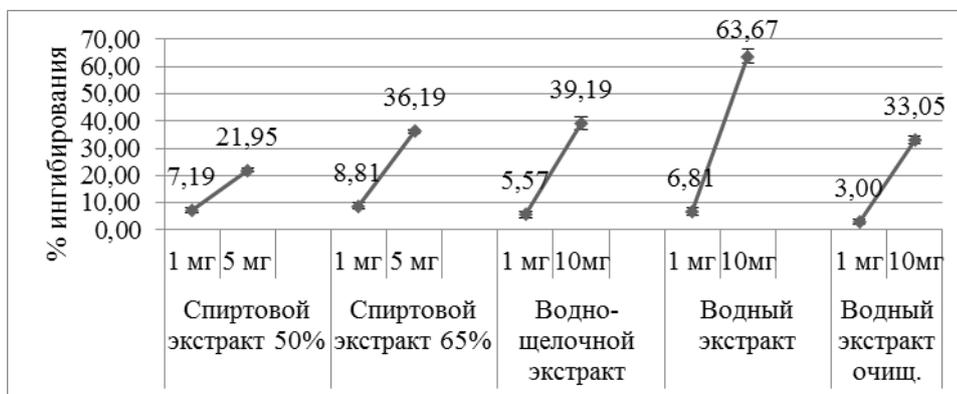


Рис. 1. Антиоксидантная активность экстрактов, полученных из биомассы спирулины, в присутствии катионного радикала ABTS

Из рисунка 1 видно, что в случае спиртовых экстрактов с увеличением концентрации с 1 до 5 мг процент ингибирования увеличивается с 3,05 до 4,11 раза. Результаты по антиоксидантной активности с использованием катионного радикала ABTS, показали прямую зависимость активности от концентрации экстракта.

Для определения способности активных компонентов экстрактов нейтрализовать радикалы путем переноса протонов водорода был использован радикал DPPH. Антирадикальная активность экстрактов на основе биомассы спирулины также зависит от концентрации. Самыми активными являются водные экстракты, антирадикальная активность которых выше, чем у спиртовых экстрактов (рис. 2).

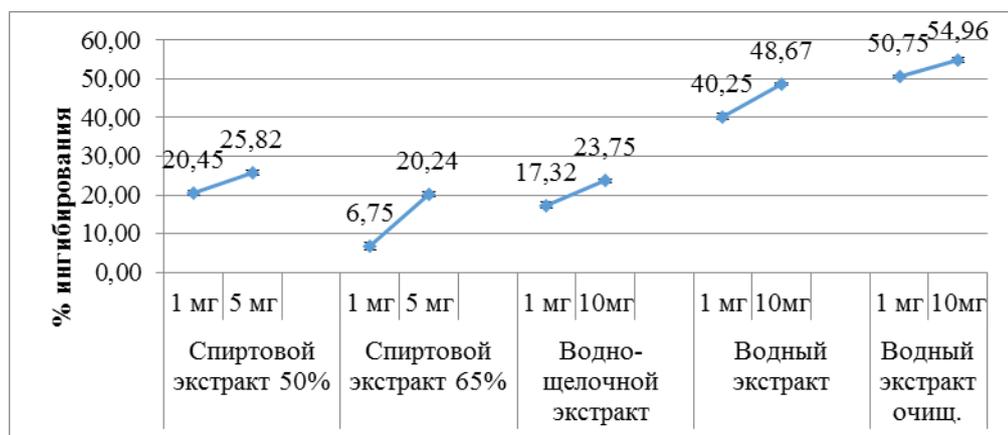


Рис. 2 Антирадикальная активность экстрактов, полученных из биомассы спирулины, в присутствии DPPH

Таким образом, можно сделать вывод, что биомасса цианобактерии *Spirulina platensis* CNMN-CB-11 может использоваться в качестве источника антиоксидантных и антирадикальных веществ.

Исследования были проведены в рамках проекта 16.80012.51.10А, Высшего совета по науке и технологическому развитию Академии наук Молдовы, а также финансированы в рамках исследовательской стипендии «Mircea Ciuhrii» предлагаемой Университета Академии наук РМ.

### Литература

1. Cepoi L., Rudi L. et al. Antioxidative activity of ethanol extracts from *Spirulina platensis* and *Nostoc linckia* measured by various methods // Analele Universității din Oradea. 2009. V. XVI/2. P. 43–48.
2. Li H. B., Cheng K. W. et al. Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae // Food Chemistry. 2007. V. 102. P. 771–776.
3. Ngo D. et al. Marine food-derived functional ingredients as potential antioxidants in the food industry // An overview. Food Research International. 2011. V. 44. P. 523–529.
4. Blau, A. et al. Interaction between antioxidants in assays of total antioxidant capacity // Food and Chemical Toxicology. 2008. V. 46. P. 2365–2368.
5. Desai S., Atsumi S. Photosynthetic approaches to chemical biotechnology // Current Opinion in Biotechnology. 2013. V. 24. P. 81–86.

6. Gupta V. et al. New insights into the biodiversity and applications of cyanobacteria (blue-green algae) – Prospects and challenges // *Algal Research*. 2013. V. 2. P. 79–97.
7. Rudic V. et al. Ficobiotehnologie-cercetări fundamentale și realizari practice // Chișinău. 2007. 365 p.
8. Re R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay // *Free Radical Biology & Medicine*. 1999. P. 1231–1237.
9. Molyneux P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity // *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 2004. P. 211–219.

## **ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ ЛИХЕНО- И БРИОБИОТЫ КАК КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ БИОМОНИТОРИНГА**

*О. Н. Онофрейчук, А. А. Злыднев, Л. Н. Анищенко  
Брянский государственный университет  
имени академика И. Г. Петровского, ego\_egf@mail.ru*

В комплексном биомониторинге состояния компонентов сред обитания зарекомендовали себя морфолого-анатомические показатели и изменения в этологии животных. Для более точной и надёжной диагностики требуется расширение диагностических и информативных признаков, адаптированных к региональным условиям. Установление эколого-физиологических особенностей адаптации к стрессовым факторам – наиболее перспективный путь к дополнению биоиндикационных показателей.

В урбосреде надёжными биоиндикаторами служат эпифитные виды мхов и лишайников, фоновые виды которых использованы для долгосрочных наблюдений более чем в 200 городах. Ряд исследователей показал, что хлорофилл чувствительно реагирует на все изменения в обмене веществ и при неблагоприятных условиях изменяется как его общее содержание, так и соотношение отдельных форм [1, 2]. Валовое содержание элементов группы тяжёлых металлов (ТМ) – признак аккумулятивных возможностей по отношению к поллютантам различных биосистем [3].

Цель работы – определить показатели валовой концентрации фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a* и *b*), содержание элементов группы тяжёлых металлов в фоновых эпифитных видах мхов и лишайников как биоиндикационных признаков (для крупной урбоэкосистемы г. Брянска, Нечерноземье РФ).

Сбор лишено- и бриобиоты производился в 4-х административных районах города Брянска в полевые сезоны 2015–2017 гг., с древесных видов на высоте 1–1,5 м. Были обследованы 82 мониторинговых участка, определен видовой состав эпифитных видов, для работы выбраны фоновые – *Xanthoria parietina*, *Phiscia ciliata*, *Phiscia pulverulenta*, *Parmelia sulcata*, *Pylaisia polyantha*, *Orthotrichum obtusifolium*, *O. speciosum*, *Amblystegium serpens*.

Образцы коры форофитов (субстратов) отбирались в момент сбора биомассы в соответствии с методическими документами [4]. Воздушно-сухие

пробы хранили в стеклянной таре. Собранные образцы подвергались общепринятой камеральной обработке для пробоподготовки к работе на спектрометре «Спектроскан-Макс» фирмы Spectron [5]. Подготовку проб к анализу валового содержания ТМ осуществляли в соответствии с ОСТ 10259-2000, высушивание проб до сухого состояния проводили при температуре 105 °С.

Рассчитывались коэффициенты накопления (Кн) – как отношение концентрации элемента (ТМ) в биомассе к концентрации его в субстрате [6]. Собранные образцы для определения концентрации пигментов перетирались в фарфоровой ступке с 96% спиртом. Хлорофилл *a* и *b* определяли спектрофотометрическим методом на фотометре КФК-3 при двух длинах волн: 665 и 649 нм. Рассчитывалось 2 показателя: концентрация пигментов хлорофиллов *a* и *b* (С) и количество пигментов в расчёте на 1 г сухой массы (А) [7].

Рассчитанные показатели концентрации и количества пигментов хлорофиллов *a* и *b* эпифитной лишенобиоты представлены на рисунке.

При анализе числовых значений концентрации хлорофиллов *a* и *b* отмечено, что минимальное значение концентрации хлорофилла *a* зарегистрировано в точке 8 ( $C_a = 18,3$  мг/г), максимальное значение хлорофилла *a* наблюдается сразу в шести точках отбора проб из 9 ( $C_a = 106,3$  мг/г), в точке 9 содержание исследуемого пигмента не установлено. Минимальное значение концентрации хлорофилла *b*, так же как и для хлорофилла *a*, зарегистрировано в точке 8 ( $C_b = 40,7$  мг/г), а максимальное значение концентрации хлорофилла *b* (237,0 мг/г) отмечается то же в шести точках – 1, 2, 4, 5, 6, 7, как и для хлорофилла *a*.

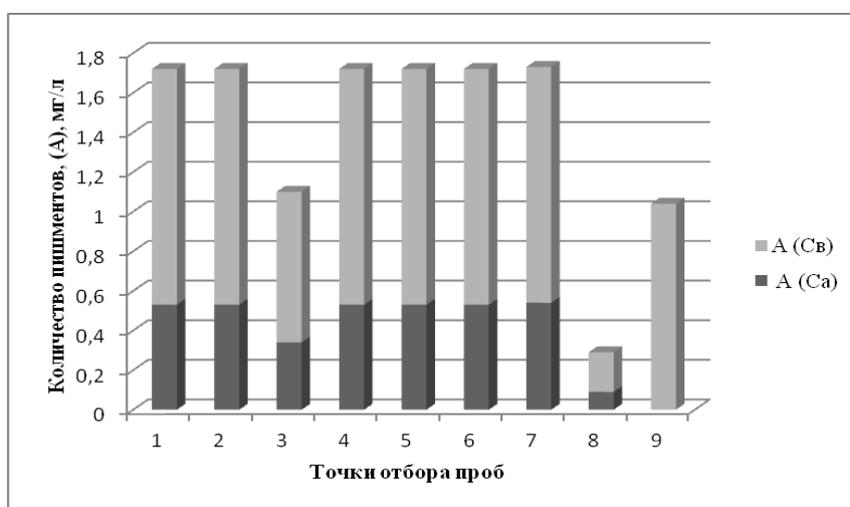


Рис. Содержание пигментов в слоевищах эпифитной лишенобиоты (на примере ключевых точек учётных площадок для Бежицкого района города Брянска): 1 – р. Болва; 2 – парк Металлургов; 3 – ул. Клинцовская (школа №17); 4 – ул. Нахимова; 5 – ул. Клинцовская (ДК Медведева); 6 – ул. Ново-Советская; 7 – ул. Маяковского (дет. поликлиника); 8 – ул. Литейная (шк. № 13); 9 – ул. Вокзальная (ст. Фасонолитейная)

Минимальное значение количества пигментов отмечается в точке отбора проб № 8 ( $A_{Ca} = 1,0$  мг/г), минимальное значение количества пигментов отмечено также в точке 8 со значением равным  $A_{Cb} = 0,2$  мг/г. Показатель количества пигментов ( $A$ ) косвенный и зависит непосредственно от концентрации хлорофиллов  $a$  и  $b$ . Максимальное количество пигментов как для хлорофилла  $a$ , так и для хлорофилла  $b$  регистрируется в точках 1, 2, 4, 5, 6 и 7 со значением, соответственно,  $A_{Ca} = 0,53$  мг/г и  $A_{Cb} = 1,19$  мг/г.

Максимальное значение концентрации хлорофилла  $a$  превышает минимальную концентрацию в 5,8 раза. Для хлорофилла  $b$  разница между максимальным и минимальным значениями составляет 5,8 раза. Эти данные говорят о том, что и хлорофилл  $a$ , и хлорофилл  $b$  одинаково отражают состояние воздуха для исследуемого района города. Подтверждают информативность взятого показателя и индикационные свойства эпифитной лишайной биоты.

Количество хлорофилла  $b$  значительно превышает содержание хлорофилла  $a$  в талломах всех исследованных образцов всех видов лишайников. Максимальные значения содержания хлорофиллов отмечено у *Xanthoria parietina*, что на 19% больше подобных значений у *Phiscia pulverulenta* и на 14% больше значений у *Phiscia ciliata* и *Parmelia sulcata*. Различия суммарного содержания хлорофиллов в талломах лишайников *Phiscia pulverulenta* и *Parmelia sulcata* незначительны – 7,8%. Внутривидовая изменчивость содержания хлорофиллов отдельных видов достаточно высока: у представителей рода *Phiscia* максимальные значения содержания хлорофиллов  $a$  и  $b$  в 4,8 раза превышают минимальные значения, что в свою очередь доказывает изменение содержания хлорофиллов в зависимости от условий местообитания.

Вариабельность количества хлорофилла у всех исследованных видов низкая, что показывает достоверность полученных данных. Вариабельность показателей признаков у *Phiscia pulverulenta* рассчитана для хлорофилла  $a$  – 12%, хлорофилла  $b$  – 14%,  $a+b$  – 12%; *Phiscia ciliata* – для хлорофилла  $a$  – 13%, хлорофилла  $b$  – 15%,  $a+b$  – 14%; *Xanthoria parietina* – для хлорофилла  $a$  – 15%, хлорофилла  $b$  – 17%,  $a+b$  – 17%; *Parmelia sulcata* – для хлорофилла  $a$  – 14%, хлорофилла  $b$  – 19%,  $a+b$  – 16%.

Экоаналитическая обработка проб биомассы лишайников показала наличие двух зон по количественному значению концентрации хлорофилла  $a$  и  $b$  – с высоким значением концентрации (35% участков) и низким значением концентрации.

Содержание хлорофиллов в побегах наиболее распространенных эпифитных видов листостебельных мхов в расчете на единицу сырой массы составляет не более 8,7 мг/г. Однако, при расчете на сухой вес, различия более выражены, в связи с разным содержанием сухого вещества в листьях.

Среднее содержание хлорофиллов в листьях изученных мхов составляет 2,4–3,7 мг/г, диапазон изменений содержания сухого вещества в листьях этих видов мхов очень значителен – от 10 до 90%.

Все листостебельные эпифитные мхи приурочены к обитанию в наиболее затенённых местообитаниях, для усвоения света малой интенсивности

требуется большее количество хлорофилла. Максимальное количество зелёных (около 8,0 мг/г) пигментов отмечено у *Pylaisia polyantha*: максимум пигментов пластид у этих видов обусловлен низким содержанием сухого вещества и, соответственно, большой оводнённостью листьев. Далее по убыванию общего количества пигментов следуют: *Amblystegium serpens* (3,0–3,6 мг/г) и виды рода *Orthotrichum* (2,4–3,2 мг/г).

Содержание хлорофиллов в листьях мхов в меньше содержания зелёных пигментов в слоевищах лишайников. Максимум содержания пигментов для большинства изученных видов отмечен в конце вегетационного периода во второй декаде августа – начале сентября.

Вариабельность показателей признаков у *Amblystegium serpens* рассчитана для хлорофилла *a* – 11%, хлорофилла *b* – 15%, *a+b* – 14%; *Orthotrichum obtusifolium* – для хлорофилла *a* – 17%, хлорофилла *b* – 18%, *a+b* – 15%; *Orthotrichum speciosum* – для хлорофилла *a* – 13%, хлорофилла *b* – 13%, *a+b* – 15%; *Pylaisia polyantha* – для хлорофилла *a* – 17%, хлорофилла *b* – 15%, *a+b* – 17%.

Сравнение среднего содержания хлорофиллов в листьях исследованных мхов с аналогичным показателем по другим жизненным формам растений показало их сходство по пигментному составу с видами сосудистых вечнозеленых и даже листопадных жизненных форм.

Итак, видовая изменчивость содержания хлорофиллов отражает состояние среды и может служить критерием экологической оценки местообитаний; хлорофилл *b* – более информативный показатель индикации, так как его повышенное содержание указывает на приспособленность к большой амплитуде изменения освещенности, что позволяет растениям эффективно использовать свет малых интенсивностей.

Все полученные данные являются основой для дальнейших исследований по видовой изменчивости содержания хлорофиллов в биомассе биоиндикаторов и основой для картирования территории урбоэкосистем.

По накоплению фитомассой биоиндикаторов ТМ получены следующие данные (табл.).

Таблица

**Коэффициенты накопления ТМ листостебельными мхами**

ТМ	Виды и коэффициенты накопления*							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Sr	1,12	1,31	1,55	1,14	2,51	2,43	2,75	2,11
Pb	0,57	0,92	0,53	0,72	0,62	0,25	0,74	0,31
As	0,87	0,72	0,65	0,58	0,65	0,75	0,48	0,42
Zn	1,93	1,78	1,82	1,91	2,36	1,76	1,59	1,33
Cu	1,66	1,74	1,78	1,72	1,35	1,82	1,81	1,23
Ni	0,83	0,75	1,02	1,0	0,80	0,54	0,67	0,82
Co	0	0	0	0	0,09	0,04	0,10	0
Fe	1,18	1,22	2,22	1,75	1,33	1,87	2,70	1,41
Mn	2,17	1,66	1,74	1,47	2,31	1,84	2,41	1,67
Cr	0,61	0,98	0,32	0,47	0,90	0,74	0,63	0,57

Примечание: \* Коэффициенты накопления для мхов и лишайников: 1 – *Amblystegium serpent*, 2 – *Orthotrichum speciosum*, 3 – *Orthotrichum obtusifolium*, 4 – *Pylaisia polyantha*, 5 – *Xanthoria parietina*, 6 – *Parmelia sulcata*, 7 – *Phiscia ciliate*, 8 – *Phiscia pulverulenta*.

Экологические ряды по аккумулярующей способности зелёных мхов (на основе Кн) к ТМ следующие: *Amblystegium serpens* Mn > Zn > Cu, *Orthotrichum speciosum* Zn > Cu > Mn, *Orthotrichum obtusifolium* Fe > Zn > Cu > Mn, *Pylaisia polyantha* Fe > Zn > Cu > Mn; лишайников: *Xanthoria parietina* Sr > Zn > Mn, *Parmelia sulcata* Sr > Fe > Mn > Cu, *Phiscia ciliata* Sr > Fe > Mn > Cu, *Phiscia pulverulenta* Sr > Mn Fe > Zn. Эпифитные мхи, в отличие от сосудистых растений, не накапливают свинец, мышьяк, так же как и сосудистые растения не аккумулируют никель, титан, ванадий, хром [3]. Отмечена сопряженная аккумуляция всеми исследованными видами ТМ в парах: железо-марганец, цинк-медь. Индикаторные (чувствительные) виды (Кн > 2) по отношению к стронцию лишайники видов *Xanthoria parietina*, *Parmelia sulcata*, *Phiscia ciliata*, *Phiscia pulverulenta*, к цинку – *Xanthoria parietina*, марганцу – *Amblystegium serpens*, *Xanthoria parietina*, *Abietinella abietina*, железу – *Orthotrichum obtusifolium* и *Phiscia ciliata*. Виды лишенобиоты интенсивно накапливают стронций (Кн от 1,22 до 3,44), марганец. Лишайники практически не аккумулируют никель, хром, мышьяк, не накапливают кобальт. В отличие от сосудистых растений ни один из видов лишайников не аккумулируют мышьяк [3].

В условиях крупной урбоэкосистемы Нечерноземья РФ аккумуляция растениями и лишайниками ТМ видоспецифична. Рассчитанные коэффициенты накопления подтвердили эффективную аккумуляцию легкоподвижных ТМ, а также малоподвижного цинка. По отношению к эссенциальным элементам – железу, марганцу, меди, цинку – накопление их биомассой объясняется значительной ролью ионов в биохимических процессах клетки. Вероятно, многие ТМ поступают как из локальных источников загрязнения, так и в результате локального переноса.

### Литература

1. Баженов А. В., Шавнин С. А. Оценка степени поражения фотосинтеза сосны обыкновенной аэротехногенными выбросами // Экология. 1994. № 4. С. 89–91.
2. Воронина О. Е., Ефимцев Е. И., Татарина Т. А. Пигментный аппарат растений в условиях антропогенного воздействия // Вестник Московского государственного университета леса. 1999. № 2. С. 82.
3. Поцепай Ю. Г., Анищенко Л. Н. Накопление тяжелых металлов адвентивными растениями синантропных сообществ // Проблемы экологии и агрохимии. 2013. № 1. С. 35–40.
4. Карпов Ю. А., А. П. Савостин. Методы пробоотбора и пробоподготовки. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. 243 с.
5. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М 049-П/04. СПб.: ООО НПО «Спектрон», 2004. 20 с.

6. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / В. А. Ипатьев, В. Ф. Багинский, И. М. Булавик и др. / Под ред. В. А. Ипатьева. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 1999. 396 с.

7. Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–170.

## **БИОДИАГНОСТИКА СРЕДЫ В ЗОНЕ ДОБЫЧИ БОКСИТОВОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЛИШАЙНИКОВ**

*И. Г. Захожий, М. А. Шелякин, И. В. Далькэ, Р. В. Малышев,  
О. В. Дымова, Г. Н. Табаленкова, Т. К. Головки*  
*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, zakhozhiy@ib.komisc.ru*

Лишайники являются удобными и информативными объектами для биоиндикации состояния окружающей среды [1]. Они не имеют корней, защитных покровов и устьиц, способны существовать в экстремальных условиях и могут накапливать все элементы воздушной среды в значительных количествах. Кроме того, лишайники – долгоживущие и медленно растущие организмы. Строение их таллома практически не изменяется на протяжении всего жизненного цикла [2]. В лишайноиндикации выделяют три основных направления: 1) изучение лишайников как биоаккумуляторов поллютантов; 2) оценка влияния загрязнения на разнообразие и жизнеспособность лишайнобиоты; 3) выявление физиолого-биохимического ответа лишайников на загрязнение, что позволяет уловить первые сигналы нарушения процессов жизнедеятельности еще до появления внешних признаков негативного воздействия [3]. Индикация таких сигналов важна для разработки мер по предотвращению необратимой трансформации природных экосистем и превращения их в зоны экологического бедствия.

В настоящей работе представлены данные о функциональном состоянии трех видов лишайников в зоне влияния Средне-Тиманского бокситового рудника (СТБР). Как известно, деятельность предприятий минерально-сырьевого комплекса приводит к загрязнению биосферы продуктами добычи и переработки полезных ископаемых. Наибольшей опасности подвергаются ландшафты при открытом способе разработки месторождений. Добыча бокситов сопряжена со значительными пылевыми выбросами практически на всех этапах производственного цикла, от взрывных работ и до отгрузки руды потребителю. За более чем 15-летний период наблюдений в зоне влияния СТБР видовое разнообразие лишайнобиоты практически не изменилось, но показатели жизненного состояния некоторых лишайников заметно ухудшились [4].

Спецификой загрязнения импактных территорий бокситовой пылью является то, что значительная часть попадающих в окружающую среду соединений металлов (прежде всего алюминия и железа) представлена в виде окислов. На большинстве талломов наблюдается налет красной бокситовой пыли,

в котором присутствуют оксиды алюминия, железа, кремния, соединения марганца, никеля, кобальта, хрома, молибдена, меди, свинца, цинка, кадмия и других металлов [5]. Оксиды и гидраты оксидов алюминия и железа имеют низкую растворимость при близких к нейтральному значениях pH. Попадая на лишайники, твердые частицы бокситов концентрируются на их поверхности и в межклеточном пространстве внутри них. Частицы бокситовой руды затрудняют газо- и водообмен лишайников, значительно экранируют альгальный слой, снижая поступление к фотобионту фотосинтетически активной радиации. Наряду с этим, ионы, содержащихся в бокситовой руде металлов могут связываться с обменными центрами на клеточных стенках фото- и микобионта, а также проникать во внутриклеточное пространство и оказывать токсическое действие.

Исследования, проведенные нами на трех видах листоватых лишайников (*Hypogimnia physodes*, *Lobaria pulmonaria* и *Peltigera aphthosa*), показали, что загрязнение среды бокситовой пылью приводило к накоплению в талломах соединений металлов, особенно алюминия и железа. Их содержание в образцах *H. physodes* с наиболее загрязненных площадок достигало 14–20 мг/г сухой биомассы, что в 40 раз больше по сравнению с условно чистым (фоновым) участком. Наряду с соединениями железа и алюминия, талломы на загрязненной территории накапливали медь, никель, свинец и другие металлы.

Для оценки состояния лишайников в природно-техногенных условиях часто рекомендуют изучать пигментный фонд. В ряде работ отмечалось разрушение хлорофиллов в лишайниках под воздействием различных загрязнителей [6–8]. Проведенные нами исследования выявили, что талломы трехкомпонентных лишайников *P. aphthosa* и *L. pulmonaria*, фотобионтами которых являются зеленые водоросли и цианопрокариоты, содержали больше хлорофилла *a* (0,83–1,41 мг/г сухой массы), чем хлоролишайник *H. physodes* (0,71 мг/г сухой массы). Вопреки ожиданиям, в образцах талломов с сильно загрязненных участков мы не выявили существенного изменения содержания основного фотосинтетического пигмента – хлорофилла *a*. О сохранении функциональной активности фотосинтетического аппарата свидетельствуют и данные, характеризующие фотохимическую активность фотобионтов лишайников. Величина максимального квантового выхода фотосистемы 2 (ФС2) фотобионтов составляла около 0,70 отн. ед. как для талломов фоновой территории, так и на загрязненных участках. Вместе с тем, для талломов *L. pulmonaria* выявлено 15%-ное снижение величины реального квантового выхода ФС 2 фотобионта на участке с высоким уровнем загрязнения, тогда как у слоевищ *H. physodes* отмечено 20%-ное увеличение этого показателя. Величина реального квантового выхода ФС 2 фотобионта *P. aphthosa* достоверно не отличалась для талломов, отобранных на участках с различным уровнем загрязнения.

На импактных участках отмечали снижение содержания в талломах углерода, водорода и кислорода. Эти элементы включаются в состав биомассы при фотосинтезе. Установлено, что высокий уровень загрязнения талломов

бокситовой пылью может приводить к подавлению нетто-поглощения  $\text{CO}_2$  и усилению выделения дыхательной  $\text{CO}_2$ . Наиболее отчетливо эффект подавления фотосинтетической активности проявлялся у *L. pulmonaria*. Скорость фотосинтетической фиксации углекислого газа талломами данного вида с сильнозагрязненных участков не превышала  $1,27 \text{ мкмоль } \text{CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ , в то время как у слоевищ с фоновой территории была на 30% больше. Различия в интенсивности поглощения  $\text{CO}_2$  между контрольными и импактными талломами *P. aphthosa* и *H. physodes* было статистически незначимо.

Результаты изучения дыхания лишайников по поглощению  $\text{O}_2$  выявили, что сильное загрязнение подавляло, а слабое активировало дыхание талломов *L. pulmonaria* и *H. physodes*, но не повлияло на дыхание *P. aphthosa* – наиболее интенсивно дышащий лишайник. При этом в талломах лишайников, отобранных на импактной территории, наблюдали изменения в соотношении дыхательных путей, что выражалось в снижении активности основного энергетически эффективного цитохромного пути дыхания.

В самом общем виде основой токсического действия ионов металлов является их взаимодействие с биологически активными макромолекулами и структурами клетки. Высокие концентрации ионов металлов инактивируют метаболически важные белки и другие регуляторные макромолекулы. Вызывают окислительный стресс, что проявляется в избыточном образовании активных форм кислорода (АФК), инициирующих реакции перекисного окисления липидов клеточных мембран.

Установлено, что талломы всех исследованных видов лишайников с загрязненных бокситовой пылью участков отличались высоким уровнем липопероксидации. Они содержали в 1,5–2 раза больше продуктов реакции с тиобарбитурой кислотой, чем талломы с фонового участка.

Обнаружено увеличение активности антиоксидантных ферментов, участвующих в нейтрализации АФК. Так, активность супероксиддисмутазы (СОД) в талломах *L. pulmonaria* и *P. aphthosa* возрастала в 1,5 раза по мере усиления загрязненности среды. В талломах *H. physodes* достоверное увеличение активности СОД наблюдали только на участке со средним уровнем загрязнения, тогда как в условиях сильного загрязнения активность СОД снижалась. Активность пероксидазы возрастала при сильном загрязнении в талломах *L. pulmonaria* в 5 раз, а *P. aphthosa* – в 1,3 раза. У *H. physodes* отмечали ингибирование активности данного фермента. Снижение активности антиоксидантных ферментов в талломах *H. physodes* при сильном загрязнении можно расценивать как проявление нарушения защитных механизмов.

Таким образом, наши результаты свидетельствуют о выраженной реакции основных процессов жизнедеятельности лишайников на загрязнение среды бокситовой пылью. Усиление перекисного окисления липидов и активация ферментов антиоксидантной защиты прямо указывают на развитие окислительного стресса. Можно заключить, что лишеноиндикация является эффективным способом мониторинга загрязнения среды при добыче бокситовой руды. При этом определение показателей, характеризующих уровень липопе-

роксидации и активности антиоксидантных ферментов, позволяет выявить признаки стресса задолго до значительного снижения жизнеспособности и таксономического разнообразия лишайников на импактной территории.

Работа выполнена в рамках темы «Физиология и стресс-устойчивость фотосинтеза растений и пойкилогидрических фотоавтотрофов в условиях Севера» (№ ГР АААА-А17-117033010038-7) и поддержана грантом Комплексной программы фундаментальных исследований УрО РАН (проект 15-12-4-4).

### Литература

1. Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. 336 с.
2. Paoli L., Munzi S., Guttová A., Senko D., Sardella G., Loppi S. Lichens as suitable indicators of the biological effects of atmospheric pollutants around a municipal solid waste incinerator (S Italy) // *Ecological Indicators*. 2015. V. 52. P. 362–370.
3. Nash T. H. III. *Lichen Biology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 486 p.
4. Пыстина Т. Н., Кузнецова Е. Г. Оценка степени загрязнения растительности и почв в зоне воздействия Средне-Тиманского бокситового рудника // *Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам: Материалы Всерос. науч. конф. Киров, 2015*. С. 314–317.
5. Афанасенко О. В., Бармин А. В., Потапова М. А., Землянский В. Н. Исследования экологической безопасности и мониторинг воздействия источников загрязнения на территории Средне-Тиманского бокситового рудника ОАО «Боксит Тимана» // *Известия Коми НЦ УрО РАН*. 2010. № 2. С. 44–47.
6. Arb C., Brunold C. Lichen physiology and air pollution. I. Physiological responses of in situ *Parmelia sulcata* among air pollution zones within Biel, Switzerland // *Canadian Journal of Botany*. 1990. V. 68. № 1. P. 35–42.
7. Wakefield J. M., Bhattacharjee J. Effect of air pollution on chlorophyll content and lichen morphology in Northeastern Louisiana // *Evansia*. 2012. V. 29. № 4. P. 104–114.
8. Lucadamo L., Corapi A., Loppi S., Paoli L., Gallo L. Spatial variation of eco-physiological parameters in the lichen *Pseudevernia furfuracea* transplanted in an area surrounding a cement plant (S Italy) // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. V. 187. № 8. P. 1–21.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АДРЕСНОЙ ДОСТАВКИ АМИНОПТЕРИНА С ПОМОЩЬЮ ЖЕЛЕЗО-МОЛИБДЕНОВЫХ НАНОКЛАСТЕРНЫХ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОТЕСТА НА *DROSOPHILA MELANOGASTER*

*С. В. Шихова, К. В. Гржегоржевский, И. Д. Гагарин*  
Уральский федеральный университет, *Simigr@yandex.ru*

Нанокластерные полиоксометаллаты (ПОМ) со структурой букибола являются перспективным средством адресной доставки лекарственных веществ в организм человека. Структура букибола, имеющая внутреннюю полость и «окна», даёт возможность нанокластерам обратимо поглощать раз-

личные органические соединения [1]. ПОМ растворимы в воде, способны образовывать комплексы и ассоциаты с поверхностно активными веществами, водорастворимыми полимерами, а так же, вероятно, с лекарственными препаратами [2]. Данные нанокластеры обладают высокой способностью проникать через мембраны клеток [3].

Наиболее перспективным направлением исследований в данной области представляется использование различных нанокластерных соединений, для адресной доставки химиотерапевтических препаратов.

Химиотерапевтические препараты, наиболее часто используемые для лечения рака, являются одними из самых токсичных медикаментов. Терапевтическую эффективность многих химиотерапевтических процедур можно улучшить за счёт достижения баланса между эффективностью и токсичностью, а так же, усиления специфических свойств препарата, по отношению к клеткам опухоли [4].

Напрямую оценить генотоксический эффект химиотерапии на человеке сложно. Большая доля фенотипических вариаций обуславливается трансмиссивными факторами [5]. Перспективным направлением является разработка различных методов биодиагностики для оценки генотоксического эффекта химиотерапии.

В данной работе, в качестве цитостатического препарата был выбран аминоптерин. Аминоптерин цитостатик антифолатного ряда. Конкурентно ингибирует фермент дигидрофолатредуктазу. В настоящее время, из-за высокой токсичности он практически не используется [6].

Целью исследования является оценка эффективности адресной доставки аминоптерина, с помощью нанокластерных полиоксометаллатов, с применением разработанной модели, базирующейся на классических методах генотоксикологии, на примере *D. melanogaster*.

Образцы полиоксометаллата  $Mo_72Fe_{30}$ : были предоставлены сотрудниками Уральского федерального университета им Б. Н. Ельцина: А. А. Остроушко, И. Д. Гагариным, К. В. Гржегоржевским.

В данном исследовании использовалась лабораторная линия дикого типа *D. melanogaster* «Oregon R».

В ходе работы были запланированы и проведены следующие эксперименты:

1) Контроль. Экспериментальная линия содержалась на среде альдерстона (полусинтетическая среда для выращивания дрозофилы, содержащая глюкозу, дрожжи и агар-агар) без добавления каких либо препаратов или химических соединений.

2) АП. Экспериментальная линия содержалась на среде альдерстона, с добавлением образцов аминоптерина, в концентрации 400  $\mu\text{g}/\text{kg}$  среды.

3) ПОМ. Экспериментальная линия содержалась на среде альдерстона, с добавлением образцов полиоксометаллата. Образцы полиоксометаллата  $Mo_72Fe_{30}$  вносились в среду Альдерстона в трёх различных концентрациях

(температура среды в момент внесения ПОМ была  $\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ):  $S1=2 \cdot 10^{-4}\text{ M}$ ;  $S2 = 1 \cdot 10^{-6}\text{ M}$ ;  $S3 = 1 \cdot 10^{-7}\text{ M}$ .

4) АП + ПОМ. Экспериментальная линия содержалась на среде альдерстона, с добавлением образцов аминокперина, в концентрации 400  $\mu\text{g}/\text{kg}$  среды, и полиоксометаллата (в трёх вышеназванных концентрациях).

5) АП + ПОМ(D) Экспериментальная линия содержалась на среде альдерстона, с добавлением образцов аминокперина, в концентрации 400  $\mu\text{g}/\text{kg}$  среды, и образцов полиоксометаллата, подвергшихся термической деструкции (нагреванию до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Концентрации продуктов деструкции полиоксометаллата  $\text{Mo}_7\text{Fe}_3\text{O}_{30}$  были нормированы по железу.

Особи линии «Oregon-R» содержались в банках для массовых кладок, с агаровыми пластинами на дне. Личинки первого возраста помещались на среду, содержащую исследуемые соединения соответствующей концентрации, где они претерпевали весь цикл развития вплоть до вылета имаго, при температуре  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, изучаемые соединения вводились с пищей, в течение 7–11 дней развития личинок.

Личиночные и куколочные летали определялись путём прямого подсчёта числа не развившихся личинок и куколок, в рамках метода, разработанного в лаборатории экологической генетики УрФУ.

Полученные данные обрабатывались в программе Statistica методом парного сравнения с контролем, с использованием t-критерия Стьюдента, при уровне значимости  $P < 0,05$ .

В ходе проведения эксперимента, была поставлена следующая гипотеза: в результате цитостатического воздействия, аминокперин существенно повышает смертность личинок дрозофилы, получавших его с пищей. Если железомолибденовые ПОМ увеличивают проведение аминокперина в клетки личинок, то есть, если они применимы в качестве адресной доставки цитостатических препаратов, то смертность личинок должна возрасти, в сравнении с группой, которая получала только аминокперин. Мы добавили ещё одну экспериментальную группу АП + ПОМ(D). Данная группа содержит то же химическое соединение, но его структура типа букибола, с «окнами», необходимая для выполнения функции адресной доставки лекарственных препаратов, была разрушена. Данный эксперимент, был запланирован для того чтобы проверить, является ли увеличение смертности личинок и куколок результатом улучшения эффективности доставки аминокперина, или это результат суммации токсического воздействия обоих веществ.

Полученные результаты были сравнены с контрольной группой, и группой получавшей с пищей аминокперин (рис.).

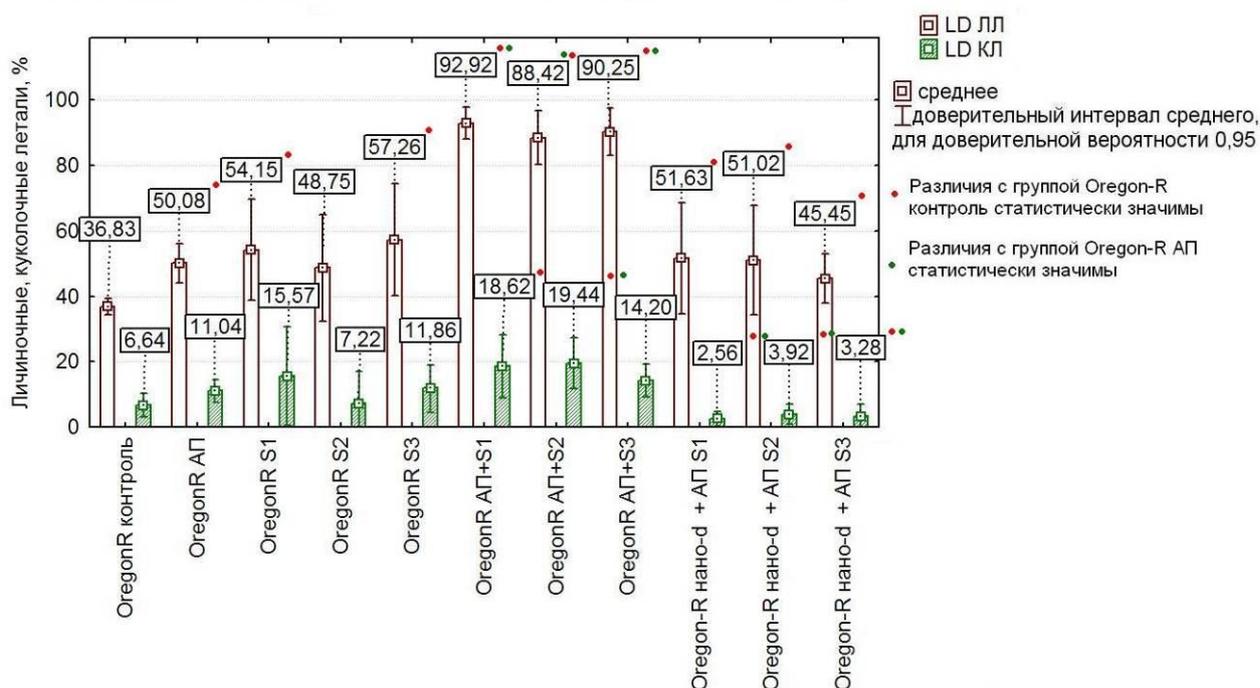


Рис. Личиночные и куколочные летали линии дикого типа «Oregon-R» в контрольной и экспериментальных группах

Статистически значимые различия с контрольной группой, на уровне личиночных леталей, мы получили практически для всех групп, за исключением одной из групп, которая получала с пищей ПОМ, в концентрации S2. Летальность личинок во всех экспериментальных группах была повышена. И аминокпертин, и ПОМ, показали себя как токсичные вещества.

На уровне куколочных леталей, мы обнаруживаем статистически значимые различия в группе AP + ПОМ и AP + ПОМ(D) во всех исследуемых концентрациях. Однако первые три группы показали увеличение летальности, тогда как вторые три группы – уменьшение летальности. Вероятно, тут замешана ошибка малой выборки, так как до стадии куколки доживало слишком мало личинок, и прогнозировать изменение летальности на этом уровне сложно.

При сравнении группы AP + ПОМ и AP + ПОМ(D), с группой получавшей лишь аминокпертин, мы обнаруживаем, что летальность в группе AP+ПОМ статистически значимо выше, чем в группе, получавшей только аминокпертин, а летальность в группе AP+ПОМ(D) статистически значимо не различается с группой, получавшей с пищей аминокпертин. Что подтверждает гипотезу об увеличении эффективности адресной доставки аминокпертина, при помощи ПОМ.

### Литература

1. Остроушко А. А. и др. Оценка безопасности железомолибденовых нанокластерных полиоксометаллатов, предназначенных для адресной доставки

лекарственных веществ // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2011. Т. 34. № 2. С. 107–110.

2. Остроушко А. А., Тонкушина М. О., Мартынова Н. А. Особенности явлений массо- и электропереноса в системах, содержащих нанокластерные полиоксометаллаты молибдена со структурой фуллерена // Журнал физической химии. 2010. Т. 84. № 6. С. 1135–1140.

3. Остроушко А. А. и др. Исследование возможности введения железо-молибденовых букиболов в организм методом электрофореза // Российские нанотехнологии. – 2014. Т. 9. № 9. С. 83–87.

4. Gajewski J. et al. Efficacy of intensive chemotherapy for acute myelogenous leukemia associated with a preleukemic syndrome // Journal of Clinical Oncology. 1989. V. 7. P. 1637–1645.

5. Falconer D. S., Mackay T. F. C. Introduction to quantitative genetics. 4a Edition. Harlow: Longman Group Limited, 1996. 464 p.

6. Silber J. et al. In vivo analysis of Drosophila deoxyribonucleoside kinase function in cell cycle, cell survival and anti-cancer drugs resistance // Cell Cycle. 2006. V. 7. P. 740–749.

## ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ РЫЖИКОВ В СУНСКОМ РАЙОНЕ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*А. А. Степанов, Е. В. Рябова*

*Вятский государственный университет, alst9406@mail.ru*

Сунский район Кировской области обладает значительными потенциальными запасами растительного сырья, среди которых: ягоды, грибы, лекарственные растения. Но определенное значение имеют рыжики, так как район обладает их существенными запасами. Рыжик – название группы видов грибов рода Млечник (*Lactarius* Pers.). Гриб распространен в России повсеместно в лесной зоне. В основном он растет на песчаном грунте в хвойных лесах. Все представители рыжиков являются облигатными эктомикоризными грибами [1]. Рыжик является символом Сунского района.

Территория Сунского района по растительному покрову относится к подзоне южной тайги. Основной растительной формацией являются еловые южно-таежные леса с примесью пихты и спорадическим распространением элементов растительности широколиственных лесов в травяном покрове, реже в подлеске. Основными лесообразующими породами в насаждениях являются ель (57,6%), береза (19,2%), сосна (18,0%) [2]. Сложный, расчлененный рельеф Сунского района создает неравномерность увлажнения и микроклиматические различия в температурном режиме [3].

На территории Сунского района в летне-осенний период 2017 г. изучали 2 вида рыжика: рыжик настоящий (*Lactarius deliciosus* (Fr.) S.F. Gray) и рыжик еловый (*Lactarius deterrimus* Groger) (далее – рыжик). Изучение урожайности рыжиков вели на 6 стационарных площадках размером 50 x 50 м в 3 ельниках разнотравных, 2 сосняках зеленомошных, 1 сосняке разнотравном. Эти площадки были выбраны преднамеренно как «грибоносные». В качестве «негрибоносной нарушенной» территории была взята просека, где была за-

ложена пробная площадка размером 20 x 20 м. Повторность сбора проводили 3 раза в месяц. Червивость определяли процентным соотношением нечервивых и червивых рыжиков за каждый сбор [4].

На изучаемой территории рыжики предпочитают расти в молодых ельниках разнотравных. Меньше всего рыжиков встречается в сосняках. Отмечено, что рыжики растут «волнами»: «первая волна роста» в 2017 г. на территории Сунского района отмечена в июле-августе, вторая – в сентябре-октябре. В период с 30 июля по 10 сентября рост плодовых тел рыжиков практически отсутствовал. Это обусловлено неоптимальными условиями среды. Выявлено, что сроки плодоношения и его характер определяются такими факторами, как влажность и температура. Массовому появлению плодовых тел обычно предшествует период частых, но не заливных дождей при умеренной, без резких перепадов температуре в 18–20 °С. Эти условия являются оптимальными и способствуют высокому урожаю. В жаркую и засушливую погоду, холодным и дождливым летом урожай грибов не бывает высоким. Колебания погодных условий сдвигают сроки плодоношения грибов [5].

В Кировской области урожайность грибов варьирует от 20 до 250 кг/га [6]. Общая урожайность рыжиков в Сунском районе со всех площадок в «первой волне роста» с 10 июля по 26 июля 2017 г. – 44,9 кг/га, во «второй волне роста» с 7 сентября по 15 октября меньше – 34,7 кг/га. Значения урожайности невелики, что связано, прежде всего, с неблагоприятными погодными условиями. В период исследований наблюдались обильные осадки и перепады температур: низкие температуры в начале лета и более теплые в конце лета и начале осени. Низкие температуры повлияли на позднее пробуждение грибницы.

Темпы роста плодовых тел рыжиков замедляют насекомые, поселяющиеся в них. Основным вредителем рыжика является грибная мушка (*Platypozidae* sp.), личинки которой являются грибоядными. Процент червивости рыжиков в 2017 г. колебался от 60% до 90%. Самый высокий процент червивости (от 80 до 90%) наблюдали в середине сентября. Самый низкий в июле – 60–70%. Высокие значения червивости рыжиков связаны с обильными осадками в течение сезона, которые спровоцировали наибольшую активность вредителей.

#### Литература

1. Кибби Дж. Атлас грибов: Определитель видов. СПб.: Амфора, 2009. 184 с.
2. Информационный бюллетень Сунского района. Суна, 2016. 15 с.
3. Соловьев А. Н. Энциклопедия Земли Вятской. Том 7: Природа / Под ред. Н. Н. Перминова. Киров: Вятка, 1997. 606 с.
4. Васильков Б. П. Методы учета съедобных грибов в лесах СССР. Л.: Наука, 1968. 68 с.
5. Сержанин Г. И., Яшкин И. Я. Грибы. М.: Наука и техника, 1986. 232с.
6. Егошина Т.Л. Недревесные растительные ресурсы России. М.: НИА Природа, 2005. 80 с.

## **БИОИНДИКАЦИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА АГРОЭКОСИСТЕМЫ – ДИСЦИПЛИНА ДЛЯ МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ «АГРОНОМИЯ»**

*Н. Н. Гусакова, И. В. Сергеева, Т. А. Дружкина, Л. В. Лебедь*  
*Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова,*  
*sintetik@sgau.ru*

В настоящее время назрела необходимость детального изучения особенностей функционирования агроценозов с целью повышения их устойчивости, обеспечения равновесного состояния за счет саморегуляции, усложнения структуры, сохранения и увеличения биоразнообразия.

При решении этих вопросов существенную роль может иметь методология биоиндикации [1–5]. В связи со сказанным, для магистров по направлению подготовки «Агрономия» актуальным являлась разработка курса «Биоиндикация антропогенных воздействий на агроэкосистемы».

Настоящий курс содержит два модуля. В первом из них «Высшие растения и растительные сообщества как индикаторы экологических условий» обсуждаются зональные особенности индикационных свойств различных типов растительности, рассматривается использование ландшафтной индикации при изучении сельскохозяйственных земель. При ландшафтно-индикационных исследованиях используют внешние черты ландшафтов, доступных визуальному наблюдению, а также аэро- и космофотографирование, в качестве ориентировочных показателей явлений и процессов, непосредственное наблюдение за которыми затруднено. В качестве индикаторов используются ландшафты, урочища, фации, их наиболее физиономичные компоненты (рельеф, растительность, почвы, водоемы и др.), устойчивые сочетания компонентов, а также антропогенные элементы структуры местности. В рамках указанного модуля на лабораторных занятиях проводится мониторинг состояния агробиоценозов с помощью метода «Биотест» с использованием растений-биоиндикаторов, осуществляется обследование экологического состояния заградительных лесополос, выявляются зоны экологической нормы, риска, кризиса, бедствия по интегральным критериям.

В рамках изучения материала второго модуля «Биоиндикация загрязнений агробиоценозов» подробно рассматриваются источники возникновения загрязняющих веществ, их состав и пути распространения в агроценозах. В материалах дисциплины рассмотрены биохимические, физиологические и морфологические изменения на молекулярном, субклеточном, клеточном уровнях и макроскопические изменения на организменном уровне, происходящие у семенных растений под влиянием токсикантов-стрессоров, что положено в основу индикации загрязнения агробиоценозов. На лабораторном практикуме рассмотрены способы определения устойчивости растений к загрязнениям атмосферного воздуха, а также особенности трансформации органического вещества почвы и способы их биоиндикации, например, с помо-

щью беспозвоночных организмов. Особое внимание уделено нефтяному загрязнению почвы и способам его индикации, а также вопросам ремедиации и восстановления почв. Студенты изучают экологические ниши вредителей и возбудителей болезней в агроценозах, их функциональную роль в сообществе, а также степени занятости, сопряженности и перекрытия ниш на популяционном и биохимическом уровнях.

Курс рассчитан на 18 часов-лекций и 18 часов лабораторных занятий, а также на 40 часов самостоятельной работы студентов. В рамках самореализации студенты изучают принципы составления ландшафтно-индикационных карт, особенности индикации комплекса эдафических факторов, индикаторы пастбищной дигрессии растительного покрова, готовят обзор о современных поллютантах агроэкосистем, уделяют особенное внимание полиароматическим углеводородам, тяжелым металлам, химическим средствам защиты растений, диоксидам, нитратному загрязнению, выполняют сравнительный анализ способов биоиндикации названных поллютантов, выделяют и аргументируют наиболее эффективные и простые в исполнении методики биоиндикации, доступные широкому кругу пользователей.

#### Литература

1. Захаров В. М., Кларк Д. М. Биотест. Интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. М.: Центр экологической политики России, 1993. 69 с.
2. Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Захаров В. М. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения // Экология. 1996. № 6. С. 441–444.
3. Дружкина Т. А., Лебедь Л. В., Гусакова Н. Н. Скрининговая оценка экологического состояния городской среды по древесным культурам. Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2008. 136 с.
4. Пчелинцева Н. М., Гусакова Н. Н. Новые фитоиндикаторы в урбозомониторинге. Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2009. 132 с.
5. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Сарапульцевой. М.: ИЦ «Академия», 2010. 288 с.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕЛЕННЫХ МХОВ И ЛИШАЙНИКОВ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

*Т. А. Сухарева*

*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ,  
s.tat.a@mail.ru*

Продолжительное воздействие атмосферных выбросов в районе комбината «Печенганикель» (пгт. Никель Мурманской области) привело к значительным нарушениям функционирования лесных экосистем, в том числе напочвенного покрова.

Из представителей биоты наиболее чувствительны к техногенному воздействию зелёные мхи и лишайники. Влияние техногенного фактора обуславливает повышенное содержание в этих организмах элементов-загрязнителей и изменение других параметров минерального питания.

Цель исследования – изучить особенности поглощения химических элементов двумя видами зеленых мхов северотаежных лесов и сравнить аккумулирующую способность мхов и лишайника *Cladonia stellaris* в условиях разноуровневого атмосферного загрязнения.

Исследования проводили в 2011 г. на постоянных мониторинговых площадях, расположенных на различном удалении от комбината (5, 14, 44 км). Основным типом лесной растительности в районе исследования были сосново-березовые леса лишайниково-кустарничкового и кустарничкового типа. Контрольной пробной площадью (условно-фоновая территория) послужил сосняк лишайниково-кустарничково-зеленомошный, расположенный в 44 км от комбината. Описание пробных пробных площадей представлено в других наших работах [1, 2].

Объектами исследования явились зелёные мхи *Pleurozium schreberi* (Brid.) и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. in S.B.G.Mitt.) и лишайник *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar et Vězd. Образцы отобраны на каждой площадке в межкрупных пространствах в 5-ти кратной повторности. Пробы высушены, очищены от примесей с помощью пинцета и размолоты. Металлы (Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Ni, Zn) определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии, К – атомно-эмиссионной спектрометрии; Р – фотоколориметрическим методом по интенсивности окраски фосфорно-молибденового комплекса; S – турбидиметрическим методом, N – по методу Кьельдаля, С – по методу Тюрина.

В таблице представлены данные по элементному составу зеленых мхов и лишайников северотаежных лесов в условиях техногенного загрязнения. В минеральном составе зеленых мхов и лишайников преобладают азот, калий и кальций. В количественном отношении содержание элементов питания (N, K, Ca, Mg, P, Mn, S) в зеленых мхах существенно выше, чем в лишайниках. Наиболее высокая концентрация подвижных элементов N, K, P, Mg, Cu наблюдается в текущем приросте зеленых мхов, Al, Fe, Ni – в многолетних побегах. Концентрации углерода в талломах лишайников и зеленых мхах являются сопоставимыми на контрольной площади. В условиях загрязнения содержание углерода в зеленых мхах снижается, в лишайниках достоверных изменений не выявлено. В многолетних побегах зеленых мхов обнаружены наиболее высокие концентрации тяжелых металлов – Al, Fe, Ni и Cu. Концентрация серы также выше в зеленых мхах, как в текущем приросте, так и в многолетних органах. При аэротехногенном воздействии зеленые мхи и лишайники заметно обогащаются элементами-загрязнителями по сравнению с другими видами растений [1, 2].

**Элементный состав зеленых мхов (*Hylocomium splendens*,  
*Pleurozium schreberi*) и лишайника *Cladonia stellaris*  
в зоне влияния комбината «Печенганикель»**

Элемент	<i>Hylocomium splendens</i>		<i>Pleurozium schreberi</i>		<i>Cladonia stellaris</i>
	текущий прирост	многолетние побеги	текущий прирост	многолетние побеги	
С, %	51,6±1,8*	48,4±2,3	53,6±1,4	52,9±1,8	51,6±1,8
	42,6±2,3**	46,9±3,2	40,7±1,4	45,4±2,4	50,9±1,6
	47,9±0,5***	49,2±2,4	50,3±3,3	51,0±2,1	н.о.
N, мг/кг	9075±236	6320±206	6344±290	5214±102	3383±138
	8017±472	6165±283	6295±236	5543±118	4410±214
	8082±104	8877±247	8966±117	7820±228	н.о.
К	7281±389	4313±266	6703±319	4529±319	1340±34
	6273±176	4967±196	7281±179	6099±184	1840±67
	6958±92	5037±86	8767±711	7278±473	н.о.
Ca	2621±120	2563±139	2738±77	2955±91	393±17
	5841±260	6137±253	3663±146	3627±213	346±12
	3730±81	3789±71	4200±392	4341±416	н.о.
Mg	1568±66	924±39	1408±54	916±25	222±5
	1322±44	1334±34	1384±41	1230±28	315±7
	1611±7	1482±28	1906±63	1792±117	н.о.
P	2161±100	1027±41	1513±59	946±31	542±22
	1178±35	640±27	1408±89	903±91	790±54
	1517±33	961±32	1682±120	1193±35	н.о.
Mn	506±34	520±22	492±23	487±19	57±7
	197±14	205±14	857±32	777±33	51±5
	288±15	280±12	432±11	441±30	н.о.
S	1166±143	1026±141	1278±141	1165±105	798±29
	1144±28	1169±31	1265±40	1483±90	893±39
	1465±20	1662±43	1551±115	2610±261	н.о.
Zn	29±1	28±1	25±1	29±1	12±1
	31±3	34±3	35±3	42±5	25±1
	29±2	33±2	39±3	48±2	н.о.
Fe	85±9	264±11	158±12	335±49	217±30
	456±30	1359±95	614±56	1509±189	974±40
	975±60	2730±273	1036±210	2657±370	н.о.
Al	61±5	134±6	85±13	134±13	77±3
	137±6	385±36	137±9	270±21	146±13
	134±13	288±9	121±26	263±34	н.о.
Cu	13±1	25±1	20±2	27±1	18±1
	96±2	195±10	156±10	280±13	147±2
	193±14	406±16	217±22	402±25	н.о.
Ni	16±1	38±1	28±3	51±3	24±1
	118±4	261±17	203±11	372±26	178±11
	241±11	532±26	299±63	614±67	н.о.

Примечание: в таблице приведены средние значения (±стандартная ошибка). Пробная площадь на расстоянии от комбината: \* – 44 км, \*\* – 14 км, \*\*\* – 5 км; н.о. – не определяли.

Известно, что основными механизмами поглощения зелёными мхами минеральных элементов из окружающей среды являются улавливание взвешенных в атмосфере частиц с обменом ионов внутриклеточным поглощением, как и у лишайников, а также поглощение минеральных элементов из субстрата с помощью ризоидов [3].

Сравнение элементного состава двух видов зеленых мхов показало, что *Hylocomium splendens* отличается более высоким содержанием азота, а *Pleurozium schreberi* – железа и никеля. В отношении содержания других элементов оба вида имеют сходный элементный состав.

Несмотря на высокую приспособляемость растений к конкретным условиям среды и способность к саморегулированию минерального состава, при сильном техногенном воздействии возникают нарушения и отклонения различного плана. Зеленые мхи и лишайники обладают высокой аккумулирующей способностью по отношению к элементам-загрязнителям. Как правило, изменения в элементном составе связаны с выщелачиванием элементов питания из ассимилирующих органов, а также сопутствующим данному процессу, избыточным поступлением в растительный организм тяжёлых металлов и серы.

#### Литература

1. Исаева Л. Г., Сухарева Т. А. Состояние наземных экосистем в зоне влияния комбината «Печенганикель» // Кольская горно-металлургическая компания (промышленные площадки «Никель» и «Заполярный»): влияние на наземные экосистемы / Общ. ред. О. А. Хлебосоловой. Рязань: НП «Голос губернии», 2012а. С. 25–35.
2. Сухарева Т. А. Элементный состав листьев древесных растений в условиях техногенного загрязнения // Химия в интересах устойчивого развития. 2012. № 3. С. 369–376.
3. Рассеянные элементы в бореальных лесах / Под ред. А. С. Исаева. М.: Наука, 2004. 616 с.

### ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ В ПРИСУТСТВИИ ИОНОВ МЕДИ(II) И МЕТАЛЛСВЯЗЫВАЮЩИХ АГЕНТОВ

С. Г. Скугорева<sup>1,2,3</sup>, А. В. Жукова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

<sup>3</sup> Вятский государственный университет, skugoreva@mail.ru

При избыточных концентрациях ионов тяжелых металлов (ТМ) в среде выращивания, растения могут их аккумулировать. При употреблении в пищу таких растений ТМ накапливаются в организме животных и человека. В настоящее время активно идет поиск приемов снижения токсичности ТМ, в частности, используются сорбенты и вещества, способные связывать ионы металлов. В данной работе в качестве металлсвязывающих агентов использовали природный минерал цеолит, трипептид глутатион и гуматы, выделенные

из торфа. Мы предположили, что данные агенты могут снижать фитотоксичность ионов меди, что должно проявиться и на биохимическом уровне.

Обычно аккумуляция ТМ происходит без видимых симптомов фитотоксичности. В связи с этим актуальным является выявление показателей растений, которые могут быть индикаторами токсичности. Известно, что при действии ионов ТМ у растений возникает окислительный стресс. Перекисное окисление липидов (ПОЛ) – цепной процесс свободнорадикального окисления, в ходе которого изменяется структура биомолекул, происходит инактивация ферментов, образуются дефекты в липидном слое мембран. В результате ПОЛ образуются метаболиты, в частности, малоновый диальдегид.

Целью работы было изучить перекисное окисление липидов в растениях ячменя в присутствии ионов меди(II) и металлсвязывающих агентов.

В качестве модельных растений были выбраны растения ячменя сорта Новичок. Семена ячменя проращивали в термостате в чашках Петри на дистиллированной воде в течение четырех суток при температуре 25 °С. На пятые сутки проростки пересаживали на питательный раствор Кнопа. В каждый сосуд высаживали по 24 проростка. Далее проводили модельный эксперимент, в ходе которого 30-суточные растения переносили на соответствующие для вариантов растворы (табл.).

Опыт включал четыре серии, контролем служил вариант без внесения добавок (дистиллированная вода).  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  вносили в виде раствора, так чтобы концентрация  $\text{Cu}^{2+}$  соответствовала 1 и 5 ПДК для воды [1]. Для снижения фитотоксичности ионов меди в раствор вносили: глутатион (Глу) (соотношение количеств Глу:  $\text{Cu}^{2+} = 1:1$ ) и гуматы (Гум) (Гум:  $\text{Cu}^{2+} = 1:1$ ); цеолит (Ц) из расчёта 20 г на сосуд.

Таблица

**Схема опыта по изучению влияния ионов меди(II) и металлсвязывающих агентов на растения ячменя**

Варианты			
1. Внесение $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	2. Внесение глутатиона (Глу)	3. Внесение гуматов (Гум)	4. Внесение цеолита (Ц)
Контроль (без добавок)	Глу	Гум	Ц
1 ПДК Cu	1 ПДК Cu + Глу	1 ПДК Cu + Гум	1 ПДК Cu + Ц
5 ПДК Cu	5 ПДК Cu + Глу	5 ПДК Cu + Гум	5 ПДК Cu + Ц

Через двое суток растения извлекали из растворов, корни отмывали дистиллированной водой. Содержание МДА определяли в средней части третьего листа и в средней части корня, для анализа использовали 8 растений. Определение МДА основано на спектрофотометрическом определении ( $\lambda = 532$  нм) окраски вытяжки из свежих растительных тканей после 30 мин кипячения на водяной бане с 0,5% раствором тиобарбитуровой кислоты в 20% трихлоруксусной кислоте [2].

В ходе исследования получены данные по накоплению МДА в растительных тканях ячменя, представленные на рисунке.

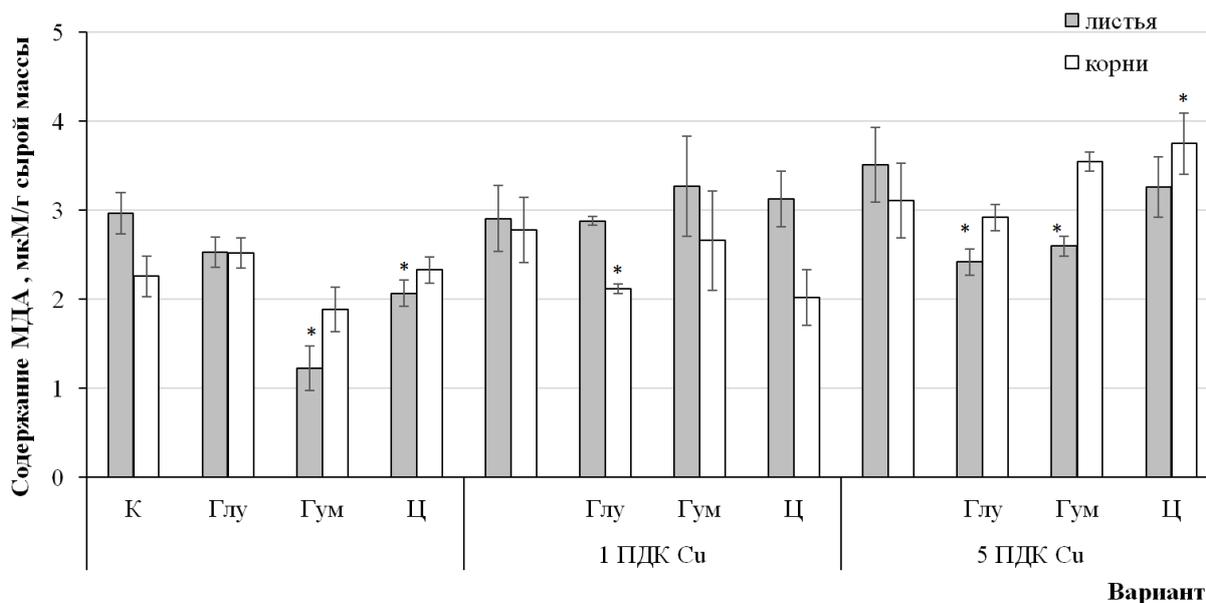


Рис. Содержание МДА в тканях ячменя, мкмоль/г сырой массы  
Примечание: \* – достоверно при  $p < 0,05$ .

Как видно из рисунка, для большинства вариантов характерно наибольшее содержание МДА в листьях растений по сравнению с корнями. Внесение гуматов и цеолита приводило к достоверному снижению содержания МДА в листьях в 2,4 и 1,4 раза соответственно (варианты Гум и Ц). Внесение глутатиона не оказывало влияния на накопление МДА растениями.

Внесение в раствор 1 ПДК ионов меди(II) не влияло на накопление МДА в листьях, однако в корнях отмечали повышение показателя на 23% по сравнению с контролем. При внесении наряду с ионами меди глутатиона и цеолита отмечали незначительное снижение содержания МДА в корнях растений.

В присутствии 5 ПДК меди происходил рост содержания МДА как в корнях (на 37%), так и в листьях растений (на 18%) по сравнению с контролем. Добавка глутатиона в раствор в соотношении Глу:Cu<sup>2+</sup> = 1:1 приводила к снижению накопления МДА листьями в 1,5 раза, корнями – в 1,4 раза по сравнению с вариантом 5 ПДК Cu. Гуматы снижали содержание МДА только в листьях опытных растений на 30%. Внесение цеолита приводило даже к росту МДА в корнях растений, но не влияло на листья.

Таким образом, концентрация ионов меди(II), равная 1 ПДК, не является токсичной для 30-суточных растений ячменя. В присутствии в растворе 5 ПДК ионов меди(II) происходило увеличение содержания МДА в растениях (особенно в листьях), что свидетельствует об усилении процессов ПОЛ. Добавка в раствор глутатиона (1:1) была наиболее эффективна для снижения уровня МДА как в листьях, так и в корнях ячменя.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного*

*воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.*

#### **Литература**

1. ГН 2.1.5.1315-03. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: Минздрав России, 2003. 152 с.
2. Лукаткин А. С., Голованова В. С. Интенсивность перекисного окисления липидов в охлажденных листьях теплолюбивых растений // Физиология растений. 1988. Т. 35. Вып. 4. С. 773–780.

# СЕКЦИЯ ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

## СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОК ВятГУ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*М. Л. Сазанова, Г. А. Попова, А. В. Сазанов, В. А. Козвонин  
Вятский государственный университет, usr11839@vyatsu.ru*

В условиях современного информационного общества ежедневно на людей с экранов телевизоров и компьютеров обрушивается огромный поток информации по организации здоровьесберегающей деятельности. Разобраться в этом неподготовленному человеку крайне сложно. Сокращение числа бюджетных медицинских учреждений (в период с 2010 г. по 2014 г. – на 13% [1]), количества оказываемых населению бесплатных медицинских услуг, преимущественное рекламирование лекарственных препаратов в противовес естественным способам сохранения и укрепления здоровья и т.п. привели к формированию явно пренебрежительного, безответственного отношения населения к своему здоровью. В 2014 г. треть населения России старше 15 лет не обращалась за медицинской помощью при наличии потребности в ней по причине неудовлетворенности работой медицинской организации, скептического отношения к эффективности лечения и другим [1]. Многие авторы отмечают низкий уровень образованности и эффективности профессиональной подготовки широких слоев населения в вопросах ведения здорового образа жизни и формирования культуры здоровья [2, 3]. Ввиду вышеуказанных причин здоровье не считается главной ценностью, а его поддержание не становится смыслом и целью жизни «здоровой» части населения России, в том числе студенческой молодежи.

В юношеский период онтогенеза в силу высоких резервных возможностей, организм адекватно адаптируется к факторам окружающей среды, однако именно в этой возрастной группе отмечается высокая степень риска нарушений здоровья [3–6]. По мнению С. Е. Basch [7], низкий уровень индивидуального здоровья молодежи снижает их мотивацию и способности к обучению. Оценкой физического здоровья студентов занимаются многие исследователи в различных регионах [8–14], однако в статистических отчетах фигурируют только результаты диспансеризации, в основном сведения о заболеваемости [15], а не о резервах здоровья и адаптационных возможностях. Таким образом, назрела необходимость мониторинга физического здоровья молодежи для разработки региональных нормативов физического развития, совершенствования здоровьесберегающих технологий [4, 16].

В связи с вышеизложенным, целью данного исследования стала оценка физического здоровья студентов как индикатора состояния окружающей природной среды, а также одного из методов повышения мотивированности на здоровьесбережение.

Оценка физического здоровья проводилась с применением экспресс-диагностики безопасного уровня здоровья по Г. Л. Апанасенко [17]. Данный метод предусматривает измерение с помощью общепринятых методик основных антропометрических (длина и масса тела) и функциональных показателей (жизненная емкость легких, мышечная сила кисти ведущей руки, артериальное давление, частота сердечных сокращений, время восстановления пульса после 20 приседаний) и последующий расчет на их основе индексов физического развития (весоростовой, жизненный и силовой индексы) и энергopotенциала сердечнососудистой системы в покое (индекс Робинсона, или двойное произведение). Оценка степени адаптации системы кровообращения выполнялась по расчетам адаптационного потенциала согласно формуле Р. М. Баевского [18]. Результаты подвергнуты статистической обработке с использованием пакета программ Biostatistics 4.03 с определением средней арифметической  $M$ , ошибки средней арифметической  $m$ ,  $t$ -критерия Стьюдента с поправкой Бонферрони для множественных сравнений с оценкой достоверности по критерию значимости  $p$  (различия между группами признаков считались достоверными при  $p < 0,05$ ).

В исследовании приняли участие 218 студенток первого и второго курсов институтов биологии и биотехнологии, химии и экологии, математики и информационных систем, гуманитарных и социальных наук Вятского государственного университета. Установлено, что большинство показателей обследованных студенток находится в пределах возрастной нормы (табл. 1). Среднее значение индекса Робинсона и времени восстановления после 20 приседаний указывают на хорошее состояние функциональных резервов сердечнососудистой системы студенток. Среднее значение адаптационного потенциала характеризует удовлетворительную степень адаптации системы кровообращения. Однако, значения силового индекса в среднем на 20% ниже нормы, что свидетельствует о слабом развитии мышц сгибателей кисти.

Таблица 1

**Показатели ( $M \pm m$ ) физического здоровья обследованных студенток  
( $n=218$ )**

Показатель	Значение	Качественная характеристика
1	2	3
Возраст, лет	19,00±0,09	
Средний балл по Апанасенко, ед.	7,78±0,39	Уровень здоровья ниже среднего, небезопасный
Весо-ростовой индекс, г/см	353,05±5,02	В норме
Жизненный индекс, мл/кг	49,93±1,08	В норме
Силовой индекс, %	39,80±1,12	Ниже нормы
Индекс Робинсона, усл. ед.	82,37±1,38	Функциональные резервы сердечнососудистой системы в норме

1	2	3
Время восстановления после 20 приседаний, с	99,40±2,86	В норме
Адаптационный потенциал, усл. ед.	2,030±0,030	Удовлетворительная адаптация

По результатам исследования было выделено 4 группы девушек с разным уровнем физического здоровья. Группу 1 составили студентки с низким уровнем здоровья (21,1% обследованных), группу 2 – с уровнем здоровья ниже среднего (45,87%), группу 3 – со средним уровнем здоровья (24,77%), группу 4 – с уровнем здоровья выше среднего (8,26%). Среди обследованных студенток не было выявлено ни одной с высоким уровнем здоровья. По классификации Г.Л. Апанасенко уровень здоровья в группах 1–3 оценивается как небезопасный, в группе 4 – безопасный. Таким образом, большинство обследованных (91,74%) имеет небезопасный уровень здоровья.

Установлено, что девушки с низким уровнем здоровья (группа 1) отличаются от других групп по всем рассчитанным показателям (табл. 2). В частности, значения весоростового индекса в группе 1 достоверно выше в сравнении с другими группами, что косвенно свидетельствует о недостаточной физической активности. Рассчитанный индекс Робинсона в группе 1 свидетельствует о недостаточности функциональных резервов сердечнососудистой системы. Значения адаптационного потенциала в группе 1 указывает на напряжение механизмов адаптации у студенток.

Таблица 2

**Показатели ( $M \pm m$ ) физического здоровья студенток с разным уровнем физического здоровья**

Показатель	Уровень здоровья (по Апанасенко)			
	Небезопасный			Безопасный
	Низкий (группа 1)	Ниже среднего (группа 2)	Средний (группа 3)	Выше среднего (группа 4)
1	2	3	4	5
Число обследованных, чел.	46	100	54	18
Возраст, лет	19,11±0,14	19,06±0,10	18,85±0,12	18,67±0,24
Средний балл по Апанасенко, ед.	2,56±0,32	7,42±0,16	11,44±0,12	15,33±0,41
<i>Достоверность различий между группами (<math>p &lt; 0,05</math>)</i>	1 и 2 ( $t=16,893$ ), 1 и 3 ( $t=27,407$ ), 1 и 4 ( $t=28,443$ ), 2 и 3 ( $t=14,741$ ), 2 и 4 ( $t=19,131$ ), 3 и 4 ( $t=8,851$ )			
Весоростовой индекс, г/см	384,0±12,50	345,12±4,80	337,12±4,65	327,96±13,13
<i>Достоверность различий между группами (<math>p &lt; 0,05</math>)</i>	1 и 2 ( $t=3,915$ ), 1 и 3 ( $t=4,194$ ), 1 и 4 ( $t=3,620$ )			
Жизненный индекс, мл/кг	41,22±0,77	47,54±0,57	58,15±1,88	56,28±1,47
<i>Достоверность различий между группами (<math>p &lt; 0,05</math>)</i>	1 и 2 ( $t=4,206$ ), 1 и 3 ( $t=10,005$ ), 1 и 4 ( $t=6,423$ ), 2 и 3 ( $t=7,450$ ), 2 и 4 ( $t=4,048$ )			
Силовой индекс, %	31,48±1,23	37,54±0,33	46,11±2,27	51,13±4,11
<i>Достоверность различий между группами (<math>p &lt; 0,05</math>)</i>	1 и 2 ( $t=3,204$ ), 1 и 3 ( $t=6,867$ ), 1 и 4 ( $t=6,657$ ), 2 и 3 ( $t=4,779$ ), 2 и 4 ( $t=4,999$ )			

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Индекс Робинсона, усл. ед.	89,57±1,55	83,74±1,49	76,59±1,27	70,49±3,19
<i>Достоверность различий между группами (p&lt;0,05)</i>	1 и 3 (t=5,082), 1 и 4 (t=5,391), 2 и 3 (t=3,326), 2 и 4 (t=4,065)			
Время восстановления после 20 приседаний, с	127,52±2,95	106,26±2,37	76,26±3,08	61,44±7,26
<i>Достоверность различий между группами (p&lt;0,05)</i>	1 и 2 (t=5,106), 1 и 3 (t=10,931), 1 и 4 (t=10,169), 2 и 3 (t=7,601), 2 и 4 (t=7,490)			
Адаптационный потенциал, усл. ед.	2,670±0,160	2,088±0,014	1,91±0,084	1,89±0,09
<i>Достоверность различий между группами (p&lt;0,05)</i>	1 и 2 (t=5,425), 1 и 3 (t=6,290), 1 и 4 (t=4,659)			

Большинство функциональных показателей во всех группах находятся в пределах нормы. Исключение составляют значения жизненного индекса в группах 1 и 2 (менее 50 мл/кг), а также силового индекса в группах 1, 2 и 3 (менее 50%), – ниже возрастных норм, что позволяет сделать заключение о невысоком развитии мышечной системы в целом (в частности, дыхательной мускулатуры и мышц-сгибателей кисти).

Значения адаптационного потенциала в группах 2, 3 и 4 характеризуют удовлетворительную степень адаптации системы кровообращения (табл. 2).

Таким образом, диагностика уровня физического здоровья студенток ВятГУ демонстрирует общероссийские тенденции [9–14]: снижение резервных возможностей кардиореспираторной системы на фоне сохранения функциональных показателей в пределах возрастных норм.

Проведенное обследование физического здоровья студенток ВятГУ позволило выявить региональные особенности физического развития девушек. В частности, проживающие в г. Кирове девушки обладают более низкими функциональными возможностями дыхательного аппарата [10, 12, 13], более высокими резервными и адаптационными ресурсами сердечнососудистой системы [9, 12]. В целом, уровень физического здоровья обследованных студенток г. Кирова ниже, чем в Сибири [12], но выше в сравнении с южными регионами [13, 14].

Выявленный небезопасный уровень здоровья студенток стал, с одной стороны отражением неблагоприятной экологической обстановки областного центра. Согласно [19], уровень первичной заболеваемости в области в 2016 г. повысился на 3%; причем отмечается превышение среднероссийских показателей по болезням эндокринной системы, крови, органов дыхания и др.

С другой стороны, физическое здоровье напрямую зависит от уровня сформированности культуры здоровья. По результатам опросов [20], многие осознают необходимость поддержания физического и психического здоровья, в том числе с помощью адекватной двигательной активности. Однако использовать физические упражнения для поддержания физического состояния, пригодного для выполнения повседневных задач, им препятствуют морфофункциональные ограничения, экстремальный стресс, психические потрясе-

ния, стереотипы и т.д. Поэтому важна адекватная диагностика индивидуального здоровья, в том числе с использованием экспресс-методов, с целью коррекции поведения и повышения мотивированности на здоровьесбережение.

### Литература

1. Здравоохранение в России. 2015 / М. А. Дианов (ред.). М.: Росстат, 2015. 174 с. URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2015/zdrav15.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2015/zdrav15.pdf) (дата обращения 21.07.2017)
2. Безруких М. М. Здоровье школьников, проблемы, пути решения // Сибирский педагогический журнал. 2012. № 9. С. 11–16.
3. Верхорунова О. В., Подлеская О. С. Проблема формирования культуры здоровья у студентов // Вестник ТГПУ. 2013. № 4 (132). С. 148–150.
4. Фертикова Т. Е., Рогачев А. А. Современный взгляд на проблему здоровья студенческой молодежи (аналитический обзор) // Прикладные информационные аспекты медицины. 2015. Т. 18. № 2. С. 62–67.
5. Веселкина Т. Е., Крылов А. И. Обоснование содержания комплекса мероприятий повышения двигательной активности студентов на начальных этапах обучения в вузе // Ученые записки ун-та им. П. Ф. Лесгафта. 2013. № 10 (104). С. 35–39.
6. Горелов А. А., Румба О. Г. О зависимости соматического здоровья студентов от величины их двигательной активности // Вестник спортивной науки. 2013. Т. 2. С. 36–39.
7. Basch C. E. Healthier Students Are Better Learners: A Missing Link in School Reforms to Close the Achievement Gap // Journal of School Health. 2011. Vol. 81. P. 593–598. doi:10.1111/j.1746-1561.2011.00632.x.
8. Анфиногенова О. И., Бондарь Т. П. Мониторинг здоровья студентов в целях оптимизации их адаптации к условиям обучения в вузе // Наука. Инновации. Технологии. 2014. № 2 (6). С. 222–230.
9. Кретьова И. Г., Беляева О. В., Ширяева О. И., Комарова М. В., Чигарина С. Е., Косцова Е. А. Влияние социальных и психологических факторов на формирование здоровья студентов в период обучения в высшем учебном заведении // Гигиена и санитария. 2014. № 4. С. 85–90.
10. Жомин К. М., Рубанович В. Б. Морфофункциональные особенности девушек в зависимости от уровня двигательной активности в процессе обучения в вузе // Вестник НГПУ. 2014. № 1(17). С. 155–165. doi:10.15293/2226-3365.1401.13.
11. Martyniuk O. V., Vilyanskiy V. N. Assessment of Students' Health Condition by Indicators of Adaptation Potential, Biological Age and Bio-energetic Reserves of Organism // Physical Education of Students. 2015. № 3. P. 20–28. doi: 10.15561/20755279.2015.0303.
12. Лебедев А. В., Рубанович В. Б., Айзман Н. И., Айзман Р. И. Морфофункциональные особенности студентов первого курса педагогического вуза // Вестник НГПУ. 2014. № 1(17). С. 128–141. doi: 10.15293/2226-3365.1401.11.
13. Третьяков А. А., Дрогомерецкий В. В., Агошков В. В. Анализ взаимосвязи уровня соматического здоровья студентов с двигательной активностью // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13613> (дата обращения: 21.07.2017).
14. Tsybul'ska V. V. Self-appraisal Adequacy of Students' Physical Abilities of Pedagogical Specialties Involved in Various Forms of Education // Physical education of students. 2014. № 5. P. 48–52. doi:10.15561/20755279.2014.0509
15. Гончарова О. В., Ачкасов Е. Е., Соколовская Т. А., Штейнердт С. В., Горшков О. В. Состояние здоровья студентов вузов Российской Федерации по данным диспансерного обследования 2011 г. // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. 2013. № 3. С. 10–14.
16. Петрова Г. С. Здоровьесберегающие технологии в системе физического воспитания студентов // Известия ТулГУ. Гуманитарные науки. 2012. № 2. С. 499–504.

17. Апанасенко Г. Л. Индивидуальное здоровье: теория и практика // Валеология. 2006. № 1. С. 5–13. URL: <http://www.journal.valeo.sfedu.ru/journal/200601.pdf>. (дата обращения: 18.07.2017).

18. Баевский Р. М. Оценка и классификация уровней здоровья с точки зрения теории адаптации // Вестник АМН СССР. 1989. № 8. С. 73–78.

19. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2016 году: Региональный доклад / А. В. Албегова (ред.). Киров, 2017. URL: [http://www.kirovreg.ru/econom/ecology/Regdoklad\\_2016.pdf](http://www.kirovreg.ru/econom/ecology/Regdoklad_2016.pdf) (дата обращения: 30.10.2017).

20. Aducovschi D., Dumitrescu R., Sakizlian R., Sakizlian M., Oțoiu A., Slăvilă M. Adult Motivation for Practicing Physical Activities in Academia // The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences. 2016. Vol. 23. P. 1542–1550. doi: 10.15405/epsbs.2017.05.02.190.

## **АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

*Н. В. Корсукова, А. Р. Ильясова*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
korsukova-nadya@mail.ru, Lie4ka\_101@mail.ru*

Заболевания органов дыхания представляют собой важную социально-медицинскую проблему. Широкая распространенность болезней системы дыхания среди населения городов и территорий с неблагоприятной экологической обстановкой связана с загрязнением окружающей среды. Развитие патологии дыхательной системы на 40–60% связано с действием экологических факторов [1]. Высокая антропогенная нагрузка на значительной территории республики обусловлена загрязнением вредными химическими веществами атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв. Именно загрязнение атмосферного воздуха является одним из главных факторов риска для здоровья населения. Заболеваемость – это наиболее характерный и статистически регулируемый показатель реакции населения на воздействие загрязнения окружающей среды.

Наибольший вклад в загрязнение воздушного бассейна республики вносят транспортный комплекс, предприятия теплоэнергетики, топливная, нефтехимическая и химическая отрасли промышленности. Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух на территории РТ являются: взвешенные вещества, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды (без ЛОС), диоксиды серы.

Органы дыхания являются первичной мишенью для поступающих из воздуха вредных веществ, таким образом, загрязненный атмосферный воздух способствует возникновению неспецифических заболеваний верхних дыхательных путей, хронических бронхитов и других патологий бронхо-легочной системы [2].

Цель работы – изучение распространения заболеваний органов дыхания среди населения Республики Татарстан (РТ) в период 2011–2014 гг.

Материалом для исследования послужили статистические данные, фондовые материалы, предоставленные «Республиканским медицинским инфор-

мационно-аналитическим центром Республики Татарстан» и «Федеральной службой государственной статистики – Татарстанстат». Анализ заболеваемости детского (0–14 лет), подросткового (15–17 лет) и взрослого населения (18 лет и старше) проводился по материалам годовых отчетов. Для характеристики показателей здоровья населения использовались интенсивные показатели (на 1000 населения). Математическая обработка данных проводилась на базе программ Microsoft Excel 2013 и Statistica 8. э

В структуре первичной заболеваемости среди населения лидирующее место занимают болезни органов дыхания (БОД): среди детей – 59,1% и взрослых – 28,7% [3].

В Республике Татарстан за исследуемый период наблюдался стабильно высокий уровень показателей заболеваемости среди всех возрастных групп населения, однако лидирующее место на протяжении 4-х лет занимает детское население.

Сравнивая динамику заболеваемости за 2011 и 2014 гг., стоит отметить, что наблюдалась тенденция к увеличению показателя общей заболеваемости БОД (на 1,5%), в том числе, и среди детского населения (на 7,1%). Выраженная тенденция к увеличению уровня БОД отмечалась среди подростков (на 5,3% показатель в 2014 г. увеличился по сравнению с 2011). Среди взрослого населения показатель общей заболеваемости снизился на 8,1%.

Заболеваемость населения Республики Татарстан БОД по данным на 2014 г. сохраняется на максимальном уровне среди других болезней – 406,2 на 1000 населения (в 2011 г. – 400,3 на 1000 населения). Среднее значение данных за исследуемый период показывает, что распространенность заболеваемости среди детей составило 1171,5 чел. на 1000 населения данного возраста, подростков – 729,3 чел., и взрослых – 227,6 соответственно.

Аналогичная тенденция сохраняется при анализе заболеваемости по физико-географическим районам: во всех районах самые высокие показатели отмечены у детей и подростков. Наиболее высокий уровень заболеваемости среди детского населения зарегистрировано в Предкамье (1360,2 на 1000 нас.) и Восточном Закамье (1230,3), наименьший уровень заболеваемости в Западном Закамье (648,7) и Предволжье (497,4). Среди подростков больше всего больных зарегистрировано в Предкамье (880,5), а менее всего в Предволжье (446,7). Схожая тенденция отмечается и по взрослому населению: максимальное значение больных зарегистрировано в Предкамье (261,8), а минимальное – в Западном Закамье (166,2 на 1000 населения).

Анализ общей заболеваемости по природно-географическим зонам показал, что уровень заболеваемости различен территориально. А именно: заболеваемости БОД наиболее подвержены жители Предкамья (2502,4) и Восточного Закамья (2076,6), минимальная заболеваемость наблюдается среди жителей Предволжья (1112,8) и Западного Закамья (1381,7 на 1000 населения) (рис.).

В формировании БОД важную роль играет загрязнение атмосферного воздуха. Нами было рассчитано общее количество выбросов загрязняющих

веществ от стационарных предприятий по физико-географическим зонам. Полученные данные показали, что наибольшее количество выбросов приходится на Восточное Закамье (64%) и Предкамье (23%). Сравнительный анализ статистических данных пространственного распределения заболеваемости, позволил подтвердить вывод, что в целом, антропогенная нагрузка на окружающую среду от автотранспорта территориально соответствует зонам концентрации заболеваемости [4], качество окружающей среды которых обуславливает значительную предрасположенность территории к формированию заболеваемости.

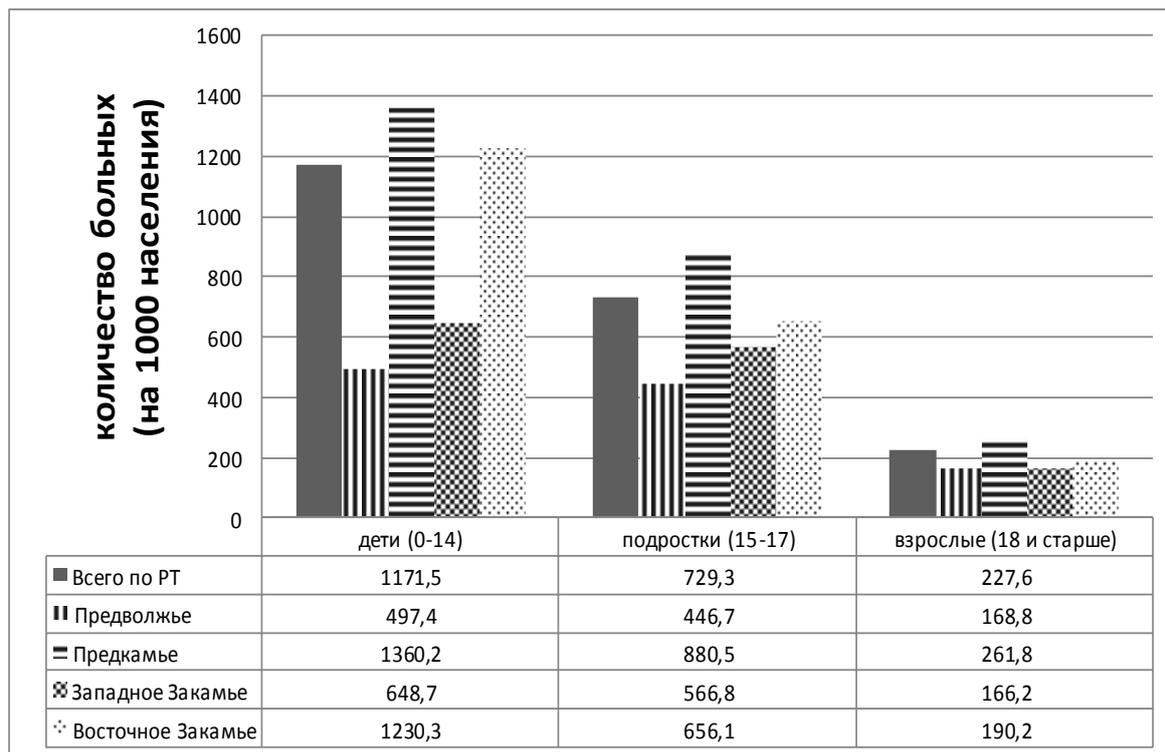


Рис. Распространенность заболеваемости болезнями органов дыхания по возрастным категориям в Республике Татарстан (на 1000 населения)

К числу факторов, оказывающих прямое, косвенное или опосредованное влияние на динамику и структуру заболеваемости болезнями органов дыхания можно отнести как факторы окружающей среды (природные, антропогенные), так и социально-экономические, которые являются одними из ключевых факторов, формирующих здоровье жителей Республики Татарстан. По заболеваниям органов дыхания в Предкамье (в зоне Казанско-Зеленодольского промышленного комплекса) и в Восточном Закамье (Нижнекамский и Альметьевско-Бугульминский промышленный узел), где преобладают предприятия химической, нефтехимической, машино-строительной, топливно-энергетических комплексов, уровень заболеваемости среди всех возрастных групп выше, чем в физико-географических районах, которые относятся к категории сельскохозяйственных [4].

Результаты исследования заболеваемости по возрастным группам показали, что в Республике Татарстан наибольшее количество заболевших БОД от-

мечено среди детского (56%) и подросткового (34%) возраста. Дети являются наиболее уязвимой частью населения, а также школьники и ученики старших классов проходят ежегодный медицинский осмотр.

Отмечено, что заболеваемости наиболее подвержены жители Предкамья (56%) и Восточного Закамья (38%), что коррелирует с данными по выбросам в атмосферу (наибольшие значения выбросов приходятся на Предкамье (23%) и Восточное Закамье (64%). Предпосылки для формирования той или иной картины заболеваемости в указанных физико-географических районах очевидно связаны с неблагоприятной экологической обстановкой.

### Литература

1. Гичев, Ю. П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека (печальный опыт России) / Ю. П. Гичев. Новосибирск: СО РАМН, 2002. 230 с.

2. Шакирова, Ю. А. Роль антропогенных факторов в формировании заболеваемости населения Республики Татарстан / Ю. А. Шакирова / Естествознание и гуманизм: сб. науч. тр. Томск, 2006. № 2. Т. 3. С. 98–99.

3. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Татарстан в 2014 году». Казань, 2016. 327 с.

4. Шакирова, Ю. А. Анализ пространственного распределения заболеваемости населения как комплексного интегрального показателя качества окружающей среды (на примере республики Татарстан): Дис. ... канд. геог. наук / Ю. А. Шакирова. Ярославль, 2009. 126 с.

5. Шакирова, Ю. А. Особенности влияния факторов окружающей среды на формирование пространственной структуры заболеваемости населения Республики Татарстан / Ю. А. Шакирова, А. Т. Горшкова, Н. Л. Мещанова // Влияние природных и антропогенных факторов на социозкосистемы: Сб. науч. тр. Рязань, 2007. Вып. IV. С. 122–126.

6. Шакирова, Ю. А. Роль факторов окружающей среды в формировании пространственной структуры заболеваемости населения Республики Татарстан / Ю. А. Шакирова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2008. № 1. С. 100–105.

## МЕТОДЫ БИОФИЗИКИ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ЕЁ ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

*В. И. Жаворонков<sup>1</sup>, И. О. Рясик<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, vizhavoronkov@mail.ru*

<sup>2</sup> *AD Medicine LLC, ryasikio@mail.ru*

Актуальной задачей экологической оценки воды из природных источников, используемой для питья человека, является более широкое использование современных методов квантовой биофизики воды, которые также применимы к оценке здоровья человека и состояния эндоэкологической среды в его организме. Квантовая физика воды изучает квантовые кооперативные процессы в жидкой воде, фазовые переходы в организующей фазе воды, квантовые явления, связанные с макроскопической зарядовой упорядоченностью в открытой системе и нелокальным переносом электронов, а квантовая биофизика воды рассматривает эти явления в живых организмах, в том числе

в контексте управления клеточными физиологическими процессами. К кооперативным явлениям в воде относятся кавитация, сопровождаемая сонолюминесценцией, флотация, сверхпроводимость (в том числе протонная), зарядовая эмиссия и другие.

С точки зрения квантовой биофизики, вода является жидкофазным гетерогенным состоянием вещества, характеризуемым доменной организацией, организующая фаза которой (фаза ассоциированной воды) представлена метастабильными полиморфными льдами VI, VII, VIII (пентамерами Вольрафена), стабилизируемыми нанопустотами и электростатическими зарядами [1].

На основании исследований в Научно-исследовательском институте экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина Минздрава России сформулировано понятие «биологически активной воды». Под биологически активной водой понимают «электрически неравновесную воду с неустойчивыми анион-радикальными формами активного кислорода в качестве носителей электронов, распад которых обеспечивает приток избыточных электронов на клеточные рецепторы живого организма и поддержание в клетках и органических структурах электрической неравновесности, необходимой для устойчивого функционирования их макроскопических квантовых осцилляторов, управляющих клеточными процессами» [1].

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 года № 2580-р «Об утверждении Стратегии развития медицинской науки в Российской Федерации на период до 2025 года» разработка нормативно-методической базы контроля питьевых вод по структурно-энергетическим показателям (доля и энергетическое распределение фазы ассоциированной воды), окислительно-восстановительной активности (показатель электронного насыщения воды), биокаталитической активности (содержание пергидроксильного ион-радикала), термодинамическим показателям (динамическая вязкость) возложена на НИИ экологии человека и окружающей среды, что необходимо для изучения влияния энергетического состояния питьевых вод на здоровье человека и животных. Однако многочисленные физические методы оценки состояния воды требуют детального изучения как специалистами в области химии, физики, экологии, так и студентами высших учебных заведений медико-биологических, химико-экологических направлений подготовки. Владение этими методами определяет компетентность и востребованность специалистов как в сфере научного изучения структуры и свойств воды, так и в области решения сложных прикладных задач определения качества воды в природе и состояния воды в организме человека, животных, растениях, продуктах питания.

Наличие в воде макро- и микрокластеров, составляющих 1–2% общего объема воды, фазовых переходов между низкоплотной организацией структуры (свободное состояние воды) и участками с высокоплотной кластеризованной организацией, подобной льду (фаза ассоциированной воды), подтверждается в результате многочисленных исследований, в том числе при использовании методов рентгеновской спектроскопии рамановского рассеяния, ла-

зерной адсорбционной спектроскопии, молекулярной динамики, криофизических исследований [1–11].

Кластеры в воде имеют двухкаркасную оболочку, сформированную циклическими пентамерами тетрагонального строения (пентамерами Вольрафена). Такие кластеры (домены) могут иметь положительный или отрицательный некомпенсированный заряд, но их сочетание друг с другом обеспечивает электрическую нейтральность воды. Устойчивость кластеров в воде обеспечивают внутри- и межмолекулярные водородные связи, связи Ван-дер-Ваальса, электростатические связи и силы обменных взаимодействий. Анион-радикалы стабилизируют фазу в структурах аморфного льда VI, катион-радикалы – в структурах аморфного льда VII и VIII.

Вода как динамическая фрактальная система находится в неравновесном электронном состоянии, а формирование макроструктур в воде происходит за счёт поступления гидратированных электронов из окружающей среды в кластеры воды [12]. В организме человека образование ассоциированной воды происходит при участии электронов, поступающих в виде отрицательно заряженных ионов из воздуха, анион-радикальных форм кислорода, органических соединений в ионной форме из воды и пищи [13, 14].

Исследование перемещения избыточных электронов в нейтральных кластерах воды методами молекулярной динамики обнаруживает, что электроны из окружающей среды не сразу поступают в структуру кластера, а сначала в течение 1,5 пикосекунд колеблются вблизи поверхности кластера и затем закрепляются в структуре поляризованных молекул воды [15]. Оценка пространственного распределения электронной плотности в структуре метастабильной воды предполагает учёт спиновой симметрии (изомерии) молекул воды, определяемой соотношением орто- и пара-изомеров в электронно насыщенной среде [16, 17]. Спиновая поляризация орто- и пара-изомеров молекул воды в процессе структуризации фазы ассоциированной воды обеспечивает когерентность доменов, более низкую вязкость и повышенную проводимость ассоциированной воды по сравнению со свободной водой [13, 18].

Структурная организация воды подвержена автоколебаниям, периодичность которых фиксируется спектроскопией комбинационного рассеяния света, инфракрасной спектроскопией, СВЧ-радиометрией, ядерно-магнитным резонансом [19, 20]. Воспроизводимые периоды, указывающие на наличие упорядоченных структурных переходов, составляют 2–5, 12–18, 20–30, 40–50 минут. Колебательные электронные процессы, приводящие к возбуждению низкочастотных электрических и магнитных пульсаций (особенно в полосе частот 5 Гц – 2 кГц), характеризуют изменения электрофизического состояния воды [21].

Многочарядные ион-кристаллические ассоциаты из молекул воды, ионов водорода и гидроксила, равновероятно существующих в ионном и радикальном состояниях в результате взаимодействия делокализованных электронов, располагаются коллинеарно и эквидистантно и выстраиваются в униполярные цепочки [1, 2]. Наличие в воде кластеров ионов подтверждается ис-

следованиями частотных спектров осцилляций электропроводимости разбавленных растворов [22, 23]. Эффективным методом исследования ассоциированного состояния ионов (ион-радикалов) в воде является метод низкочастотной диэлькометрии (диэлектрметрии), основанный на измерении неискажённых токами проводимости диэлектрических параметров жидкостей в диапазоне частот  $10^4 - 10^8$  Гц [24]. Метод кинетической хемилюминесценции может быть использован для оценки энергетического состояния ассоциатов (через концентрацию и энергию связи ион-радикалов в комплексах) и интенсивности воздействия факторов среды (например, акустических и электромагнитных полей) на временные изменения параметров ион-радикалов, синтез активных форм кислорода, эмиссию свободных радикалов. Пространственные характеристики ассоциатов изучаются при помощи полевого разделения через определение микродефектности мономолекулярных полимерных плёнок (метод Блуджет), криофизическим методом при создании фазовых неустойчивостей вблизи критических температур и образовании микрополостей в структуре льда-VI, по анизотропии электропроводимости и сверхпроводимости при использовании генератора вихревых электромагнитных волн, по эмиссии магнитного потока, оцениваемой с помощью магнитометров на сверхпроводящих квантовых интерферометрах Джозефсона, а также с использованием фемтосекундных лазерных интерферометрических методов [1, 2].

Исследование структурного состояния приграничного слоя воды вблизи цвиттер-ионного липида (например, фосфатидилхолина) возможно методом гетеродинамического детектирования суммарной вибрационной частоты [25]. Например, цвиттер-ион фосфатидилхолин за счёт отрицательного заряда фосфатной группы и положительного заряда аммонийной группы создаёт два типа ориентации молекул воды, направляющей перенос протонов вверх и вниз по липидному слою мембраны [26]. Ассоциированная вода мембран участвует в формировании биологически активной структуры биополимеров, функционировании рецепторов на поверхности мембран, белковом и липидном обмене в мембранах [1, 27, 28].

Изменение структуры и биоэнергетических свойств воды, выявляемые перечисленными выше методами, определяет пригодность воды для питья человека и животных с точки зрения сохранения здоровья, оценку устройств активации воды, влияние воды на протекание физиологических и патологических процессов в организме человека, деление клеток, стабильность генетического аппарата клеток, риск возникновения хромосомных aberrаций (мутаций), сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, нарушений обмена веществ. Управление физическим состоянием воды, например, получение так называемой «электрон-восстановленной воды» с электрон-донорными свойствами, имеет большое прикладное значение в медицине и биологии, химии и технологии пищевой промышленности. Данная статья имеет методологическое значение для планирования научно-исследовательской работы в изучении свойств воды для студентов и специалистов физических, химических и экологических специальностей.

## Литература

1. Рахманин Ю. А., Стехин А. А., Яковлева Г. В. Биофизика воды: квантовая нелокальность в технологиях водоподготовки; регуляторная роль ассоциированной воды в клеточном метаболизме; нормирование биоэнергетической активности питьевой воды. М.: ЛЕНАНД, 2016. 352 с.
2. Вода – космическое явление: кооперативные свойства и биологическая активность / Под ред. академика РАМН Ю. А. Рахманина, В. К. Кондратова. М.: РАЕН, 2002. 427 с.
3. Заводовский А. Г. Фазовые переходы лёд – вода // ЖФК. 1994. № 68. С. 574.
4. Коваленко В. Ф., Левченко П. Г. Кластерная природа светорассеяния воды // Биомедицинская радиоэлектроника. 2008. № 5. С. 36–45.
5. Aba-samha M., Borge K. J. et al. The local structure of small water clusters: imprints on the core-level photoelectron spectrum // J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 2009. № 42 (6).
6. Kawamoto T., Ochiai S., Kagi H. Changes in the structure of water deduced from the dependence of the Raman frequency // J. Chem. Phys. 2004. № 120 (13). P. 5867–5870.
7. Klotz S. Structure of high density amorphous ice under pressure // Phys. Rev. Lett. 2002. № 89. P. 285502.1–28502.4.
8. Malenkov G. C. Liquid water and ices: understanding the structure and physical properties // J. Phys. Condens. Matter. 2009. № 21. P. 283101.
9. Tretyakov M. Yu., Serov E. A. Water dimer rotationally resolved millimeter-wave spectrum observation at room temperature // Phys. Rev. Lett. 2013. № 110. P. 093001.
10. Vuilleumer R. Transport and spectroscopy of the hydrated proton. A molecular dynamics study // J. Chem. Phys. 1999. № 111. P. 4251–4266.
11. Walrafen G. F. Raman spectral studies of water structure // J. Chem. Phys. 1964. № 40. P. 3249–3256.
12. Tachikawa H., Yabushita A. M. Ab initio theoretical calculations of the electronic excitation energies of small water clusters // Phys. Chem. Chem. Phys. 2011. № 13 (46). P. 20745–20749.
13. Del Giudice E. Coherent quantum electrodynamics in living water // Electromagnetic Biology and Medicine. 2005. № 24 (1). P. 199–200.
14. Frolich H. Long-range coherence and energy storage in biological systems // Int. J. Quantum Chem. 1968. № 2. P. 641–649.
15. Marsalek O., Unlig F., Frigoto T. Synopsis electrons in hot water. Dynamics of electron localization in warm versus cold water cluster // Phys. Rev. Lett. 2010. № 105. P. 043002–043008.
16. Захаров С. Д. Связь микроструктуры воды с флуктуациями и её физико-химические параметры // Материалы докладов IV съезда биофизиков России. 2012. Нижний Новгород. С. 95.
17. Першин С. М. Об обнаружении неравновесных фазовых переходов в воде // Письма в ЖЭТФ. 2011. № 99 (4). С. 158–162.
18. Del Giudice E., Tedeschi A. Water and autocatalysis in living water // Electromagnetic Biology and Medicine. 2009. № 28 (1). С. 46–52.
19. Дроздов А. В., Нагорная Т. П. О динамике межмолекулярных взаимодействий в воде // Материалы докладов IV съезда биофизиков России. 2012. Нижний Новгород. С. 78.
20. Захаров С. Д. Вода: наноструктура и флуктуация // Биофизика. 2012. № 54(6). С. 1041–1053.
21. Стехин А. А., Яковлева Г. В. Структурированная вода: Нелинейные эффекты. М.: Изд-во ЛКИ, 2017. 320 с.
22. Ло Ш., Ли В. Наноструктуры в очень разбавленных водных растворах // Российский химический журнал. 1999. № 43 (5). С. 40–48.

23. Третьяков Ю. М. Структура воды и теплофизические параметры. М.: Ижевский институт компьютерных исследований. НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006. 552 с.
24. Семихина Л. П. Низкочастотная диэлькометрия жидкостей в слабых вихревых электрических полях: Автореферат дисс. док. физ.-мат. Наук. МГУ, 2006. 230 с.
25. Tahara T., Mondae Y. A. Three distinct water structures at a zwitterionic lipid/water interface revealed by heterodyne-detected vibrational sum frequency generation // J. Am. Chem. Soc. 2012. № 134 (48). P. 7842–7850.
26. Nihonyanagi S., Yamaguchi S. & Tahara T. Direct evidence for orientational flip-flop of water molecules at charged interfaces: A heterodyne-detected vibrational sum frequency generation study// Journal of Chemical Physics. 2009. № 130. P. 204704.
27. Болдырев А. А., Кяйвяряйнен Е. И., Илюха В. А. Биомембранология. Уч. пособие. Петрозаводск: Изд-во Кар. ИЦ РАН, 2006. 226 с.
28. Черников Ф. Р. Роль электронных фазовых переходов воды в биологических системах // Биофизика. 1991. № 36 (5). С. 741–746.

## **КАЧЕСТВО ВОДЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ, ВЛИЯЮЩИЙ НА ПРОЦЕССЫ СТАРЕНИЯ ОРГАНИЗМА**

*А. А. Лапин, М. Л. Калайда, И. И. Идрисова*  
*Казанский государственный энергетический университет,*  
*lapinanatol@mail.ru*

Старение определяется как процесс «снижения жизнеспособности индивидуального организма в течение жизни». Общее представление о связи целого и частей (организм и среда) означает также, что мы должны гораздо большее значение придавать системному анализу, экологии, социологии, психологии и просто общественному и социальному в геронтологии. В настоящее время используются специальные методы воздействия на саму основу молекулярного старения. Методы электроактивированной воды позволяют получать уникальное «лекарство» – стандартизированную по окислительно-восстановительному потенциалу воду, которая становится очищенной внутренней средой организма и имеет свойства не поглощения энергии, как обычная вода, а свойства отдачи ее, стимулирует системы антиоксидантной защиты организма – центральные для защиты от свободных радикалов, которым сейчас отводят главную роль в процессах старения на уровне клеток и обмена веществ, в процессах возникновения опухолей и интоксикации [1].

К настоящему времени наиболее распространена «свободнорадикальная» теория старения, указывающая на механизм повреждений макромолекул и клеток свободными радикалами как на основу процессов старения. Два других известных проявления старения – снижение энергообеспечения тканей и тканевой ацидоз, также отражают глубокие изменения в процессах клеточного обмена веществ с изменением отношений окисленных и восстановленных форм различных биологических макромолекул (изменение окислительно-восстановительного потенциала организма – ОВП). Поэтому оказались высоко эффективны в эксперименте и клинике как геропротекторы многие анти-

оксиданты, проявляющие также, на основе того же самого механизма, свойства анти-канцерогенов, радиопротекторов и вообще биостимулирующих веществ. До последнего времени, однако, было затруднительно использовать практически антиоксиданты для коррекции ОВП, так как расчетные требуемые количества препарата, который должен поступать длительно в организм, оказываются слишком велики. Однако, в настоящее время ситуация принципиальным образом меняется в связи с разработкой новых способов получения веществ с требуемыми показателями ОВП, совершенно безвредных для организма, на основе обычной воды. Это – так называемые электро-химически активированные системы (ЭХАС) [1].

В соответствии с современными патофизиологическими представлениями, окислительно-восстановительный гомеостаз организма является главным в антиоксидантной защите – одной из главных систем защиты организма от патогенных воздействий внешней среды, в частности, от лучевых повреждений, канцерогенов и интоксикации. Фоновый ОВП тканей очень сильно влияет на скорость восстановительных процессов в ходе самых разнообразных патологий. В качестве другого важного показателя гомеостаза и его нарушений следует упомянуть рН, также тесно связанный с ОВП. Развитие тканевого ацидоза является параллельным патогенетическим фактором разнообразных патологических процессов. Так как процессы окисления-восстановления являются главными поставщиками энергии в организме и участвуют практически во всех метаболических цепях, важность обеспечения адекватного ОВП для организма трудно переоценить, а его изменения в ходе различных патологических процессов немедленно сказываются на состоянии всех фундаментальных систем организма. Метод ЭХАС позволяет вводить в организм стандартизованную по показателям ОВП и рН воду, обогащенную за счет электрохимической обработки  $\text{OH}^-$  или  $\text{H}^+$  группами и с регулируемым ОВП. Одновременно в ходе обработки вода приобретает ряд ценных свойств – обеззараживается, дегазируется от хлора, детоксицируется за счет окисления-восстановления токсических соединений и освобождается, путем перевода в нерастворимый осадок, от солей тяжелых металлов. Известны три основных действующих фактора для ЭХАС:

- образование устойчивых химических соединений (кислот в анолите и щелочей в католите), изменяющих рН жидкости, чему вначале и уделяли главное внимание многие исследователи;

- формирование неустойчивых (метастабильных) суперактивных соединений (высоко окисленные формы ионов и молекул, свободные радикалы), что оказывает физико-химическое и тренирующее действие на системы защиты организма, а также изменяет ОВП;

- возникновение метастабильных структурных аномалий воды под действием электростатического поля высокой напряженности у электродов (до 10 млн. вольт на см), что не влияет на рН и ОВП, но выражено изменяет биофизические свойства растворенных молекул и условия активации веществ

в ходе ферментных реакций, изменяет реакции на границе пленок и клеточных мембран.

С точки зрения изученных биологических эффектов показано, что ЭХАС обладают стимулирующими свойствами в отношении регенерации тканей, повышает устойчивость тканей и организма в целом к действию перекисных радикалов, повышает радиорезистентность (стабилизирует «перекисный гомеостаз»), создает предпосылки к накоплению эндогенных антиоксидантных соединений, что позволяет его использовать для стимуляции процессов заживления, детоксикации, повышения радиорезистентности, снятия тканевого ацидоза при самых разнообразных патологиях. Использование ЭХАС для коррекции ОВП организма позволяет постоянно поддерживать его энергостатус на высоком уровне и противостоять самым различным внешним повреждающим воздействиям [1].

На четвертой межвузовской студенческой конференции «Экологическая политика: проблемы и перспективы» (2016 г.) мы докладывали что если поступающая в организм жидкость, в частности, питьевая вода имеет ОВП, близкий к значению ОВП внутренней среды организма человека, то «жизненная энергия организма» усваивается, поскольку обладает наилучшей биологической совместимостью с человеческим организмом именно по этому параметру. Для обработки воды, водных растворов солей, соков и других напитков с целью изменения их окислительных и восстановительных свойств используют различные устройства, в том числе путем насыщения их водородом для получения жидкой среды с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом [2].

Это имеет глубокий биологический смысл, отражающий роль изменений степени структурированности воды, как внутри живых организмов, так и воды внешней среды, в процессах организации и жизнедеятельности живых систем, к тому же вода создает много проблем в промышленности, энергетике, экологии, производстве и хранении пищевых продуктов и других областях жизнедеятельности человека [3].

Многие покупают воду в бутылках не только в жаркую погоду для употребления на улице, но и для ежедневного употребления дома. Как не ошибиться с выбором? Эксперты Росконтроля выбрали 12 популярных торговых марок питьевой и минеральной воды по цене от 20 до 150 рублей, некоторые показатели качества приведены в таблице 1 [4].

Ценность питьевой воды определяют микро- и макроэлементы, всего около 50 веществ. Для человека существует определенная физиологическая норма по количеству и составу растворенных в воде минеральных солей. Практически на всех этикетках бутилированной воды указан общий уровень минерализации, оптимальным можно считать уровень 200–500 мг/л. С питьевой водой человек может получить до 20% суточной дозы кальция, до 25% магния, до 50–80% фтора, до 50% йода. По данным врачей, употребление воды с высоким содержанием бикарбонатов не рекомендуется людям, страда-

ющим хроническими заболеваниями почек, в том числе с образованием камней, а также людям с пониженной секрецией желудочного сока [4].

Таблица 1

**Некоторые показатели качества популярных торговых марок  
питьевой и минеральной воды**

№ п/п	Название	Цена руб. за 1 л	Достоинства	Недостатки
1	«Д» (Дикси) питьевая, не газир.	12	самая полезная, оптимальный состав	
2	Vittel минер., не газир. Франция	63	самая вкусная	низкое содержание F
3	Evian минер., не газир.	от 84	самая вкусная, кальция и магния – больше чем в других	
4	Липецкий Бювет питьевая, не газир.	16	самая вкусная	низкая минерализация и содержание F
5	Aqua Minerale питьевая, не газир.	32		в ней совсем нет Ca и Mg
6	Nestle Pure Life питьевая, не газир.	25	хорошо очищена	мало полезных элементов
7	Просто Азбука питьевая, не газир.	14	«черный список»	мало Ca и Mg, к-во микробов больше нормы в 70 раз
8	Шишкин лес питьевая, не газир.	17	«черный список» за обман потребителей	не соответствует первой категории по содержанию макроэлементов, превышено содержание бикарбонатов
9	Вонаqua питьевая, не газир.	23	«черный список»	не соответствует требованиям безопасности
10	Cristaline питьевая, не газир.	40	«черный список»	в 40 раз превышен комплексный показатель токсичности
11	Arapan питьевая, не газир.	от 49	«черный список»	количество микроорганизмов в 3,5 раза превышает норму
12	Святой Источник питьевая, не газир.	от 18	«черный список»	превышен показатель органического загрязнения

В Роскачестве провели масштабную проверку наиболее популярных среди жителей России брендов питьевой воды, передает сайт RT. Эксперты исследовали 58 образцов, среди которых оказались Valio, Bon Aqua, Evian, Aqua Minerale, «Шишкин лес» и «Святой источник». Из списка соответствовали всем требованиям безопасности и заявленным на упаковке стандартам всего девять товаров. Высококачественной водой названы образцы «Волжанка», «Липецкий бювет», «Новотерская», «О! Наша семья», «Простое добро», ARCTIC, Aquanika, Bon Aqua и Evian. Данные образцы, за исключением

Evian, могут претендовать на государственный Знак качества ввиду своего российского происхождения. Полностью соответствующими требованиям законодательства и качественными товарами признали еще 37 образцов. Различные нарушения были выявлены в 12 случаях, и только в трех – отклонения по безопасности. В трех образцах выявлена повышенная бактериальная обсемененность («Архыз», «Эльбрус», Biovita). Еще в девяти случаях из 58 отмечено несоответствие заявленным на маркировке свойствам или категории. Например, обнаружено не соответствующее маркировке содержание магния, кальция или бора. После проведенных исследований эксперты пришли к выводу, что качество воды не зависит ни от цены, ни от происхождения. По их словам, бутилированная питьевая вода отечественного производства ничем не уступает иностранной продукции, а иногда и превосходит ее по качеству [5].

**Заключение.** Старение определяется как процесс «снижение жизнеспособности индивидуального организма в течение жизни». При изучении системы «организм и среда» большое значение придается экологии, социологии, психологии и просто общественному и социальному аспектам в геронтологии. В настоящее время разработаны и используются специальные методы воздействия на саму основу молекулярного старения. Данные литературы свидетельствуют, что качество питьевой воды сказывается на состоянии всех фундаментальных систем организма человека. Для получения воды с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом, применяемой для стимуляции процессов заживления, детоксикации, повышения радиорезистентности, снятия тканевого ацидоза при самых разнообразных патологиях человека используют различные электро-химически активированные системы и устройства для насыщения её водородом.

Ситуация с качеством питьевой воды продолжает оставаться крайне неблагоприятной, хотя технологий её очищения множество. Если показатели качества изначально приближены к идеальной воде, и превышены показатели лишь по нескольким элементам, используются простые фильтры. Для получения стерильной, идеально чистой воды – специальные мембранные фильтры, задерживающие все примеси, гарантируя стабильное качество. Но здесь возникает и обратный эффект – при слишком тщательной очистке вода лишается не только вредных, но и полезных веществ, приближаясь по качеству к «дистиллированной».

### Литература

1. Донцов В. И., Крутько В. Н., Подколзин А. А. Профилактика старения, продление жизни и биоактивация: методические подходы // Профилактика старения. 1999. Вып. 2. Ежегодник. 114 с. [Электронный ресурс] URL: <https://medi.ru/info/4213/> (дата обращения 14.10.2016).
2. Ислямова А. А. Антиоксидантная активность водных систем, насыщенных водородом // Экологическая политика: проблемы и перспективы: Материалы IV мезуз. студ. науч.-практ. конф. (г. Пермь, ПГНИУ, 26 мая 2016 г.) / отв. ред. В. В. Ельшина; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. С. 198–201.

3. Лапин А. А., Чугунов Ю. В. Влияние природы нанокластеров воды на антиоксидантную активность // От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к nanoиндустрии: Тезисы докладов V Междунар. конф. Ижевск: Изд-во ИжГТУ им. М. Т. Калашникова, 2015. С. 109–110.

4. Питьевая вода многих известных производителей – опасна для здоровья! [Электронный ресурс] URL: <http://budtezdorovy.net/2017/08/pitevaya-voda-mnogih-izvestnyh-proizvoditeley-opasna-dlya-zdorovya.html> (дата обращения 14.03.2017).

5. Роскачество назвало самую безопасную бутилированную воду [Электронный ресурс] URL: [http://mt.360tv.ru/blog/43304717286/Roskachestvo-nazvalo-samuyu-bezopasnuyu-butirovannuyu-odu?utm\\_campaign=transit&utm\\_source=main&utm\\_medium=page\\_4&domain=mirtesen.ru&paid=1&pad=1](http://mt.360tv.ru/blog/43304717286/Roskachestvo-nazvalo-samuyu-bezopasnuyu-butirovannuyu-odu?utm_campaign=transit&utm_source=main&utm_medium=page_4&domain=mirtesen.ru&paid=1&pad=1) (дата обращения 12.04.2017).

## **УСПЕШНОСТЬ ОБУЧЕНИЯ В ШКОЛЕ ДЕВОЧЕК И МАЛЬЧИКОВ, РОЖДЕННЫХ ПУТЕМ ПЛАНОВОГО КЕСАРЕВА СЕЧЕНИЯ**

*С. И. Трухина, А. Н. Трухин, В. И. Циркин, Е. Г. Шушканова*  
*Вятский государственный университет*

В России частота операции кесарева сечения (КС) составляет в среднем 17–18%, достигая 30% и более в крупных акушерских стационарах. На протяжении 15–20 лет, как в зарубежных странах, так и в России отмечается рост частоты кесарева сечения в 3–4 раза [1–3]. Согласно данным литературы [3–5], показаниями к операции планового КС являются предыдущие операции на матке (два и более КС, одно КС в сочетании с другими относительными показаниями); неправильное положение и предлежание плода (тазовое предлежание плода с предполагаемой массой 3600 г и более, а также тазовое предлежание в сочетании с другими относительными показаниями к КС); плодово-тазовые диспропорции (анатомически узкий таз II–III степени сужения, плодово-тазовые диспропорции при крупном плоде); преэклампсия тяжелой степени; соматические заболевания, требующие исключения потуг (декомпенсация сердечно-сосудистых заболеваний, осложненная миопия, трансплантированная почка и др.); некоторые формы материнской инфекции.

Дети, рожденные путем планового КС, по совокупности сочетанных осложнений в пери- и неонатальном периодах, включая более низкую оценку по шкале Апгар, имеют более высокий риск развития неврологической патологии, болезней органов дыхания, аллергических болезней, что подтверждено структурой заболеваемости, а болезни у них отличаются более тяжелым течением [2]. По сравнению с новорожденными, рожденными *per vaginam*, или путем экстренного КС, дети, рожденные при плановом КС, имеют повышенный риск общей респираторной заболеваемости, который возрастает с уменьшением гестационного возраста [6]. Дети раннего возраста, рожденные при плановом КС, характеризуются низким развитием навыков общения и речи, недостаточной психомоторной зрелостью, недостаточной кинестетической чувствительностью, кинетической организацией движений, правополушарной переработкой визуальной информации, а также имеют проблемы реализации таких процессов как внимание, речь, пространственное мышление

[7–9]. Отсутствие специально организованного психологического сопровождения детей дошкольного возраста, родившихся путем планового КС, может повлечь дезадаптацию в школьном возрасте, трудности в общении со сверстниками, отставание в психическом развитии [9]. Отдаленное влияние планового КС на интеллектуальное развитие детей, в частности на успешность их обучения в 1–8 классах, не исследовалось. Это и послужило основой для постановки цели исследования: оценить успешность обучения в общеобразовательной школе с 1 по 8 класс девочек и мальчиков, рожденных путем планового кесарева сечения.

Объектом исследования были 649 учащихся 11 общеобразовательных школ г. Кирова, обучавшиеся в 2010–2011 учебном году в восьмых классах. Сведения об их перинатальном периоде развития и школьной успеваемости (годовые отметки по учебным дисциплинам каждого из 8 классов) содержались в базе данных, которая формировалась нами с 2001 по 2012 гг. на основе медицинских документов (формы № 112-У и 026-У) и школьных документов, включая школьные журналы. Сведения были получены с согласия родителей, разрешения администраций детских поликлиник, школ и управления образования и здравоохранения г. Кирова. На основе этой базы данных выделены: группа 2 (основная группа,  $n = 41$ ) – дети, рожденные путем операции планового КС (15 девочек и 26 мальчиков) и группа 1 (контрольная группа), которая формировалась методом случайной выборки. В нее включали такое же количество девочек ( $n = 15$ ) и мальчиков ( $n = 26$ ), как в основной группе, при условии, что они были рождены через естественные родовые пути с нормальной массой тела (2,6–3,9 кг) у матерей с неосложненным течением беременности и родов. Успешность обучения как интегральную характеристику интеллектуального развития оценивали за период обучения детей с 1 по 8 класс по годовым отметкам по основным дисциплинам и по среднему баллу успеваемости (среднее арифметическое по дисциплинам каждого года). Результаты исследования подвергнуты статистической обработке [10]. Различия показателей оценивали по  $t$ -критерию Стьюдента (основанием к его использованию был объем выборки и нормальный, судя по значениям критерия Шапиро-Уилка, характер распределения значений показателей) и считали их статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Анализ успеваемости детей с 1 по 8 классы выявил (рис.), что мальчики группы 2 в сравнении с мальчиками группы 1 имели статистически значимо более низкие величины среднего балла успеваемости во всех классах (а также были более низкие отметки по отдельным дисциплинам, в том числе в 1 и 2 классах – по математике, в 3 и 4 классах – по природоведению, в 6 классе – по русскому языку и математике, в 7 классе – по геометрии и биологии, в 8 классе – по русскому языку, истории и биологии). Показано (рис.), что девочки группы 2 не имели статистически значимых различий в успешности обучения на протяжении всех 8 лет обучения в школе по сравнению с их сверстницами из группы 1.

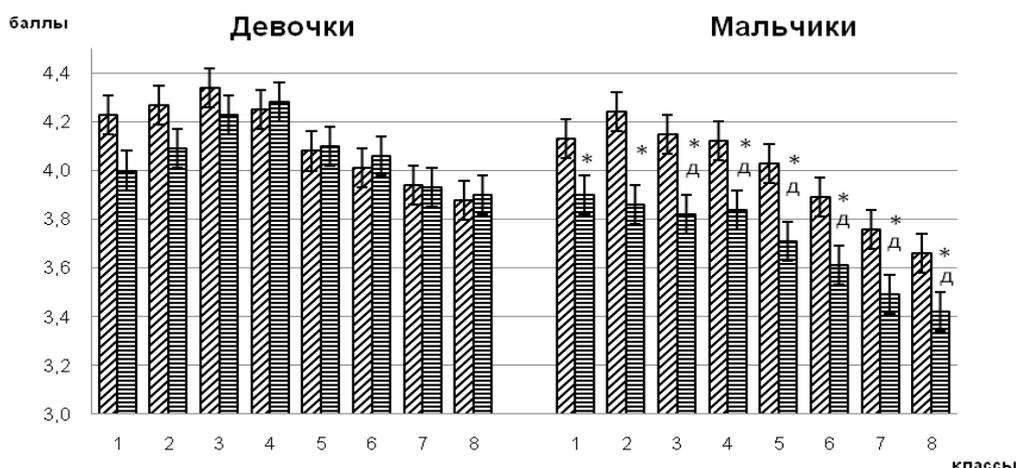


Рис. Средний балл успеваемости детей, родившихся естественным путем у матерей с физиологически протекающей беременностью (контрольная группа, первые столбцы), и детей, родившихся путем операции планового кесарева сечения (группа 2, вторые столбцы). \* – различие с контрольной группой и <sup>Д</sup> – с девочками статистически значимо ( $p < 0,05$ ) по t-критерию Стьюдента

Мы подтвердили данные литературы о том, что основными причинами планового КС являются анатомически узкий таз в сочетании с крупным плодом, тазовое предлежание плода в сочетании с хронической гипоксией плода, плацентарной недостаточностью и узким тазом матери, рубец на матке после предыдущего КС, экстрагенитальная патология [3, 4, 5] и, что новорожденные после планового КС имеют более низкую оценку по шкале Апгар на 1-й и на 5-й минутах после извлечения [2].

Нами установлено, что у матерей детей группы 2 имелись и такие акушерские осложнения, как инфекционные заболевания, угроза прерывания беременности, хроническая гипоксия плода, асфиксия новорожденного, преждевременные роды и рождение детей с низкой массой тела (у девочек), рождение детей с большой массой тела (у мальчиков).

При оценке успешности обучения нами впервые установлено, что у мальчиков, рожденных путем планового КС, ниже успешность обучения с 1 по 8 класс общеобразовательной школы, чем у сверстников контрольной группы. Ранее нами было показано, что наличие у матери плацентарной недостаточности [11], или генитальных инфекций во время беременности [12], снижает успешность обучения в 1–8 классах общеобразовательной школы, что особенно характерно для мальчиков. Подобную закономерность мы выявили в отношении мальчиков, рожденных путем планового кесарева сечения. Наиболее вероятно, что причиной снижения успешности обучения является наличие хронической гипоксии у плода, которая характерна для указанных выше акушерских осложнений. В литературе высказано положение, что под влиянием хронической гипоксии в плаценте развивается окислительный стресс, продукты которого повреждают развитие нейронов мозга [13, 14]. Это, вероятно, и вызывает структурные и функциональные отклонения в раз-

витии коры головного мозга, приводящие к нарушению процессов памяти, познавательных процессов и двигательных навыков у школьников [15], что и вызывает снижение потенциальных возможностей интеллекта. Наши данные указывают на длительное сохранение негативного влияния осложненного течения внутриутробного периода развития плода на структуры неокортекса. Важным представляются и наши данные о половых различиях в реакции развивающегося мозга плода на гипоксию – плоды мужского пола оказались более уязвимыми к действию хронической гипоксии, чем плоды женского пола. Это можно объяснить более высокой толерантностью к гипоксии плодов женского пола. Возможно, это связано с тем, что у них нет характерного для плодов мужского пола внутриутробного подъема уровня тестостерона, а, скорее всего, для них присущ, в том числе на постнатальном периоде развития, относительно высокий уровень содержания эстрогенов. Эти гормоны, как известно [16–19], повышают жизнеспособность нейронов, улучшают их трофику и способствуют процессу миелинизации. Согласно Bondesson M. et al. [20] эстрогены влияют на развитие мозга у человека и поэтому генетические дефекты генов, контролирующих синтез эстрогеновых рецепторов и ферментов, участвующих в синтезе этих рецепторов, могут отражаться на развитии мозга. Полагаем, что наше предположение о важной роли половых гормонов в развитии мозга в пренатальном и постнатальном периодах онтогенеза требует дополнительного подтверждения. Но уже сегодня можно утверждать, что мальчики, рожденные у матерей с осложненным течением беременности и родов, являются группой риска по нарушению интеллектуального развития. Можно полагать, что они в большей степени предрасположены к формированию школьных трудностей, чем мальчики, рожденные у матерей с неосложненным течением беременности и родов.

**Выводы.** 1. Рождение путем операции планового кесарева сечения снижает успешность обучения мальчиков (с 1 по 8 класс), но не снижает успешность обучения девочек, что объясняется более низкой толерантностью плодов мужского пола к нарушениям гомеостаза в период внутриутробного развития.

2. Ставится вопрос о необходимости разработки методов профилактики нарушений развития неокортекса при осложненном течении беременности и коррекции известных методов воспитания и обучения детей в семье и школе с учетом характера течения внутриутробного периода развития и пола ребенка.

#### Литература

1. Кулаков В. И., Чернуха Е. А. Современный взгляд на проблему кесарева сечения // *Мать и дитя: Материалы I регионального науч. форума*. Казань. 2007. С. 85–88.
2. Кравченко В. П. Сравнительная оценка развития детей, рожденных с помощью кесарева сечения и путем естественных родов // *Педиатрическая фармакология*. 2009. № 6 (1). С. 99–100.
3. Алиева А. Я., Баладжанова А. Б. Структура показаний к операции кесарево сечение // *Бюллетень медицинских интернет-конференций*. 2014. № 4 (5). С. 448.

4. Айламазян Э. К., Кузьминых Т. У., Андреева В. Ю., Сельков С. А., Траль Т. Г., Толибова Г. Х. Современная стратегия абдоминального родоразрешения // *Ж. Акушерских и женских болезней*. 2014. LXIII (5). С. 413.
5. Клинические рекомендации (протокол). Кесарево сечение, показания, методы обезболивания, хирургическая техника, антибиотикопрофилактика, ведение послеоперационного периода. М., 2014. С. 46.
6. Hansen A., Wisborg K., Uldbjerg N., Henriksen T. Respiratory risk following elective caesarean section // *BMJ*. 2008. V. 336 (7635). P. 85-7. [DOI: 10.1136 / bmj.39405.539282.BE].
7. Лозинская А. В. Анализ особенностей психического развития детей, рожденных с помощью кесарева сечения // Развитие научного наследия А. Р. Лурия в отечественной и мировой психологии: Материалы третьей междунар. науч.-практ. конф. Белгород, БелГУ, 9–12 окт. 2007. ПОЛИТЕРРА. 2007. С. 49–53.
8. Al Khalaf S., O'Neill S., O'Keeffe L., Henriksen T., Kenny L., Cryan J., Khashan A. The impact of obstetric mode of delivery on childhood behavior // *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 2015. V. 50(10). P. 1557–67. [doi: 10.1007/s00127-015-1055-9].
9. Ревякина Ю. В., Ярославцева И. В. Особенности умственного и психомоторного развития детей раннего возраста, рожденных с помощью абдоминального способа родоразрешения // *Психологическая наука и образование* 2015. № 7 (1). URL: [http://psyedu.ru/journal/2015/n1/Revyakina\\_Yaroskavtseva.phtml](http://psyedu.ru/journal/2015/n1/Revyakina_Yaroskavtseva.phtml)
10. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999.
11. Трухина С. И., Циркин В. И., Трухин А. Н., Хлыбова С. В., Шушканова Е. Г. Влияние плацентарной недостаточности матери на развитие детей // *Медицинский альманах*. 2014. № 5. С. 59–63.
12. Трухина С. И., Анисимов К. Ю., Циркин В. И., Трухин А. Н., Хлыбова С. В. Влияние генитальных инфекций матери на физическое развитие детей и успешность их обучения с 1 по 8 класс // *Уральский медицинский журнал*. 2016. № 8 (141). С. 158–166.
13. Curtis D., Sood A., Phillips T., Leinster V. et al. Secretions from placenta, after hypoxia/reoxygenation, can damage developing neurones of brain under experimental conditions // *Exp. Neurol*. 2014. V. 261. P. 386–395. [DOI: 10.1016/j.expneurol.2014.05.003]
14. Phillips T., Scott H., Menassa D., Bignell A. et al. Treating the placenta to prevent adverse effects of gestational hypoxia on fetal brain development // *Sci Rep*. 2017. V. 7 (1). P. 9079. [DOI: 10.1038/s41598-017-06300-1]
15. Miller S., Huppi P., Mallard C. The consequences of fetal growth restriction on brain structure and neurodevelopmental outcome // *J Physiol*. 2016. V. 594 (4). P. 807–823. [DOI: 10.1113/JP271402]
16. Рыжавский Б. Я., Рудман Ю. Б., Учакина Р. В. Особенности гистофизиологии яичников и надпочечников у самок крыс, рождающих потомство с ускоренным развитием мозга у потомства // *Морфология*. 2005. № 128 (4). С. 101–104.
17. Bora S., Liu Z., Kecojevic A., Merchenthaler I., Koliatsos V. Direct, complex effects of estrogens on basal forebrain cholinergic neurons // *Exp. Neurol*. 2005. V. 194 (2). P. 506–522. [DOI: 10.1016 / j.expneurol.2005.03.015]
18. Krause D., Duckles S., Pelligrino D. Influence of sex steroid hormones on cerebrovascular function // *J. Applied Physiology*. 2006. V. 101 (4). P. 1252–1261. [DOI:10.1152/jappphysiol.01095.2005]
19. Carroll J., Rosario E. The potential use of hormone-based therapeutics for the treatment of Alzheimer's disease // *Curr. Alzheimer Res*. 2012. V.9 (1). P. 18–34.
20. Bondesson M., Hao R., Lin C., Williams C., Gustafsson J. Estrogen receptor signaling during vertebrate development // *Biochim Biophys Acta*. 2015. V. 1849 (2). P. 142–151. [DOI: 10.1016/j.bbaggm.2014.06.005]

# ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ, ФИЗИЧЕСКОГО И ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРАВО- И ЛЕВОРУКИХ ДЕТЕЙ С РОЖДЕНИЯ ДО 7 ЛЕТ

*О. В. Тулякова, О. А. Юрчук-Зуляр*

*Вятский государственный университет, ohanazuljar@mail.ru*

Последние годы интенсивно разрабатываются вопросы, касающиеся функциональной асимметрии мозга (ФАМ) и ее роли в формировании психических функций и успешности образовательной деятельности [1, 2]. Значительно меньше работ, посвященных взаимосвязи ФАМ с уровнем заболеваемости ребенка [3, 4] и характером его физического развития. Причем работы носящие комплексный характер и оценивающие совокупность физических и психических особенностей детей с разным типом ФАМ, включая не только постнатальный, но и пренатальные периоды развития, практически отсутствуют. Не исключено, что комплексный подход позволит более глубоко понять становление физиологических механизмов, лежащих в основе ФАМ. Все сказанное послужило основой для постановки цели и задач исследования.

Исходя из вышесказанного, целью нашего исследования явилось изучение особенностей физического, психического развития детей, заболеваемости и успешность их образовательной деятельности в зависимости от функциональной асимметрии мозга. Особенности ФАМ исследовались у 700 первоклассников. Во внимание принималась только мануальная асимметрия, т.е. учитывалась ярко выраженная лево- и праворукость. Определение ведущей руки проводилось с помощью теста и опросника для родителей. Данные, касающиеся заболеваемости и перинатального анамнеза первоклассников, были получены из амбулаторной карты детской поликлиники (форма № 112-У) и медицинской карты школы (форма 026/у). Исследование физического и психического развития первоклассников проводили по стандартным методикам, социального анамнеза – по опросникам. Результаты исследования подвергнуты статистической обработке параметрическим методом и представлены в тексте средней арифметической и ее ошибкой ( $M \pm m$ ). Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента ( $t$ ) и считали их достоверными при  $p < 0,05$  (в тексте обозначены \*).

Группу леворуких детей составили 7,14%, праворуких – 91,86%, амбидекстров – 7 человек 1,00% (табл.).

Таблица

## Процентное распределение первоклассников в зависимости от типа ФАМ

Массивы обследуемых	Все дети			Мальчики			Девочки		
	n	M	m	n	M	m	n	M	m
Леворукие (n=50)	50	7,14	0,97	29	4,14	0,75	21	3,00	0,64
Праворукие (n=643)	643	91,86	1,03	352	50,29	1,89	291	41,57	1,86

Примечание: \* – различия достоверны,  $p < 0,05$ .

Причем среди праворуких выше процент мальчиков (табл.). Из группы леворуких 24% детей родители пытались переучить пользоваться правой рукой, в результате чего 2% детей пользуются правой рукой в быту и при письме, 4% пользуются правой рукой в быту, 10% – при письме. В группе леворуких детей 48% имеют близких родственников-левшей. Для подсчетов к группе леворуких детей 50 детей (29 мальчиков и 21 девочка) была подобрана соответствующая группа праворуких – 60 человек (35 мальчиков, 25 девочек).

Анализ данных пренатального анамнеза показал, что в группе леворуких детей больше процент матерей, имевших осложненное течение данной беременности ( $86,67 \pm 6,21\%$  против  $63,33 \pm 8,80\%^*$ ), в том числе поздний гестоз ( $30,00 \pm 8,37\%$  против  $10,0 \pm 5,48\%^*$ ). Таким образом, на формирование типа ФАМ ребенка, а именно мануальной асимметрии оказывает влияние наличие у матери осложненной беременности в целом, в том числе позднего гестоза. Вероятно, эти факторы способствуют изменению функционального состояния мозга плода, что, как известно, отражается на характеристиках ФАМ.

Леворукие дети имели меньшее значение длины тела при рождении ( $51,33 \pm 0,37$  см против  $52,47 \pm 0,33$  см\*), но большее значение индекса Рорера ( $24,69 \pm 0,37$  кг/см<sup>3</sup> против  $23,32 \pm 0,35$  кг/см<sup>3</sup>\*). Различий по прочим антропометрическим показателям и уровню здоровья не выявлено. Таким образом, формирование типа ФАМ в основном не зависит от протекания внутриутробного периода, но определенное влияние оказывает наличие у матери осложненной беременности, в том числе позднего гестоза.

Исследование физического развития и нервно-психического развития в 1 год показало, что леворукие дети раньше начинали удерживать головку ( $1,50 \pm 0,14$  мес. против  $2,00 \pm 0,16$  мес.\*), т.е. в определенной мере у них выше скорость нервно-психического развития. Различий по прочим показателям не обнаружено. Параметры физического развития в 1 год также не отличались. Следовательно, тип ФАМ в определенной степени связан со сроками нервно-психического развития.

Анализ физического развития в первом классе выявил, что у леворуких детей ниже ежемесячная скорость прироста массы тела с января по май ( $0,10 \pm 0,04$  кг/мес. против  $0,24 \pm 0,03$  кг/мес.\*), ниже процент детей с гармоничным развитием ( $61,11 \pm 8,12\%$  против  $81,82 \pm 5,81\%^*$ ). Следовательно, доминирование правого полушария способствует снижению уровня здоровья и физического развития (в частности гармоничности и скорости ростовых процессов) детей в 7–8 лет. Эти результаты согласуются с данными литературы [4] о более низких показателях соматического развития у леворуких. Различий по параметрам физического развития в дошкольный период не выявлено, возможно, вследствие того, что ФАМ в этом возрасте не сформирована [5].

Результаты нашего исследования согласуются с данными литературы [3, 4] о том, что леворукие дети имеют более высокую заболеваемость. В частности, нами показано, что в периоде с 1 года до 7–8 лет у них чаще наблюдалась пищевая аллергия или другие последствия неблагоприятных воздействий ( $0,03 \pm 0,02$  против  $0,0$  обращений/1000\*). В то же время не уда-

лось подтвердить данные литературы о сниженном иммунитете и повышенной инфекционной и неврологической заболеваемости леворуких детей [3, 4].

Анализ данных социального анамнеза показал, что леворукие дети чаще, чем праворукие воспитываются в неполных семьях ( $40,63 \pm 8,68\%$  против  $9,09 \pm 5,00\%*$ ). Возможно, проблемы психологического климата неполных семей оказывают определенное влияние на формирование правополушарного типа асимметрии, т.к. известно, что выраженность ФАМ может снижаться при утомлении и высокой психоэмоциональной напряженности [6], при этом усиливается процесс интерференционного торможения левого полушария правым [6]. Различий по прочим показателям не выявлено. Следовательно, данные факторы не оказывают влияния на формирование типа ФАМ.

Анализ показателей психического развития и успеваемости в первом классе показал, что леворукие дети имеют по сравнению с праворукими более низкий уровень успеваемости и психического развития. У них ниже уровень развития абстрактного мышления ( $1,79 \pm 0,18$  против  $2,30 \pm 0,16$  балла\*), среди них меньше процент детей с высоким уровнем скорости обработки зрительной информации ( $36,11 \pm 8,01\%$  против  $60,47 \pm 7,46\%*$ ), ниже балл успеваемости по чтению ( $4,02 \pm 0,10$  балла против  $4,33 \pm 0,10$  балла\*), по математике ( $3,64 \pm 0,11$  балла против  $3,93 \pm 0,10$  балла\*) и общей успеваемости по письму, чтению, математике ( $11,38 \pm 0,27$  балла против  $12,13 \pm 0,26$  балла\*). Среди них больше процент детей, имеющих трудности при обучении, связанные с несформированностью моторных функций: это неустойчивый подчерк, тремор, сильный тремор и нажим, неровные цифры. Среди леворуких больше процент детей, не владеющих собой в ситуациях, требующих сосредоточенности или ограниченности движений ( $25,00 \pm 8,18\%$  против  $3,57 \pm 3,51\%*$ ). Таким образом, нам не удалось подтвердить представление [7] о более высоком уровне у леворуких невербальных когнитивных функций (визуальное и образное мышление); в то же время нами показано, что у леворуких детей хуже развито абстрактное мышление. Впервые установлено, что у леворуких детей ниже скорость обработки зрительной информации. Полученные данные противостоят представлениям о более высокой силе, лабильности и активированности нервной системы леворуких, но косвенно свидетельствуют о сниженном у них уровне зрительного восприятия. Согласно результатам нашего исследования леворукие первоклассники имеют более низкую успеваемость по письму, чтению и математике, что согласуется с данными М. М. Безруких [8], выделяющих этих детей в особую группу риска. Однако эти данные противостоят представлению ряда авторов о более высокой успешности образовательной деятельности леворуких [7]. Также результаты исследования подтверждают данные [1, 8] о том, что среди леворуких больше процент детей, имеющих школьные трудности. Эти трудности связаны с недостаточной сформированностью моторных функций и проявляются в основном при письме, что говорит о незрелости школьнозначимых функций у этих детей, а также о недостатках традиционной системы обучения, не учитывающей особенности леворуких. Результаты нашего исследования согласуются с данны-

ми литературы о повышенной возбудимости, агрессивности и сниженном уровне саморегуляции [7] у леворуких детей. Показано, что в 1-ом классе среди леворуких выше процент детей с проблемами поведенческой саморегуляции. В то же время нам не удалось подтвердить данные о повышенной школьной тревожности у левшей – в нашем исследовании право- и леворукие дети не отличались по уровню тревожности. Таким образом, при анализе данных о влиянии ФАМ на развитие ребенка, установлено, что среди первоклассников г. Кирова леворукость характерна для 7,14% детей. Показано, что вероятность формирования леворукости повышается при наличии у матери осложненной беременности, в том числе - позднего гестоза. При рождении леворукие дети в сравнении с праворукими имеют меньшую длину тела, но более высокое значение индекса Рорера. В грудном возрасте леворукие дети раньше начинают удерживать головку. В период с 1 года до 7–8 лет у них чаще наблюдается пищевая аллергия. В 1-м классе среди леворуких меньше процент детей с гармоничным развитием. В этот период у них ниже уровень абстрактного мышления, ниже скорость обработки зрительной информации и успеваемость по письму, чтению и математике, среди них больше детей со школьными трудностями (в основном, по письму), что обусловлено недостаточным развитием мелкой моторики кисти, а также больше детей с проблемами поведенческой саморегуляции. Таким образом, леворукие дети представляют собой группу риска в отношении успешности образовательной деятельности.

### Литература

1. Безруких М. М., Верба А. С. Влияние особенностей раннего развития на формирование познавательных функций у мальчиков старшего дошкольного возраста с разным мануальным предпочтением // Новые исследования. 2013. № 4. С. 131–144.
2. Камышева Е. А. Половой диморфизм соотношения ФАМ и школьной тревожности // Экология образования: актуальные проблемы. 1999. № 1. С. 68–72.
3. Древицкая О. О. Леворукость у детей школьного возраста как один из рецессивных признаков // Актуальные вопросы межполушарной асимметрии: Материалы конф. М., 2001. С.75–77.
4. Чуприков А. П. Леворукость как прикладной аспект функциональной асимметрии головного мозга // Актуальные вопросы межполушарной асимметрии: Материалы конф. М., 2001. С.187–190.
5. Филиппова Е. Б. О половых различиях функциональной специализации полушарий головного мозга // Актуальные вопросы межполушарной асимметрии: Материалы конф. М., 2001. С.168–169.
6. Леутин В. П., Ройфман М. Д., Пичкуров А. М., Кривошеков С. Г. Половые различия структуры распределения латеральности у тувинских школьников // Физиология человека. 1997. Т. 23. № 2. С. 132–137.
7. Дружинин В. Н., Хазратова Н. В. Экспериментальное исследование формирующего влияния среды на креативность // Психологический журнал. 1996. Т. 15. № 4. С. 13–83.
8. Безруких М. М., Хрянин А. В. Функциональная организация мозга в ситуации направленного внимания у детей с разным профилем мануальной асимметрии // Новые исследования. 2001. № 1. С. 16–31.

## **К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА СТУДЕНТОВ (НА ПРИМЕРЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА)**

*Ю. В. Швечихина, Н. Б. Вартанова*

*Самарский национальный исследовательский университет,  
schwechixina2008@mail.ru*

Здоровье и здоровый образ жизни – качественная предпосылка будущей самореализации молодых людей, их активного долголетия, способности к созданию семьи и деторождению, к сложному учебному и профессиональному труду, общественно-политической и творческой активности. Субъектами формирования здорового образа жизни являются не только семья и образовательные учреждения, но и средства массовой информации, искусство и литература.

Актуальность здорового образа жизни вызвана возрастанием и изменением характера нагрузок на организм человека в связи с усложнением общественной жизни, увеличением рисков техногенного, экологического, психологического, политического и военного характера, провоцирующих негативные сдвиги в состоянии здоровья.

На сегодняшний день существует объективная необходимость целенаправленного формирования у молодых людей образа жизни, подчиненного принципам заботы о собственном здоровье и здоровье окружающих, отказа от вредных привычек и профилактике различных социальных девиаций [1].

Решить данную проблему в системе высшего профессионального образования возможно на основе комплексного подхода, ориентированного на воспитание и развитие личности при грамотном воздействии на все сферы ее сознания – познавательную, эмоционально-чувственную, ценностно-ориентационную и деятельностную. Важно, чтобы в итоге такого воздействия у личности сформировалась новая компетенция – ответственность за свое здоровье и здоровье других людей.

В современном обществе здоровье рассматривается, как социальное свойство личности, качественный и количественный уровень которого обеспечивает человеку конкурентоспособность, благополучие семьи, профессиональный рост. В настоящее время существуют различные определения и ракурсы рассмотрения феномена здоровья и культуры здоровья. С этим связана сложность разработки программ по формированию культуры здоровья у населения и, в частности, у молодежи [2, 3].

Состояние здоровья студентов как значимой социальной группы нашего общества является не только показателем существующего социально-экономического и общественного развития государства, но и важным индикатором будущего трудового, экономического, культурного, оборонного потенциала общества. Поэтому сегодня чрезвычайно важной государственной за-

дачей является изучение формирования здоровья молодых людей, а так же от каких факторов зависит и как на эти факторы воздействовать с целью получения позитивных результатов [4].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) с тревогой отмечает наметившуюся в последние годы тенденцию к увеличению индекса массы тела (развитию избыточного веса и ожирения) для населения индустриально развитых стран мира. Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смертности в мире, и возрастающее бремя в значительной степени является следствием модифицируемых поведенческих факторов риска, которые взаимодействуют с геномикой и окружающей средой. Непрерывное укрепление сердечно-сосудистой системы и профилактика заболеваний на протяжении всей жизни имеют решающее значение, и семья является центральным органом в этом процессе [6].

Данный фактор, как показывают разнообразные исследования, негативно влияет на состояние сердечно-сосудистой системы, протекание обменных процессов, повышает риск развития онкозаболеваний и даже неблагоприятно влияет на репродуктивное здоровье. В нашей стране на протяжении длительного периода именно заболевания сердечно-сосудистой системы и онкозаболевания являются ведущими причинами преждевременного ухода из жизни людей трудоспособного возраста, причем заболевания данных групп имеют тенденцию «молодеть» [4].

В настоящее время весьма актуальным является выявление факторов риска и создание здоровьесберегающих программ, которые будут способствовать сохранению и повышению адаптации студентов в период обучения в вузе.

Поскольку студенческий возраст можно рассматривать как период жизни, в значительной мере определяющий статус здоровья не только самого человека, но и членов его будущей семьи, мы считаем важным изучение различных аспектов, связанных с эколого-популяционными аспектами формирования статуса здоровья студенческой молодежи и возможностями управления им. Представленный ниже материал подготовлен на основе анализа данных, относящихся к двум показателям эколого-физиологического статуса здоровья студентов 1 курса биологического факультета – индексу массы тела (ИМТ) и показателям артериального давления. Проанализированные нами данные захватывают период с 2008 по 2017 гг. и позволяют судить об особенностях здоровья популяционных групп студентов «на входном этапе», при начале их обучения в вузе.

Для студентов биологического факультета нашего вуза, как мы отмечали ранее [6], характерно преобладание среди обучающихся девушек. Данная ситуация не нарушалась в анализируемый отрезок времени, доля юношей лишь в два года превысила 20% (рис. 1). Можно говорить о сохранении определенной половой структуры наших популяционных групп, которая определяется личностной мотивацией части поступающих, а также характером бу-

дущей специальности, для которой в нашем регионе ограничено число рабочих мест, особенно – хорошо оплачиваемых.

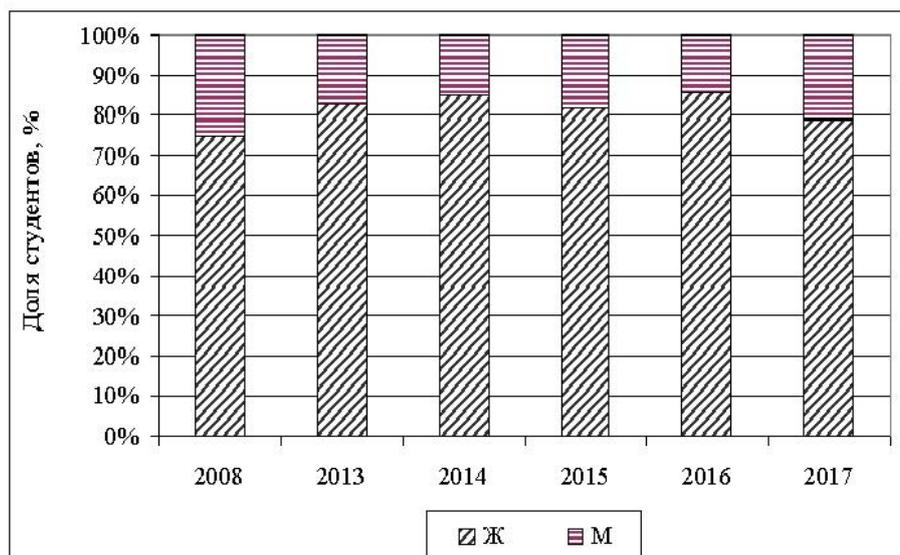


Рис. 1. Особенности половой структуры популяционных групп студентов биологического факультета

Одним из показателей, широко используемых при общей оценке физиологического статуса и здоровья человека, является индекс массы тела (ИМТ, в зарубежной литературе – ВМІ), который рассчитывается по простой формуле [7]:

$$\text{ВМІ} = \frac{m}{h^2},$$

где **m** – масса тела человека (в килограммах), а **h** – рост человека (в метрах). Его значения принято интерпретировать по следующей шкале: меньше 15 – острый дефицит веса; от 15 до 20 – дефицит веса; от 20 до 25 – нормальный вес; от 25 до 30 – избыточный вес; выше 30 – ожирение.

Для студентов-первокурсников биологического факультета можно отметить соответствие среднего уровня значений принятой «норме». У девушек средние значения показателя за различные годы колебались слабо и были близки к 20 (от весьма слабого дефицита веса до нижнего уровня нормы), при достаточно значительном размахе варьирования (рис. 2). У юношей по годам средние значения в большинстве случаев слабо превышали 20, максимальные значения достигали уровня 25...27 (случаи избыточного веса носили единичный характер). Таким образом, в 2008–2017 гг. первокурсники биологического факультета, как юноши, так и девушки не демонстрировали проявления тенденции к росту показателя ИМТ.

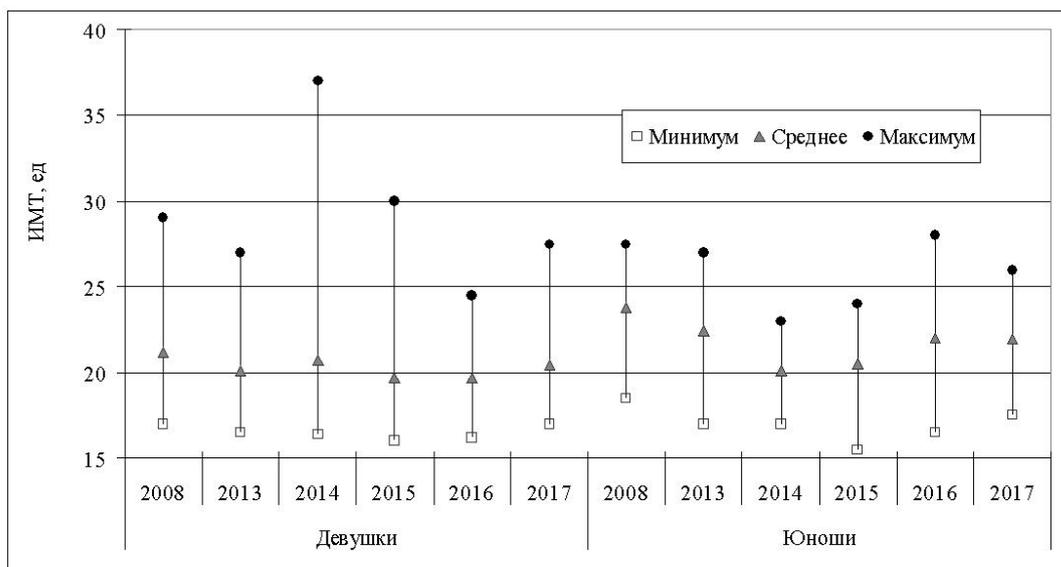


Рис. 2. Значения показателя массы индекса тела в популяционных группах студентов-первокурсников биологического факультета

Что касается показателей артериального давления (рис. 3), для девушек-первокурсниц артериальное давление имело практически постоянный уровень: для верхнего – 115 ед., нижнего 74–75 ед.

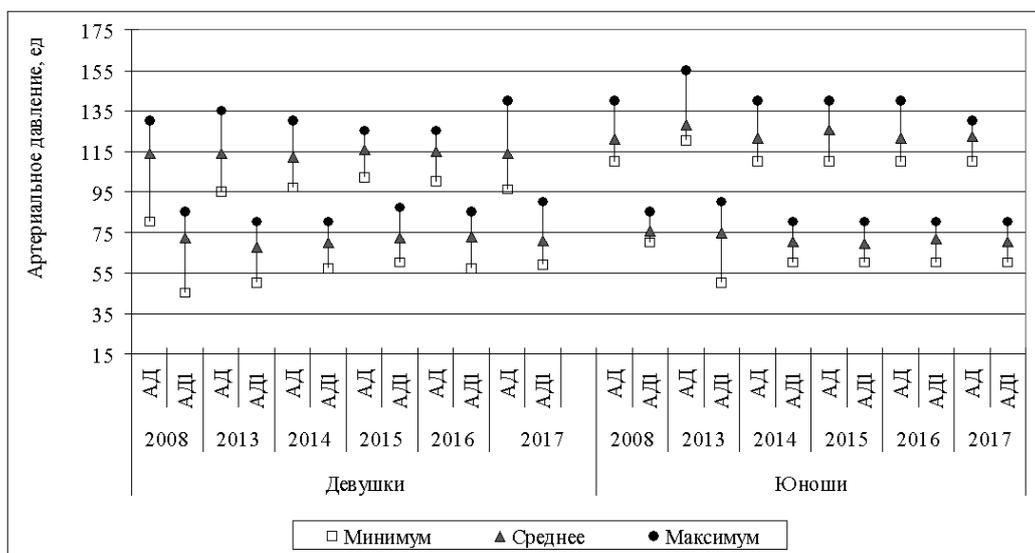


Рис. 3. Показатели артериального давления в популяционных группах студентов-первокурсников биологического факультета

При этом в отдельные годы имелись студентки с повышенным до 130... 135 ед. давлением, для них мы при сборе данных выявляли также и значения повышенного ИМТ. Для юношей общая картина была сходной, однако единично у них фиксировалось более существенное превышение нормы (до 155 ед.), что также совпало с повышенным ИМТ.

В целом можно отметить определенное сходство популяционных групп поступающей на биологический факультет студенческой молодежи. Среди них ежегодно преобладают девушки, доля юношей практически не превыша-

ет 20%. Доля лиц с повышенной массой тела и ожирением невысока, что может быть связано с наличием у абитуриентов интереса к природе, мотивацией на физическую активность. Сравнение данных, разделенных десятилетним интервалом (2008 и 2017 гг.), не позволяет обнаружить заметных различий между этими группами. Более детальный анализ показателей здоровья, связанный с внутренней диверсификацией популяционных групп, будет выполняться нами в продолжение данного исследования.

### Литература

1. Михайлова С. В., Садретдинова И., Федосеева Я. Здоровье студентов – социальная ценность государства // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 4. Ч. 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/52244> (дата обращения: 01.10.2017).
2. Аширова С.В. Ксенобиотическая разгрузка, улучшение состава крови и функционального состояния детей направленными физическими нагрузками // Адаптивная физическая культура. 2010. № 3(43). С. 29–31.
3. Ефимова И. В. Будыка Е. В., Проходовская Р.Ф. Психофизиологические основы здоровья студентов. Иркутск. 2003. 180 с.
4. Колесникова Л. И., Долгих В. В., Рычкова Л. В., Головкин Е. А., Сухинина К. В., Простокишина Н. Н., Гордеева Е. И., Каширин К. О. Состояние здоровья и особенности образа жизни студентов – первокурсников Иркутского государственного университета // Фундаментальные исследования. 2015. № 1–3. С. 522–527; URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=37052> (дата обращения: 25.10.2017).
5. Vedanthan R., Bansilal S, Soto A.V., MD, Kovacic J.C. e.a. Family-Based Approaches to Cardiovascular Health Promotion // Journal of the American College of Cardiology. 2016. Vol. 67. No. 14. P.25–37.
6. Швечихина Ю. В., Кавеленова Л. М., Рытов Г. Л. К изучению эколого-социальных аспектов формирования статуса здоровья студенческой молодежи // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 361–364.
7. Расчет индекса массы тела. URL: <http://ill.ru/cgi-bin/form.exp.bmi.pl> (дата обращения: 22.10.2017).

## ВРЕМЯ СУТОК КАК ФАКТОР, ОКАЗЫВАЮЩИЙ ВЛИЯНИЕ НА ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ СТАТУС СТУДЕНТОВ

*А. В. Шихова, А. Н. Трухин*

*Вятский государственный университет, shikhova.asya@yandex.ru*

Космическая периодичность, властвующая в абиогенный период Земли, не могла не оказать своего глобального, вездесущего, фундаментального влияния на становление и развитие всего сущего на ней от простейших биологических существ до самых высокоорганизованных, включая человека. Главным, уникальным и одновременно всеобщим, для эволюции биоты на нашей планете является 24-часовой цикл вращения на своей орбите, разделяющийся в зависимости от сезона года на различные соотношения продолжительности дня (от 7 до 17 часов) и ночи (соответственно от 17 до 7 часов). Ритмичная

закономерность смены дня и ночи, света и тьмы властвует на Земле уже не менее 5 миллиардов лет [1].

Мир существует по крайней мере в четырех ортогональных измерениях – трехмерном пространстве и в четвертом – времени. Реальность существования времени подтверждается всей практикой жизни. В законы, описывающие структуру мира, время включается как один из определяющих факторов.

Неотъемлемое и неперенное свойство природы (материального объективно существующего мира) – его изменчивость (вариабельность). «Всё течет», это высказывание Гераклита до сих пор лежит в основе всей науки. Изменяются и объекты природы, и их взаимоотношения между собой [2].

Цикл – это завершенное колебание, отклонение от исходной величины (или исходного состояния) с возвратом к ней через некоторое время. Повторяющиеся циклы создают ритм. Колебания называют ритмическими, если они повторяются не менее 3–5 раз, и их параметры при этом сохраняются [2].

Первые исследования суточных ритмов у человека (частота сердечных сокращений, частота мочеиспусканий, температура тела) были проведены в первой половине XIX века. В учебниках этого периода по физиологии человека можно встретить указания на существование эндогенных (возникающих в самом организме) ритмических функций [3].

В настоящее время общепризнанно, что ритмичность биологических процессов является фундаментальным свойством живой материи и составляет сущность организации жизни [1]. Формирование и поддержание эндогенных ритмов пока ещё не до конца объяснено. Известно, что циркадные (циркадианные) ритмы обусловлены генетически и могут передаваться по наследству [3].

Все клетки организма содержат молекулярные часы, механизм которых состоит из часовых генов и их белковых продуктов. Элементы молекулярных часов образуют единый механизм благодаря наличию прямых и обратных связей между ними. Молекулярные часы обладают относительной автономностью, они могут поддерживать ритм активности в течение нескольких суток и даже недель в условиях полной изоляции.

Центральные часы у человека расположены в головном мозге и состоят из двух основных элементов: супрахиазматических ядер (СХЯ) гипоталамуса и эпифиза. СХЯ обладают способностью поддерживать автономный околосуточный ритм электрической активности, а также навязывать этот ритм клеточным часам, расположенным в других органах, в том числе в эпифизе, через многочисленные нервные связи. Эпифиз в темное время суток вырабатывает мелатонин, который осуществляет гормональную регуляцию клеточных часов в периферических органах. Центральные часы синхронизируют свой ритм с ритмом освещенности окружающей среды.

Изменение освещенности фиксируют ганглиозные клетки сетчатки глаза, содержащие пигмент меланопсин. Информация о времени восхода от ганглиозных клеток поступает в СХЯ по ретиногипоталамическому тракту.

Нарушение функции циркадианной системы может быть вызвано воздействием как внутренних, так и внешних факторов, например неадекватным световым режимом окружающей среды (сменный режим труда, частые перелеты через несколько часовых поясов, длительное проживание в высоких широтах Земли). Десинхроноз часто, но не всегда наблюдается в старости, а также при онкологических, сердечно-сосудистых и некоторых других возрастных заболеваниях [4].

Ритмические воздействия внешней среды являются главными стимуляторами биоритмов организма, играющими важнейшую роль в их формировании на ранних этапах онтогенеза и определяющими уровень их интенсивности в течение всей последующей жизни. Собственные эндогенные биоритмы организма – это фон, на котором разворачивается картина жизнедеятельности [1].

Хронобиология отрасль науки, объективно исследующая на количественной основе механизмы биологической временной структуры, включая ритмические проявления жизни. Развитие хронобиологии и обогащение ее новыми подходами к анализу явлений (в частности, с точки зрения синергетики) и новыми методиками позволяет рассматривать хронобиологию как отрасль науки о колебательных процессах в живых фрактальных открытых системах. Хронобиология включает в себя проблемы генетики и физиологических механизмов колебательных процессов, синхронизации их друг с другом и с внешними факторами среды, изменения колебательных процессов в различных экологических условиях, включая сменные режимы труда и отдыха, при заболеваниях (хронопатология), изучение действия лечебных средств и лекарственных веществ при применении их на разных фазах биологических циклов (хронотерапия и хронофармакология) и многие другие разделы. Всех их объединяет единый подход – анализ и оценка явлений с учетом времени, когда данные явления совершаются [2].

Около ста лет назад появилось электрическое освещение, которое в настоящее время используется так интенсивно, что возникло понятие «световое загрязнение», приводящее к целому ряду заболеваний, среди которых и онкологические. Люди смогли по своему усмотрению выбрать себе социальную нишу, в которой им по ряду причин более комфортно, т.е. изменился природный цикл сон-бодрствование [1].

Хронотип – общее понятие, характеризующее предпочтение человеком утренней (жаворонки) или вечерней (совы) деятельности. Это обычно совпадает и с преобладанием в соответствующее время суток объективных показателей, характеризующих активность физиологических функций. Вопрос о генно- или фенотипической природе этого явления неясен [2].

Хотя человек и является высокоприспособленным существом, что и позволило ему стать самым многочисленным видом среди млекопитающих, цивилизация неизбежно разрушает его биологический ритм. И в то время как растения и животные следуют природной циркадной ритмике, человеку приходится намного сложнее. Циркадные стрессы – неотъемлемая черта нашего времени, противостоять им крайне непросто. Однако в наших силах бережно

относиться к «биологическим часам» здоровья, четко следуя режиму сна, бодрствования и питания [4].

Разделение по хронотипам объективно существует лишь последнее столетие и является отклонением от эволюционной нормы, которая формировалась на протяжении тысячелетий для человека как существа, полностью связанного с циклом свет-темнота и не способного активно действовать при отсутствии света. С циклом свет-темнота связана выработка мелатонина – гормона «биологических часов» (эпифиза), который и определяет основополагающий физиологический цикл сон-бодрствование. Интенсивное развитие производства привело к необходимости перейти к сменному графику трудовой деятельности, к ночной и вахтовой работе. Эти факторы часто становятся причиной возникновения состояния десинхроза и, как следствие, – источниками развития патологии [1].

В хронобиологии накоплен большой экспериментальный материал, свидетельствующий о том, что самочувствие и здоровье человека напрямую связаны с особенностями функционирования его циркадианной системы [5].

Возникла проблема рассогласования между эндогенными биологическим ритмами и ритмами внешней среды. Появился термин Jet lag–синдром (джетлаг) и патология, связанная с ним [1].

Подобное нарушение может возникать у людей и в обычной жизни. Например, при необходимости утром вставать на работу или учёбу раньше, чем это запрограммировано личными биоритмами. В республике Коми такой “социальный” джетлаг выявлен более, чем у 80% молодых людей.

Социальный джетлаг – это несогласованность режима сна и бодрствования, который задают биологические часы человека, и режима учёбы/работы, который задаёт общество. Этот феномен был описан биологами Мюнхенского университета ещё в 2006 году [5].

Нарушение биоритмов – постоянный спутник любого заболевания. При этом десинхроноз возникает на самых ранних этапах болезни, когда еще отсутствуют ее клинические проявления. Любое, даже самое слабое изменение в работе органа или системы прежде всего нарушает ритмичность их функционирования. При этом ритм органа перестает быть согласованным с другими организменными ритмами – возникает внутренний десинхроноз. При развитии заболевания в патологический процесс вовлекаются многие системы организма. Их ритм меняется и приходит в рассогласование с внешними датчиками времени. Это состояние – внешний десинхроноз. Чем тяжелее заболевание, чем дольше оно протекает, тем более выраженными становятся внутренний и внешний десинхроноз. Это затрудняет выздоровление и способствует переходу болезни в хроническую стадию.

Десинхроноз часто наблюдается у онкологических больных, а по некоторым данным, повышает риск развития злокачественных новообразований и сокращает продолжительность жизни.

Среди жителей высоких широт повышена частота выявления лиц с поздним хронотипом. Имеются сведения о том, что лица с поздним хроноти-

пом хуже адаптируются к ритмам социальной жизни и более подвержены десинхронозу.

Сотрудниками Института физиологии Коми Научного Центра РАН было показано, что хронотип оказывает в два раза более сильное влияние на успеваемость школьников и студентов, проживающих на Европейском севере России, чем продолжительность сна. Однако некоторые исследователи отмечают более важную роль продолжительности и качества сна [6].

У здоровых детей и подростков при помощи теста для оценки сезонного профиля (SPAQ) выявлено влияние хронотипа и географических координат места проживания на частоту выявления признаков сезонной депрессии. Участников исследования просили ответить, как меняется их самочувствие, потребность во сне, настроение и вес в зависимости от сезона, какую погоду они лучше переносят, как долго живут в данной местности. Анкетирование проводили в городах Европейской части России. Оказалось, что «совы» более предрасположены к сезонной депрессии. Ее признаки чаще отмечают у жителей населенных пунктов, расположенных в более высоких широтах и вблизи западной границы часового пояса.

Многие исследователи из разных стран показали, что дети и подростки с поздним хронотипом в большей степени предрасположены к депрессии, девиантному поведению, агрессии, потреблению стимуляторов, в том числе наркотиков, суицидальным настроениям [5].

Современные исследования биологических и медицинских явлений не могут проводиться без изучения их развития во времени. Понятия используются формально, только на описательном феноменальном уровне, без количественных оценок. В таких случаях многие возможности извлечения научной информации из наблюдений остаются невосребованными [2].

Введение на Земле часовых поясов, несомненно, способствовало прогрессу, особенно развитию транспортных систем. Из-за увеличения размера часовых поясов происходит рассогласование биологических часов человека, что нередко приводит к ухудшению его самочувствия и здоровья. Зная механизм взаимосвязи между солнечными, социальными и биологическими часами, можно сформировать временную среду, сводящую к минимуму риск развития десинхронозов у человека. Следует пересмотреть режим работы учреждений, особенно в городах и селах, расположенных вблизи западных границ часовых поясов, приведя его в соответствие с физиологическими особенностями функционирования циркадианной системы человека [4].

### Литература

1. Катинас Г. С. Биоритмы и Космос: мониторинг космобиосферных связей: монография. М.: Капитал Принт, 2013. 442 с.
2. Катинас Г. С. Аналитическая хронобиология: монография. Москва – Бейрут: ЕВОХ, 2017. 224 с.
3. Хильдебрандт Г., Мозер М., Лехофер М. Хронобиология и хрономедицина. Пер. с нем. М.: Арнебия, 2006. 144 с.

4. Борисенков М. Ф. Часовые пояса с точки зрения хронобиологии // Химия и жизнь: науч.-попул. журнал. 2013. №1. URL: <http://www.hij.ru/read/issues/2013/january-/1936/>.
5. Борисенков М. Ф. Джетлаг по социальному // Verbum: Журнал Сыктывкарского государственного университета имени Питирима Сорокина. С. 12–15.
6. Борисенков М. Ф. Хронотип человека на Севере // Физиология человека. 2010. Т. 36. С. 117–122.

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ КАК ФАКТОР УХУДШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА**

*И. Д. Загустина*

*Казанский государственный университет, irina-zag@bk.ru*

Каждый человек двадцать первого века знает, что в последние десятилетия показатели здоровья целых поколений людей резко ухудшилось по сравнению с нашими предками восемнадцатого, девятнадцатого веков. В разы увеличилось число раковых заболеваний, болезней сердечно-сосудистой и нервной систем, иммунной системы человека.

Одним из возможных факторов такого резкого ухудшения, возможно, служит электромагнитное излучение.

Электричество уже давно вошло в нашу повседневную жизнь и стало её неотъемлемой частью. Современный человек не может представить себя без всевозможной электрической техники: компьютеры, мобильные телефоны, телевизоры, видеомагнитофоны, радиотелефоны, DVD-плееры, холодильники, стиральные машины, электрические плиты, микроволновые печи, посудомоечные машины, миксеры, блендеры, фены – это лишь часть огромного списка современных технологий. Но кроме очевидных плюсов использования новейшей техники существуют и значительные минусы, о которых, возможно, задумываются далеко не все из нас. В первую очередь вся эта аппаратура может нести вред здоровью человека, а в особенности это относится к устройствам, в основу которых положены электромагнитные волны [1].

Современный человек проводит в закрытом помещении, которое оборудовано различными электрическими устройствами в среднем 18–20 часов в сутки.

Человеческое тело имеет свое электромагнитное поле, как и любой живой организм на нашей планете и в нашем организме всё устроено гармонично. Если же на наше тело начинают действовать сильные электромагнитные излучения, то в организме начинается хаос.

Люди, находясь в квартире, на улице, в общественном транспорте буквально окутаны проводами со всех сторон. При переизбытке электромагнитного излучения вокруг человека он начинает испытывать дискомфорт, что может привести к заболеваниям самого различного рода [2].

При этом негативное влияние на организм человека оказывает не весь спектр излучения, а лишь его высшие гармонические составляющие, которые

попадают в диапазон образования связей макромолекулярных биологических структур. Наиболее подвержены негативному воздействию электромагнитных полей головной мозг человека, сердечно-сосудистая система, кровеносная система, глаза, а также иммунная и половая системы.

В 60-е годы учёные провели ряд клинических исследований, в результате которых было установлено сильнейшее влияние электромагнитного поля на организм человека, был даже введен новый медицинский термин: «радиоволновая болезнь». По последним данным симптомы данного заболевания сейчас встречаются почти у трети населения Земли. Основные её проявления это – головная боль, бессонница, головокружение, ухудшение концентрации и внимания, депрессия, усталость. Эти симптомы не имеют особой специфики, а значит, и диагностировать заболевание представляется крайне сложным. Однако в дальнейшем симптоматика перерастает в куда более серьёзные заболевания, такие как: сердечная аритмия, хронические респираторные заболевания, колебания сахара в крови.

Чтобы в полной степени понять влияние электромагнитного излучения на здоровье человека, предлагаю рассмотреть влияние на каждую систему организма в отдельности:

1) Весьма чувствительна к электромагнитному излучению нервная система человека. Нервные клетки мозга, которые называются нейроны, из-за воздействия электромагнитного излучения ухудшают свою проводимость. А это в свою очередь может затронуть высшую нервную деятельность. А ведь именно она отвечает за все рефлексы условные и безусловные. Также ухудшается память, нарушается скоординированность мозговой деятельности со всеми частями человеческого тела. Вполне возможны и психические нарушения вплоть до психоза, галлюцинаций, бредовых состояний и попыток суицида. Нарушение адаптационной способности организма может привести к обострению хронических заболеваний.

При объективном исследовании нервной системы у многих больных отмечают вазомоторную лабильность, усиление пилomotorного рефлекса, акроцианоз, гипергидроз, стойкий, чаще красный, дермографизм, дрожание век и пальцев вытянутых рук, оживление сухожильных рефлексов. Все это проявляется в виде астеновегетативного синдрома той или иной степени выраженности. К числу наиболее характерных реакций организма на воздействие электромагнитных волн СВЧ относятся сдвиги в парасимпатической части вегетативной нервной системы. Они выражаются в артериальной гипотензии и тенденции к брадикардии, частота и степень выраженности которых зависят от интенсивности облучения. Одновременно может определяться вегетативная гипореактивность (малая выраженность кожно-сосудистых реакций при исследовании дермографизма, нарушение вегетативно-сосудистых орто- и клиностатических проб).

2) Весьма негативна реакция иммунной системы человека на электромагнитное излучение. Возникает не только подавление иммунной системы человека, но и атака иммунной системы на собственный организм. Это объ-

ясняется уменьшением количества лимфоцитов, которые должны обеспечить защиту организма от обрушивающихся инфекций.

3) Электромагнитное излучение влияет на качество крови человека. Все элементы крови обладают своим определённым потенциалом и зарядом. Электромагнитное излучение может вызвать разрушение тромбоцитов, эритроцитов, или наоборот привести к их слипанию. А действие на кроветворные органы может привести к нарушению во всей кровеносной системе. Реакцией организма на такую патологию является излишний выброс адреналина. Всё это весьма негативно сказывается на сердечной мышце, проводимости миокарда, артериальном давлении и могут привести к сердечной аритмии.

4) Эндокринная система тоже является мишенью для электромагнитного излучения. При воздействии излучения происходит стимуляция важнейших эндокринных желёз: надпочечников, гипофиза, щитовидной железы. Это приводит к гормональному сбою организма.

5) Из-за электромагнитного излучения происходит негативное воздействие на половую систему человека. Если сравнивать степень воздействия излучения на мужчин и женщин, то, как выясняется, именно женщины являются более чувствительными к воздействию, нежели мужчины. Именно с этим и связана опасность излучения на беременных женщин. Патологии в развитии плода могут проявляться на разных сроках. Подвергаясь электромагнитному воздействию, будущая мама рискует развитием своего ребёнка, порокам в формировании различных органов, а так же излучение может привести даже к преждевременным родам. Особенно ранимы малыши в первые недели и месяцы беременности. Зародыш еще не плотно прикреплен к плаценте, и воздействие может привести к потере ребёнка. В первые три месяца у будущего ребенка формируются органы и важнейшие системы организма [3].

6) Имеются сведения о нарушениях функции желудочно-кишечного тракта и печени. Возможны изменения синтеза белка и пигментов.

В зависимости от интенсивности и длительности воздействия радиоволн выделяют острые и хронические формы поражения организма. Острое поражение. Возникает только при авариях или грубом нарушении техники безопасности, когда рабочий оказывается в мощном электромагнитном поле.

У больных возникают температурная реакция, иногда достигающая высоких цифр, брадикардия, гипертензия, изменение ритма и частоты дыхания. После работы могут появиться ощущение ломоты в руках и ногах, мышечная слабость, сопровождающаяся иногда даже тремором конечностей. Кроме указанных симптомов, отмечаются головные боли, усталость, разбитость, причем эти явления не всегда совпадают с повышением температуры тела. Головные боли в подобных случаях носят обычно ангионевротический характер и часто сопровождаются покраснением лица. Одновременно отмечаются потливость и повышенная жажда [4].

Хроническое воздействие. Ведущее место в клинической картине заболевания занимают функциональные нарушения центральной нервной и сердечно-сосудистой систем. Изменения нервной системы характеризуются

наличием астенических, невротических и вегетативных реакций. Наиболее часто больные предъявляют жалобы на общую слабость, быструю утомляемость, ощущение разбитости, снижение работоспособности, расстройство сна, раздражительность, потливость, головную боль неопределенной локализации, головокружение, раздражительность. Некоторых беспокоят боли в области сердца, иногда сжимающего характера с иррадиацией в левую руку и лопатку, одышка. Болезненные явления в области сердца чаще ощущаются к концу рабочего дня, после нервного или физического напряжения. Отдельные лица могут предъявлять жалобы на потемнение в глазах, ослабление памяти, невозможность сосредоточить внимание и заниматься умственной работой. Иногда у больных возникают состояния быстро проходящей потери ориентировки, дрожание и боли в дистальных отделах конечностей.

Клинический симптомокомплекс хронического воздействия на организм электромагнитных полей не носит строго специфического характера, а имеющиеся при этом клинические проявления могут быть обусловлены влиянием разнообразных факторов (таких как переутомление, инфекция, неблагоприятные бытовые условия). Поэтому диагностика основывается на тщательном всестороннем обследовании, анализе динамики патологического процесса, а также на детальном изучении условий труда и данных дозиметрии [2].

Таким образом, влияние электромагнитных полей на здоровье человека – это исследуемая задача науки. В связи со стремительным ростом числа технологий и приборов избежать влияния электромагнитного излучения в современном мире практически невозможно. Различные организации как государственные, так и международные разработали множество стандартов и требований для предотвращения, какого бы то ни было влияния электромагнитного поля на человека и, почти вся продаваемая техника, соответствует этим требованиям. Также можно отметить, что соблюдение санитарных и гигиенических норм при градостроительстве и следование необременительным рекомендациям по использованию бытовых приборов практически нивелирует влияние электромагнитных полей на человека.

### **Литература**

1. Гордиенко В. А. Физические поля и безопасность жизнедеятельности. М.: «Астрель», 2006. 321 с.
2. Аполлонский С. М., Каляда Т. В. Безопасность жизнедеятельности человека в электромагнитных полях. М.: «Политехника», 2006. 264 с.
3. Грачев Н. Н., Мырова Л. О. Защита человека от опасных излучений. М.: «Бином», 2005. 320 с.
4. Барсуков В. С. Персональная энергозащита. Средства защиты от вредных излучений и не только М.: «Амрита-Русь», 2004. 288 с.

## ВЛИЯНИЕ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

*А. А. Лапин, Ф. А. Исмагилов, Е. С. Пиганов*  
*Казанский государственный энергетический университет,*  
*lapinanatol@mail.ru*

Отлов, разведение рыбы и производство рыбной продукции приоритетно во многих странах мира в виду своей значимости как социальной, так и экономической. Большая ценность пищевых продуктов из гидробионтов и рост их потребления указывает на необходимость увеличения их в рационе питания человека [1].

Проблема обеспечения населения России рыбной продукцией особенно актуальна в наши дни, когда значительно сократился промысел рыбы. Для её решения необходимо развивать аквакультуру, особенно главную её часть – товарное рыбоводство [2]. Существует два направления для обеспечения населения гидробионтами, первое – интенсификация их добычи в естественной среде обитания, и второе – рыбоводство, т.е. искусственное выращивание. В рыбоводстве эффективность производства достигается путем совместного выращивания ряда видов рыб (поликультура) [3]. Учитывая, что аквакультура является наиболее быстро растущим сегментом в мировом производстве пищевых продуктов в течение более чем двух десятилетий из-за его быстрого роста, который составил 47,3% в 2006 году и до 63,6% в 2011 г., так что продукция аквакультуры рассматривается в качестве основного источника рыбной продукции вместо коммерческого рыболовства. Рыба является важнейшим источником, необходимых человеку биологически активных веществ, она содержит высококачественные белки, непредельные жирные кислоты и другие важные питательные вещества, которые необходимы для поддержания здоровья человека. Увеличивающийся спрос на гидробионты в качестве источника пищи продолжает ежегодно расти, этот факт связан не только с увеличением численности населения, но и с тем, что предпочтение все в большей мере отдается здоровой пище [4].

Однако значительно более высокой пищевой ценностью обладают другие морские гидробионты – крабы, кальмары, устрицы, омары (лобстеры) и т. д. Например, употребление всего шести устриц обеспечивает поступление половины повседневной потребности в йоде, кальции, фосфоре, в железе и меди. По всему миру устрицы продают лишь в одном виде – свежем. В России, за малым исключением, только в замороженном, а это значит, что есть их в сыром (размороженном) виде категорически нельзя. Сырыми устрицы едят только в день улова. Но и свежие устрицы таят в себе угрозу, в них зачастую проживают бактерии – близкие родственники холерного вибриона, при этом развивается гастроэнтерит, а у людей с нарушением работы печени вибрион попадает в кровотоки и вызывает тягчайший шок, что может привести к летальному исходу [5].

Наличие коварных бактерий в устрицах не определяется по их внешнему виду, поэтому, чтобы не рисковать, лучше всего потреблять устриц, прошедших термическую обработку, это касается и морской рыбы – в сыром виде она может содержать «родственников» холеры. В отличие от мидий и устриц в нашей стране добывается менее популярный моллюск – морской гребешок, по пищевой ценности он мало кому уступает, а некоторых аминокислот в нем гораздо больше, чем, например, в мясе рыб. В морском гребешке содержатся различные макро- и микроэлементы (натрий, калий, кальций, магний, сера, фосфор, железо, медь, марганец, цинк, йод и др.) и витамины (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>). В античные времена мясо и сок гребешка применялись как лекарство [5].

Весьма своеобразную форму имеют трепанги, похожие более на огурец, поэтому их иногда так и называют «морскими огурцами». Мясо трепанга содержит меньше белков, чем мясо устриц, мидий и морского гребешка, но в нем значительно больше минеральных веществ в виде хлористых и сернокислых солей, соединений фосфора, кальция, магния, йода, железа, марганца, меди. Трепанг содержит в тысячу раз больше соединений меди и соединений железа, чем рыба, в сто раз больше соединений йода, чем другие морские гидробионты, в десять тысяч раз больше йода, чем говядина, свинина и баранина. В трепангах содержатся витамины С, В<sub>12</sub>, тиамин и рибофлавин. Японские врачи прописывают переутомленным и ослабленным людям трепангов, которых в странах Дальнего Востока называют «морским женьшенем» [5].

Настоящей кладовой белковых веществ считаются кальмары и осьминоги. В их тканях много экстрактивных веществ, способствующих выделению пищеварительного сока и придающие своеобразный вкус кулинарным изделиям. По химическому составу мясо кальмаров и осьминогов отличается большим количеством воды и малым содержанием жира, в нём содержатся витамин С и витамины группы В, различные микроэлементы. Японцы и китайцы кальмаров употребляют в пищу в сыром, сушеном, маринованном, печеном и жареном виде, при этом едят даже глаза и присоски, высушенные на сковороде, по вкусу они напоминают орехи [5].

Десятиногие плавающие раки – креветки по своим вкусовым качествам среди подобных гидробионтов занимают второе место, уступив первенство лишь крабам. Мясо креветок, как и крабов – очень ценно из-за богатого содержания белка и минеральных элементов. Это настоящая белковая пища с малым содержанием жира. Особенно много в нем йода – почти в сто раз больше, чем в говядине. Мясо креветок содержит такие биоэлементы, как натрий, калий, кальций, магний, серу, фосфор, железо, алюминий, медь, цинк, марганец, свинец и другие (чуть ли не половина таблицы Менделеева). В химическом составе сырого мяса креветок содержится: 14,1–22% белков, 0,7–2,3% жиров, 0,3–4,9% углеводов, 1,5–7,2% минеральных веществ [5].

Белое или немного розоватое мясо акул приятно на вид, но вкус многих видов горьковато-сладкий, а содержащиеся в сочном мясе аммиак и триметиламин (бесцветный газ с запахом селедки) и придает ему специфический за-

пах. Поэтому в пищу можно употреблять лишь мясо, прошедшее сложную специальную обработку. Более приятный вкус у катрана, сельдевой, серой и черноперой акул. Остальные виды акул чаще всего используются только для выработки кормовой муки и экспорта, в качества «деликатеса», в Россию [5].

Ассортимент рыб в продаже велик, и вы можете встретить совершенно неведомые названия. Откуда знать, например, что снэк – очень костлявая рыба, что рыба-капитан – лучшая из горбылевых, что у меч-рыбы едят только лишь белое мясо, а не то, что по преимуществу возлежит на прилавках. Многие ли из покупателей знают, что анчоусы – это не овощи, а мелкая рыбка пряного посола? Экс-народная рыба пикша, хоть и принадлежит к тресковым (треска, навага, хек, шерлуза), но гораздо вкуснее, соответственно и дороже. Ее белое, плотное, пахнущее морем мясо нежнее, чем у трески. Совсем не случайно в последнее время, все тресковое семейство продается, по преимуществу, под псевдонимом – «пикша», соответственно и цифры на ценнике увеличены. Визуально в кусочках филе различить их невозможно, но в тушке не сложно – у пикши от головы до хвоста проходит черная линия, а у трески белая. Часто продают вместо палтуса дешевую рыбу-талисман. Цвет мяса у них абсолютно одинаковый, тем не менее, различить их просто – талисман рыба чешуйчатая, а палтус имеет гладкую кожу. Морской угорь, гораздо менее ценный, чем речной, но в продаже, в основном, встречаются именно морские угри без указания в ценниках его происхождения, также обстоят дела и с мясом мелких тунцов (макрелевым и пятнистым), которые по качеству уступают мясу крупных: у них консистенция более жесткая и окраска более темная – от бежевого до коричневого. Однако в продажу все виды поступают под общим названием «тунец» [5].

Некоторые морепродукты только маскируются под деликатесы, например, разве могут быть настоящими «крабовыми палочками» эти расслаивающиеся кусочки, подкрашенные чем-то красным? Стоит обратить внимание на мелкую надпись на упаковке – «сурими». Сурими – это рыбный фарш, изготовленный из «всего» рыбного. Далее в него добавляют вкусовые и ароматические добавки, смесь «сдабривается» красителями и деликатесное «крабовое мясо» готово. При этом изготовлением этого «деликатеса» увлекаются и гиганты рыбопереработки, и кустари-одиночки. Помимо массового «производства» крабов, изготавливается и другой «деликатес» – рыбная нарезка. Рентабельность сего «производства» впечатляет, но «технология» – удручает. Самое «невинное» мошенничество – это подмена дорогой рыбы дешевой. Многие ли способны навскидку отличить фасованную кету от горбуши или кижуча? Но чаще в вакуумные упаковки попадает рыбная нарезка второй-третьей «вакуумности», ранее успешно пережившая срок «обычной» реализации. Как тут не помянуть пресловутую осетрину второй свежести? Не случайно Госторгинспекция чаще всего бракует именно рыбную как наиболее скоропортящуюся нарезку, которую легко сгубить еще на стадии переработки, а не только при транспортировке и продаже [5].

Увидев на ценнике, например, развесной сельди «исландская», не спешите верить глазам своим, вполне возможно, что засаливали ее в соседнем ларьке или в подсобном помещении, там же, где и «кильку пряного посола». Если и «засолка» не помогла сбыть многострадальную рыбешку, то есть следующий этап «реализации», а, если быть точнее, утилизации – «Масло селедочное» крепкого посола с перцем, луком и другими специями, главное отбить не характерный съедобной селедке душок. У любой рыбы два слабых места: первое – при неправильном хранении в ней быстро размножаются бактерии; второе – подобно грибам, она склонна накапливать в себе тяжелые металлы и в первую очередь – ртуть. Ртутьорганические соединения (фунгициды) хорошо усваивается любым организмом (и человеком, и рыбой), связывается с белками, практически не выводится и постепенно накапливается, вызывая ртутное отравление, характерное тяжелейшими расстройствами психики по типу шизофрении. Чем моложе рыбка, тем меньше она успела накопить в себе фунгицидов [5].

А в хищной рыбе ртути и других опасных тяжелых металлов всегда больше, она является конечным звеном пищевой цепочки: ртуть накапливается в водорослях, их поедают травоядные рыбешки, а их в свою очередь едят хищники [6].

Не секрет, что состоянии наших рек и озер с каждым годом ухудшается, в последние годы в связи с закрытием ряда предприятий, экологическая ситуация несколько улучшилась, но все же еще далека от нормальной. И остался главный поставщик загрязнений – сток удобрений с полей и кислотные осадки. В иле ядовитые вещества могут годами сохраняться практически в неизменном виде. Кроме того, некоторые вещества обладают высокой химической активностью и, взаимодействуя между собой, образуют новые, зачастую более ядовитые соединения. Особую опасность вызывает накопленные «богатства» опасного пестицида – дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ). ДДТ является сильнейшим мутагеном и опасен для всего живого. Попадая в организм человека по пищевой цепочке, накапливается в жировой ткани, печени, почках и мозге. Сочетание с другими веществами усиливает его действие. Специалисты отмечают, что хотя это вещество и запрещено в 1970 году (в СССР), полное освобождение водоемов от этого тотального яда, а также от продуктов его распада – дихлордифенилэтилена (ДДЭ) – метаболита ДДТ, можно ожидать не ранее середины XXI века. В связи с этим по возможности следует избегать речную и озерную рыбу, а в пищу использовать морскую [5].

Издавна производители и торговцы искали дешевые способы консервации товаров. Огромные потери при перевозке и хранении скоропортящихся продуктов, в том числе рыбы – порой ввергали в большие убытки, а нерадивые фирмы ставили даже на грань банкротства. Кроме того, удержание неоправданно высоких цен на рынке, порой понуждают попридержать товар, создать искусственный дефицит и, как следствие, ажиотажный спрос на него. Ныне для «обработки» различных пищевых продуктов применяется гамма-излучение, а источником является радиоактивный кобальт-60 или цезий-137.

Дозу радиации можно сравнить по мощности с полутора миллионами рентгеновских снимков грудной клетки. В 80-х годах заинтересованным в «мирном атоме» оказался уже департамент энергетики США, которому попросту нужно было как-то избавляться от своих ядерных отходов. Департамент безвозмездно передал технологию облучения производителям продуктов питания и, более того, выдает им бесплатно свои отходы, в частности – цезий-137. Очень показательный факт, так как в России эти отходы только продают, как «готовый продукт», сделанный якобы по конверсионной технологии. Ныне облучают в Нидерландах и Норвегии – рыбу и другие морепродукты, по достоверным данным облучают продукты и во всех республиках бывшего СССР, в частности в России. Весь мир пришел к тому, что порядок применения изотопов для облучения в медицине и народном хозяйстве регулируется соответствующими законами, международными стандартами, регламентирующими дозы облучения. Применение изотопов получило очень большое развитие в Китае и в странах Тихоокеанского побережья, в Австралии, странах Южной Америки [5].

**Заключение.** Рыба – основа здорового питания, рекомендуемая врачами и диетологами. Но она в прямом смысле таит в себе много неприятных сюрпризов, зачастую оказываясь одним из самых токсичных продуктов.

Мы рекомендуем покупать рыбу, мясо, фрукты-овощи российского производства. Возможно, они и проигрывают по «внешнему виду» заморским продуктам, зато более ценны по качеству.

#### Литература

1. Тетдоев В. В. Выращивание тилапии в водоемах с различными экологическими условиями // Известия Оренбург. гос. агр. ун-та. 2009. № 3(23). С. 16–19.
2. Привезенцев Ю. А., Власов В. А. Рыбоводство. М.: Изд-во Мир, 2004. 456 с.
3. Привезенцев Ю. А. Интенсивное рыбоводство. М.: АО Агропромиздат, 1991. 368 с.
4. Лапин А. А., Зеленков В. Н., Бекузарова С. А., Калайда М. Л., Дементьев Д. С. Влияние инфракрасного облучения на антиоксидантную активность растительного сырья и адсорбированную в нем структурированную воду. Ч. 4. Особенности структурированной воды образцов клевера // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 51. № 7. С. 69–74 .
5. Ефремов О. В. Осторожно: вредные продукты! СПб.: «Изд-во Вектор», 160 с.
6. Лапин А. А., Потапов В. В., Калайда М. Л., Мурадов С. В., Зеленков В. Н. Очистка воды от загрязнений водными растениями // Бутлеровские сообщения. 2012. Т. 31. № 7. С. 85–92.

## ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

*С. Д. Борисова*

*Казанский государственный университет, svetlana-zag@bk.ru*

Численность городского населения земли из года в год растет. В промышленно развитых странах уже в середине XX века в городах проживало

более половины населения. По прогнозам к 2025 г. горожанами будут 8 из каждых 10 жителей. Кроме этого, намечается тенденция перемещения людей в крупные города с населением более 1 млн. чел., а эти города оказывают наиболее интенсивное давление на природу [1].

Имеются оценки, в соответствии с которыми именно недостаточное качество окружающей среды на 40–50% вызывает заболевания людей. Обследования, обработка, анализ большого статистического материала о потерях рабочего времени по болезни позволили ряду исследователей сделать вывод, что загрязнение воздуха на 43–45% повинно в ухудшении здоровья населения [2]. По мнению ученого П. Г. Олдака [1], около 95% всей патологии прямо или косвенно связано с окружающей средой. Пока четверть горожан страны живут в экологически неблагоприятной обстановке, связанной, прежде всего, с загрязнением воздушного бассейна городов и поселков городского типа; при этом 3% горожан живут в условиях чрезвычайно опасного уровня загрязнения природной среды.

Год от года все в большей мере именно антропогенные факторы и складывающееся под их влиянием качество окружающей природной среды определяют здоровье людей (рис.). Например, онкологические заболевания на 80% вызываются неблагоприятными факторами окружающей среды, порожденных главным образом не вполне разумной деятельностью человека. Снижение качества окружающей природной среды обострило проблему воспроизводства здорового генофонда человека.

Выделяют две формы здоровья населения – индивидуальное и популяционное. Индивидуальное здоровье – это здоровье конкретного человека, сохранение и развитие его биологических, физиологических и психических функций, трудоспособности, социальной активности при наибольшей продолжительности активной жизни. Популяционное здоровье – это здоровье различных демографических групп, различных социально-профессиональных групп населения.

Характеризуя состояние здоровья людей, приводят данные об общей и детской заболеваемости, ожидаемой продолжительности жизни при рождении, общей и детской смертности, показатели по основным классам причин смерти, заболеваемости населения по основным классам болезней, первичной инвалидности (от всех причин) и др. Показатели приводят в динамике, в абсолютном и относительном (на 100 тыс., на 10 тыс. и т.п.) выражении для всего населения в целом, по возрастным группам, для мужчин и женщин, для разных социально-профессиональных групп населения, для разных регионов и районов страны.

## Природные и антропогенные факторы, определяющие здоровье человека



Рис. Основные факторы, влияющие на здоровье человека

Оценку влияния окружающей среды на здоровье населения в нашей стране осуществляет санитарно-эпидемиологическая служба, в том числе органы и учреждения госсанэпиднадзора. Законодательной основой их деятельности является Закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

В последние десятилетия в крупных городах люди испытывают большие нервные перенапряжения, и, как следствие, возникают неврозы.

На 1-м месте по числу заболеваний в городе сердечно-сосудистые заболевания, вызывающие более 2/3 всех смертей среди горожан. Люди здесь чаще болеют гипертонической болезнью, инфарктом миокарда, а 87–88% от всего числа умерших от сердечно-сосудистых заболеваний страдали ишемической болезнью сердца и сосудистыми поражениями мозга.

На 2-м месте стоят злокачественные опухоли (раковые заболевания). Особенно четко прослеживается возрастание рака легких в крупных промышленных центрах. У детей из онкологических заболеваний все чаще встречается рак крови. Результат промышленного прогресса – производство многих ядовитых для человека химических веществ, радиоактивных веществ оказывает сильное давление на нашу генетическую сферу огромным прессом различного рода мутагенов и канцерогенов.

В городах с мощной химической, машиностроительной и угольной промышленностью пороки внутриутробного развития занимают 3-е место в

структуре заболеваемости и 2-е место в структуре смертности. Средняя частота пороков развития у новорожденных в таких городах равна 18,6% .

В крупных городах жители в 4–5 раз чаще болеют респираторными заболеваниями, воспалением легких, чем в малых городах.

От кожных заболеваний страдают в 9 раз чаще в городе, чем на селе. Для горожан больше характерно ожирение – результат малоподвижного образа жизни и питания высококалорийными продуктами.

Продолжительность жизни тучных людей на 7–10 лет меньше, чем у людей с нормальным весом. У тучных женщин 30–39 лет смертность на 89% выше, чем у женщин с нормальным весом в той же возрастной группе.

90% жителей городов страдают кариесом в основном из-за плохого качества питьевой воды и недостатка фтора. Горожане, как правило, больше смотрят телевизоры, видеомэагнитофоны, работают с компьютерами, чем жители сельской местности, поэтому у них усиливаются болезни глаз [1–3].

Еще один фактор воздействия – электромагнитное загрязнение среды в городах, вызванное мощными радиостанциями, электробытовой техникой, большой протяженностью и разветвленностью высоковольтных линий электропередачи, электроподстанций, трансформаторных станций и т.д., что способствует заболеваниям мозга.

Города стали увеличиваться не только вширь, но и вглубь, и в высоту, что делает положение человека не совсем обычным, противоречит его врожденным задаткам. Все больше появляется людей с боязнью замкнутых пространств – клаустрофобией. Она часто связана с пребыванием в метро в течение долгого времени [3].

Высота зданий в Москве достигает уже 240 м (МГУ), а небоскребы США – более 400 м. Человек среди таких домов чувствует себя как в глубоком ущелье, что вызывает чувство подавленности. Другая причина кроется в однообразии, стереотипности домов, унылый вид которых, рябь в глазах от повторяющихся элементов архитектурных композиций гнетуще действует и на взрослых, травмирует психику детей, тормозит их интеллектуальное развитие. В последнее время специалисты все больше высказываются за 4-этажные жилые дома. Такие постройки более экологичны и выгодны с социальной точки зрения.

Таким образом, ухудшение качества окружающей среды определяет изменение показателей состояния здоровья городского населения.

#### Литература

1. Экология: Учебное пособие / Под ред. В. В. Денисова. Серия «Учебный курс». Ростов н/Д: Издательский центр МарТ, 2002. 356 с.
2. Эколого-экономические проблемы России и ее регионов / Под общей ред. В. Г. Глушковой, А. Т. Шевченко. М.: Московский Лицей, 2002. 178 с.
3. Калайда М. Л. Лабораторный практикум по курсу «Социальная экология». Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2003. 43 с.

## ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ЛИЦЕИСТОВ

*З. П. Макаренко, В. А. Русанова, О. В. Русакова*

*Кировское областное государственное общеобразовательное автономное учреждение «Лицей естественных наук», xbl-klen@mail.ru*

Экологическая культура – часть общечеловеческой культуры, система социальных отношений, общественных и индивидуальных морально-этических норм, взглядов, установок и ценностей, касающихся взаимоотношения человека и природы, гармоничность сосуществования человеческого общества и окружающей природной среды; целостный коадаптивный механизм человека и природы, реализующийся через отношение человеческого общества к окружающей природной среде и к экологическим проблемам в целом. Деятельность по формированию экологической культуры называется «экологическим просвещением». Такая деятельность складывается из распространения экологических знаний, а также воспитания бережного отношения к окружающей среде и рационального использования природных ресурсов [1–3].

Экологическая культура учащихся в лицее формируется во время учебного процесса и внеклассной деятельности во время предметных недель экологии, химии, биологии и географии, исследовательской деятельности, научных экспедиций, походов и экскурсий, экологического туризма, работы экологического театра, экологических игр для 4–6-х классов, лагеря «Зеленый мир» для 5–8-х классов, сотрудничества с вузами и организациями г. Кирова, Российского движения школьников, издательской деятельности лицея.

Новизна проекта в том, что представлены разнообразные формы экологического воспитания как во время учебного процесса, так и во внеклассное время.

Практическая значимость проекта – высокий уровень экологической культуры учащихся лицея, достигаемый при использовании разнообразных форм экологического воспитания.

Инновационное учреждение Лицей естественных наук, выполняя каждый учебный год проект, получает высокие результаты при формировании экологической культуры учащихся: в рабочих программах предметов естественно-научного цикла выделено 52 темы, связанные с предметом экология; проведено 46 научных экспедиций; подготовлено 765 научно-исследовательских работ, при защите которых на конференциях, конкурсах, выставках различного уровня получено 2084 призовых места (рис. 1, 2). 46 выпускников лицея поступили, учатся и защитили дипломы на кафедре «Промышленная экология» факультета «Энергетическое машиностроение» МГТУ им. Н. Э. Баумана. Более 300 выпускников лицея являлись и являются студентами факультетов с экологической направленностью: МГУ им. М. В. Ломоносова, РХТУ им. Д. И. Менделеева, Академии тонкого органического синтеза г. Москвы, Нижегородского госуниверситета, Пермской фармацевтической академии, вузов г. Кирова: ВятГУ, КГМА, ВГСХА. 16 выпускников

защитили кандидатские диссертации. Выпускники лицея работают в областном Краеведческом музее, ВНИИОЗе, «Водоканале», Министерстве экологии и природопользования Кировской области, преподают экологию в школах. Ежегодно более 300 учащихся лицея выбирают экологический отдых: лицей активно сотрудничает с музеями г. Кирова, 10 лет в лицее работает экологический лагерь «Зеленый мир»; лицей 14 лет является региональной площадкой ООДЭД «Зеленая планета»; в 2010 г. в лицее создан экологический театр, в репертуаре которого имеется 5 спектаклей с экологической направленностью; все спектакли на областном конкурсе «Экология и театр» защищены дипломами первой степени, а также Всероссийскими дипломами ООДЭД «Зеленая планета». 22 года в лицее работает литературно-экологический лагерь «У Люкоморья». С 2016 г. одна из 10 федеральных «пилотных» площадок Общероссийской организации «Российское движение школьников»; более 20 лет в лицее выпускается газета «КЛЕНОВЫЕ ЛИСТЬЯ» и вкладыши в газету «Эко Око». Издано 20 сборников тезисов научно-исследовательских работ учащихся, три экопаспорта г. Кирова, Рекомендации по составлению экопаспорта населенного пункта, сборники творческих работ учащихся лицея. Лицей 20 раз становился победителем областного конкурса среди образовательных учреждений по экологической и природоохранной деятельности.

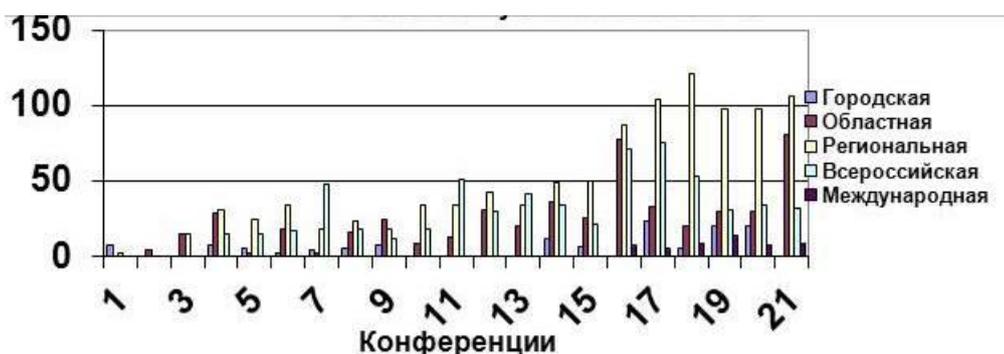


Рис. 1. Диаграмма количества участников конференции с 1994–1995 уч. г. по 2016–2017 гг.

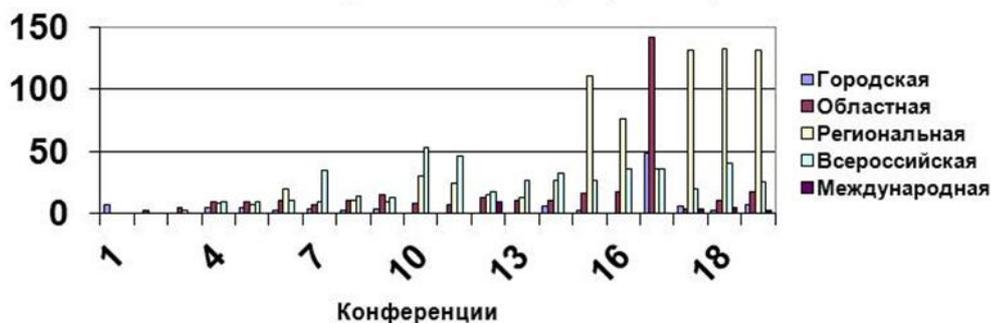


Рис. 2. Диаграмма количества дипломов, полученных на конференциях разного уровня с 1994–1995 уч. г. по 2016–2017 уч. г. (с 1 по 22)

Анкетирование учащихся по разработанным тестам показывает 100% экологическую воспитанность учащихся лицея.

## Литература

1. Дюба Н. М. Формирование экологической культуры учащихся <http://xn--i1abbnckbmc>
2. Моисеев, Н. Н. Экологическое образование и экологизация образования / Н. Н. Моисеев // Биология в школе. 1996. № 3. С. 29–32.
3. Орлов, А. Б. Психология личности и сущности человека: Парадигмы, проекции, практики: Учеб. пособие для студ. психол. фак. вузов / А. Б. Орлов. М.: Издательский центр «Академия», 2002. 272 с.

## РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ МОЛОДЕЖИ О ЗДОРОВОМ ОБРАЗЕ ЖИЗНИ

*Н. А. Кошкина*

*Вятский государственный университет, natalya-koshkina03@mail.ru*

Здоровый образ жизни во все времена был актуальной темой для обсуждения. Укрепление здоровья и формирование здорового образа жизни современной молодежи находится в центре внимания многих современных наук о человеке. Социальный заказ общества ориентирован на выпускника современного образовательного учреждения, обладающего необходимым опытом ведения здорового образа жизни [1, 2, 3].

В настоящее время образовательные учреждения активно включаются в решение проблемы формирования ценностного отношения к здоровому образу жизни у студентов посредством обновления соответствующих форм, методов и средств [1, 3, 4].

Общеизвестно, что вопросам отношения современной молодежи к здоровому образу жизни и влиянию социально-психологических факторов на него посвящены многочисленные исследования психологов, педагогов, философов, социологов, физиологов: И. С. Бериташвили, Н. А. Берштейн, В. М. Бехтерев, С. П. Боткин, В. И. Слободчиков, Е. И. Исаев, Н. А. Менчинская, Н. А. Шулик, А. К. Осницкий, И. С. Якиманская и др. [5, 6].

Кроме того, сохранение здоровья молодых граждан является важнейшей государственной задачей общества, от решения которой зависит здоровье последующих поколений. Однако в настоящее время в рамках потребительского стереотипа поведения российской молодежи здоровье, как ценностная категория, не рассматривается в числе жизненных приоритетов. По мнению многих авторов, здоровый образ жизни является наиболее значимым фактором первичной профилактики наиболее распространенных заболеваний современного человека, актуальных и для студентов вузов. Это весьма важно, так как нередко студенты вузов при возникновении у них симптомов отклонений в деятельности функциональных систем организма не могут дать им правильную оценку, следствием чего являются либо пессимистические представления о состоянии своего здоровья, либо беспечная потеря времени, необходимого для своевременной диагностики и лечения заболевания [2, 4, 7].

С целью выявления отношения студенческой молодежи к здоровому образу жизни среди студентов-юношей 2-го курса педагогического института факультета физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Вятского государственного университета» проводили социологический опрос на тему «Отношение студентов к формированию здорового образа жизни». Средний возраст опрошенных составил 19 лет. Общее количество анкетированных – 40 человек.

При составлении анкеты мы опирались на публикации авторов, занимающихся исследованиями в сфере проблем образа жизни человека и его здоровья (работы Т. Банчуковой, С. Дерябо, Л. Тупицына, В. Ясвина). Анкеты содержали вопросы, определяющие общие представления и влияние социально-психологических факторов на отношение студентов к ведению здорового образа жизни.

Полученная в результате опроса информация поможет студентам более адекватно оценивать свои переживания и принимать верные в отношении здорового образа жизни решения.

В связи с выше сказанным, данное исследование на сегодняшний день является актуальным.

В результате социологического опроса выявлено, что 70% студентов выросли в сельской местности и лишь 30% в небольшом городе.

По данным анкетирования, 60% молодых людей имеют склонности к вредным привычкам, при этом 40% респондентов не имеют данных привычек.

На вопрос о том «Как вы проводите свое свободное время?» ответы распределились следующим образом: 30% студентов предпочитают «гулять с друзьями», «заниматься спортом» считают важным также 30% респондентов, при этом 40% опрошенных предпочитают «сидеть дома» и «не имеют свободного времени» (рис. 1).



Рис. 1. Как вы проводите свое свободное время?

При выявлении отношения респондентов к соблюдению правильного режима питания установлено, что 80% (большая часть) старается соблюдать правильный режим питания, при этом 20%, как выяснилось, не уделяют данному вопросу должного внимания.

Как и в отношении питания, основная масса студентов (70%) не считает важным уделять время утренней зарядке, что говорит о недостаточной агита-

ционно-пропагандистской работе в учебных заведениях по данному направлению.

На вопрос «Занимались ли Вы когда-нибудь каким-либо видом спорта, посещали спортивную секцию?» все из числа опрошенных ответили утвердительно. Среди наиболее интересных и часто встречаемых видов спорта у юношей – различные виды борьбы, баскетбол, волейбол, футбол, некоторые предпочитают заниматься и тяжелой атлетикой.

На рисунке 2 представлены результаты посещаемости занятий спортом среди студентов. Как показывает диаграмма, 60% опрошенных занимались спортом «вчера», остальные 40% – «неделю назад» и «месяц назад». Это говорит о том, что основная масса учащихся старается уделять должное внимание регулярным физическим нагрузкам (рис. 2).

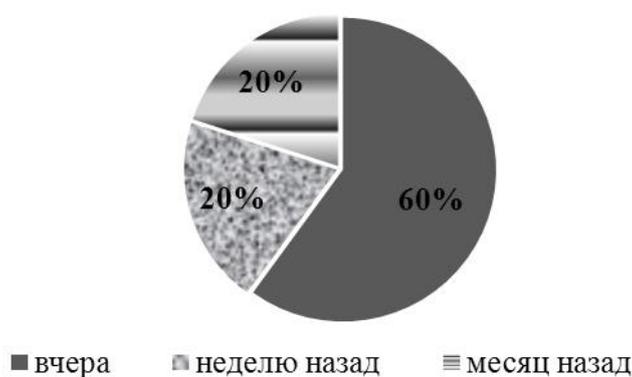


Рис. 2. Когда вы в последний раз занимались спортом?

Согласно современным представлениям [4], здоровый образ жизни – это типичные формы и способы повседневной жизнедеятельности человека, укрепляющие и совершенствующие адаптационные (приспособительные) и резервные возможности организма, что обеспечивает успешное выполнение социальных и профессиональных функций. Основная масса респондентов (80%) согласна с данным утверждением и считает, что «здоровый образ жизни способствует успеху в других сферах человеческой деятельности». Остальные 20% затрудняются ответить на данный вопрос.

На вопрос «Можете ли вы себе позволить посещение различных спортивных секций, залов, бассейна?» мнения разделились. 60% респондентов ответили «могут регулярно посещать», у 10% опрошенных «не хватает времени», 30% юношей не может позволить посещение ввиду отсутствия материальных средств.

Подавляющее большинство студентов (70%) считает, что соблюдение здорового образа жизни является важной составляющей жизни современного человека и характеризует этот критерий как «это здорово». При этом 30% опрошенных считают, что «иногда следует соблюдать» (рис. 3).

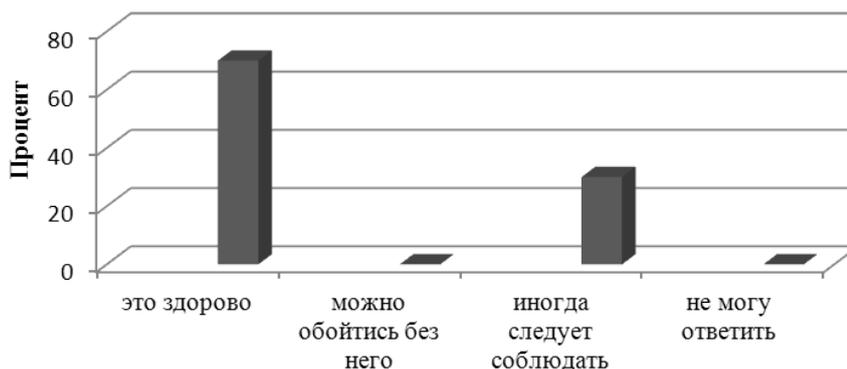


Рис. 3. Личное отношение студентов к здоровому образу жизни

По результатам анкетирования, на вопрос «Какое количество денег вы тратите на приобретение витаминов, полезных продуктов питания (фрукты, овощи и т.д.)» мнения респондентов разделились: 50% студентов тратят достаточно средств, остальные 50% не уделяют достаточно внимания на приобретение полезных продуктов питания.

Исходя из выше изложенных результатов анкетирования, респонденты уделяют не достаточно внимания здоровому образу жизни и занятиям спортом. Однако, на вопрос «Для поднятия жизненного тонуса необходимо...» основная масса (100%) первостепенным критерием считает «занятие спортом», на втором месте «соблюдение режима дня» – 90% опрошенных, а также «постоянные прогулки на природе» – 70%. Это свидетельствует о том, что студенты осознают значимость и важность ведения здорового образа жизни.

Проведённое социологическое исследование выявило достаточно хорошую степень информированности студентов образовательного учреждения о критериях здорового образа жизни. При этом отмечается низкая вовлеченность учащихся в процесс поддержания здоровья и здорового образа жизни. Это свидетельствует о недостаточно сознательном отношении студентов к своему здоровью и мотивации к здоровому образу жизни, низкий уровень ответственности за собственное здоровье.

Таким образом, ориентирование молодых людей на здоровый образ жизни в процессе вузовского образования и профессионального становления должно быть основано на целенаправленных действиях по информированию студентов о здоровом образе жизни как профессионально-личностной ценности; по обогащению их опыта здорового образа жизни в профессиональном и личностном контексте.

### Литература

1. Агаджанян Н. А. Здоровье студентов: Монография. М.: Изд-во РУДН, 1997. 199 с.
2. Кантор В. З., Марат Б. А. Руководство к действию // Вестник герценовского университета. 2009. № 4. С. 65–69.
3. Плаксина О. Л. Проблема формирования ценностного отношения студентов университета к здоровому образу жизни // Сибирский педагогический журнал. 2007. № 13. С. 391–396.

4. Латкин В. В., Рудеева Т. В., Скибицкий А. В. Основные принципы здорового образа жизни студентов. Краснодар, 2009. 120 с.
5. Орешкина И. Р. Проблема формирования у детей опыта ведения здорового образа жизни // Вектор науки ТГУ. 2012. № 4(11). С. 213–215.
6. Ошкина А. А. Формирование основ здорового образа жизни у старших дошкольников: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2009. 25 с.
7. Быкова Н. Г. Формирование культуры здорового образа жизни детей старшего дошкольного возраста в дошкольном образовательном учреждении открытого типа: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. Ставрополь, 2005. 30 с.

## **ГИСТАМИНОРЕАКТИВНОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН И РОЖЕНИЦ, ОПРЕДЕЛЯЕМАЯ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ВРЕМЕНИ НАЧАЛА АГГЛЮТИНАЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ И ПО СКОРОСТИ ИХ ОСЕДАНИЯ**

*Е. Г. Шушканова, Л. В. Чистякова, М. В. Бышева, Е. Э. Душина  
Вятский государственный университет, luba-chistiakova@mail.ru*

Известно, что существует 4 разновидности гистаминовых рецепторов –  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  и  $H_4$ , относящиеся к семейству рецепторов, ассоциированных с G-белком [1–4]. Гистаминовые рецепторы есть и в эритроцитах [2–4], в том числе  $H_2$ -[2, 3] и  $H_4$ -рецепторы [3]. Известно [1], что гистамин (Гис) подобно окситоцину и серотонину, усиливает сократительную активность миометрия беременных и рожаящих женщин, особенно, если миометрий получен накануне или во время родов. Это позволяет рассматривать Гис в качестве участника системы регуляции сократительной деятельности матки (СДМ) беременных и рожаящих женщин, в том числе как участника индукции родовой деятельности [1]. Полагая, что эритроциты могут быть индикаторами состояния системы регуляции СДМ [5], в работе была поставлена цель изучить гистаминореактивность эритроцитов беременных женщин (I, II и III триместры) рожениц (I период родов) и женщин с угрозой преждевременных родов (УПР), а также влияние на нее водорастворимого аналога прогестерона препарата дидрогестерона.

В серии 1 исследовали влияние Гис ( $10^{-8}$ - $10^{-4}$  г/мл), дидрогестерона ( $10^{-8}$ - $10^{-4}$  г/мл) и смеси Гис ( $10^{-8}$ - $10^{-4}$  г/мл) с дидрогестероном ( $10^{-6}$  г/мл) на время начала агглютинации (ВНА) эритроцитов гепаринизированной венозной крови беременных и рожениц. Агглютинацию индуцировали фитогемагглютинином (ФГА), содержащемся в солевом экстракте фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L). В серия 2 оценивали влияние указанных веществ на скорость оседания эритроцитов (СОЭ) гепаринизированной венозной крови этих женщин. Семена фасоли обыкновенной, приобретенные в торговой сети Кирова, подвергали измельчению, затем согласно методике [6, 7], из них готовили солевой экстракт ФГА. Конкретная реализация исследования была описана ранее [6, 7]. СОЭ гепаринизированной венозной крови определяли методом Панченкова в нашей модификации [8]. Гистамино- и дидрогестеро-

нозависимую СОЭ оценивали по принципу, предложенному Гусевой Е.В. и соавторами [9] в нашей модификации [8]. В обеих сериях, проводимых, как правило, параллельно, кровь исследовали в пределах 2–12 часов от момента ее получения. Забор крови (по 6 мл) проводился медицинским работником с личного согласия исследуемых в вакуумные пробирки с Na-гепарином («Ningbo Greetmed Medical Instruments Co., Ltd.», Китай) в женской консультации № 9 г. Кирова и в Кировском областном клиническом перинатальном центре. В работе использовали гистамин, 97% (Acros organics, USA), водорастворимый аналог прогестерона дидрогестерон («Дюфастон»; Abbott, Нидерланды), цетиризин (препарат Цетрин, «Д-р Редди'с Лабораторис Лтд», Индия) и фамотидин (ООО «Озон», Россия). Раствор Кребса содержал (мМ): NaCl – 136; KCl – 4,7; CaCl<sub>2</sub> – 2,52; MgCl<sub>2</sub> – 1,2; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 0,6; NaHCO<sub>3</sub> – 4,7; C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> – 11 (pH = 7,4). Результаты исследования, в том числе их различия оценивали методами непараметрической статистики [10], используя для зависимых выборок критерий Уилкоксона, а для независимых – критерий Мана-Уитни, считая различия статистически значимыми (\*) при p < 0,05. Результаты представлены в виде медианы, 25 и 75 центилей.

**1. Фоновые значения ВНА и СОЭ.** Показано (табл., разделы 1.1 и 1.2.) что при беременности возрастают фоновые значения ВНА<sub>ФГА</sub> и СОЭ. Это говорит о снижении скорости иммунных взаимодействий и о повышении агрегационной способности эритроцитов при беременности

**2. Влияние гистамина на ВНА и СОЭ.** Показано (табл., разделы 2.1 и 2.2), что Гис не влияет на ВНА у беременных (I и III тр.) и у рожениц, но в концентрациях 10<sup>-8</sup>, 10<sup>-7</sup>, 10<sup>-6</sup> и 10<sup>-5</sup> г/мл статистически значимо повышает ВНА у беременных (II тр.) и у женщин с УПР. Гис не влиял на СОЭ у беременных (I, II и III тр.), но статистически значимо уменьшал СОЭ у рожениц (Гис 10<sup>-8</sup>, 10<sup>-7</sup> г/мл) и у женщин с УПР (Гис, 10<sup>-8</sup> г/мл). Таким образом, оба теста показали, что эритроциты беременных женщин в I тр. и в III тр. рефрактерны к Гис, но чувствительны к нему у женщин с УПР. Таким образом, оба теста показали, что при УПР эритроциты приобретают чувствительность к гистамину. Данные в отношении эритроцитов беременных женщин (II тр.) оказались неоднозначными (по ВНА-тесту эритроциты чувствительны к Гис, по СОЭ-тесту – рефрактерны). Неоднозначны данные и в отношении рожениц (по ВНА-тесту эритроциты рефрактерны к Гис, по СОЭ-тесту – они чувствительны к Гис). Как уже отмечалось выше [1], у женщин чувствительность миоциты к гистамину как утеростимулятору появляется во 2-й половине беременности и достигает максимума в родах. С этих позиций, вероятно, СОЭ-тест в большей степени отражает изменение системы «гистамин-гистаминовые рецепторы» в миоцитах матки, чем ВНА-тест.

**3. Влияние дидрогестерона (10<sup>-9</sup>-10<sup>-6</sup> г/мл) на ВНА и СОЭ.** Показано (табл., разделы 3.1 и 3.2), что дидрогестерон не влияет на ВНА эритроцитов беременных (I, III тр.) и женщин с УПР, но повышает ВНА у беременных в II тр. (10<sup>-9</sup> г/мл) и у рожениц (10<sup>-9</sup>, 10<sup>-8</sup>, 10<sup>-7</sup> и 10<sup>-6</sup> г/мл). Таким образом, выявлено повышение чувствительности эритроцитов к негеномному действию ди-

дидрогестерона во II тр. беременности и в родах. При выполнении СОЭ-теста, в котором дидрогестерон применялся лишь в концентрации  $10^{-6}$  г/мл, показано, что он негеномно снижает СОЭ у беременных (I и II тр.) и у женщин с УПР, но не изменяет СОЭ у беременных (III тр.) и у рожениц. Таким образом, ВНА-тест и СОЭ-тест дали совпадающие результаты лишь в отношении беременных женщин (III тр.) – у этих женщин эритроциты были рефрактерны к дидрогестерону, в остальных четырех группах результаты были неоднозначны, особенно это касается женщин с УПР (по ВНА-тесту эритроциты рефрактерны к дидрогестерону, по СОЭ-тесту – чувствительны к нему) и рожениц (по ВНА тесту эритроциты очень чувствительны к дидрогестерону, а по СОЭ-тесту – рефрактерны).

**4. Совместное влияние гистамина ( $10^{-8}$ - $10^{-5}$  г/мл) и дидрогестерона ( $10^{-6}$  г/мл) на ВНА и СОЭ.** Показано (табл., разделы 4.1 и 4.2), что смесь Гис и дидрогестерона не влияет на ВНА у беременных (I тр.), рожениц и при УПР, но повышает ВНА у беременных (II тр. и III тр.). При этом установлено что дидрогестерон снижает гистаминореактивность эритроцитов беременных женщин (II тр. и III тр.) и у женщин с УПР. При выполнении СОЭ-теста отмечено, что смесь Гис и дидрогестерона снижает СОЭ у беременных (III тр.) и у рожениц и не влияет в остальных группах. При этом выявлено, что дидрогестерон повышает гистаминореактивность эритроцитов беременных (III тр.), рожениц и женщин с УПР. Таким образом, ВНА-тест и СОЭ-тест дали неоднозначные результаты в отношении негеномного (т.е. без участия ядерных рецепторов) эффекта дидрогестерона – согласно ВНА-тесту, дидрогестерон снижает гистаминореактивность (беременные II тр. и III тр, УПР), а согласно СОЭ-тесту –наоборот, он повышает гистаминореактивность эритроцитов (III тр, роженицы, УПР). Такая противоречивость результатов указывает на сложные взаимоотношения между прогестероном и гистаминореактивностью. Действительно, анализ результатов СОЭ-теста показал, что реакция эритроцитов на Гис зависит от эффекта дидрогестерона – если сам по себе дидрогестерон снижает СОЭ, то Гис в низких ( $10^{-8}$  и  $10^{-7}$  г/мл) концентрациях также снижает СОЭ, в том числе в присутствии дидрогестерона. Если же исходно эритроциты не отвечают на дидрогестерон, то и Гис, независимо от его концентрации не влияет на СОЭ. Однако в этом случае дидрогестерон повышает гистаминореактивность, т.е. увеличивает способность Гис снижать СОЭ. Все это указывает на необходимость дальнейшего изучения негеномного влияния дидрогестерона на гистаминореактивность.

Таблица

**Параметры, характеризующие состояние эритроцитов беременных женщин, рожениц и женщин с угрозой преждевременных родов (УПР) – по данным ВНА- и СОЭ- тестов**

Группы исследуемых				
1	2	3	4	5
Беременные, I триместр, 6-12 недель, n=10	Беременные, II триместр, 13-24 недель, n=10	Беременные, III триместр, 28-37 недель, n=10	Беременные с УПР (II-II тр.), n=10 (для СОЭ - n=5)	Роженицы, I период родов, 38-41 недель, n=10 (для СОЭ - n=7)
<b>1.1. Фоновое время начала агглютинации, индуцируемой ФГАф (два ряда исследований), с</b>				
23 (17;44)	23 (17;31)	32 (23;57) <sup>2</sup>	28 (24;53) <sup>2</sup>	16 (16;22)
26 (19, 43)	23 (18; 27)	31 (25; 55) <sup>1</sup>	30 (23; 66) <sup>1</sup>	20 (16; 24) <sup>3</sup>
<b>1.2. Фоновая скорость оседания эритроцитов, мм/час</b>				
18 (12; 40)	45 (34; 58) <sup>1</sup>	48 (31; 62) <sup>1</sup>	44 (43; 59) <sup>1,2</sup>	35 (34; 57)
<b>2.1. Изменение ВНА<sub>ФГАф</sub> под влиянием гистамина (10<sup>-8</sup>-10<sup>-5</sup> г/мл, Гис).</b>				
Нет изменений ВНА	▲ - Гис- 8,-7,-6,-5	Нет изменений ВНА	▲ - Гис- 8,-7,-6,-5	Нет изменений ВНА
<b>2.2. Изменение СОЭ под влиянием гистамина (10<sup>-8</sup>-10<sup>-5</sup> г/мл, Гис).</b>				
Нет изменений СОЭ	Нет изменений СОЭ	Нет изменений СОЭ	▼ Гис-8	▼ Гис- 8,-7
<b>3.1. Изменение ВНА под влиянием дидрогестерона (10<sup>-9</sup>-10<sup>-6</sup> г/мл, Дид).</b>				
Нет изменений ВНА	▲ Дид - 9	Нет изменений ВНА	Нет изменений ВНА	▲ Дид -9, -8,-7,-6
<b>3.2. Изменение СОЭ под влиянием дидрогестерона (10<sup>-6</sup> г/мл, Дид).</b>				
▼ - Дид- 6	▼ Дид-6	Нет изменений ВНА	▼ Дид-6	Нет изменений ВНА
<b>4.1. Изменение ВНА под влиянием смеси гистамина (10<sup>-8</sup>-10<sup>-5</sup> г/мл, Гис) и дидрогестерона (10<sup>-6</sup> г/мл).</b>				
Нет изменений ВНА	▲ Гис-6,-5	▲ Гис-8,-7, -6	Нет изменений ВНА	Нет изменений ВНА
<b>Изменение способности гистамина (Гис) повышать ВНА под влиянием дидрогестерона (10<sup>-6</sup> г/мл)</b>				
Нет изменений	▼ Гис-8	▼ Гис-5	▼ Гис- 8,-7,-6,-5	Нет изменений
<b>4.2. Изменение СОЭ под влиянием смеси гистамина (10<sup>-8</sup>-10<sup>-5</sup> г/мл, Гис) и дидрогестерона (10<sup>-6</sup> г/мл)</b>				
Нет изменений СОЭ	Нет изменений СОЭ	▼ Гис – 8	Нет изменений СОЭ	▼ Гис– 8
<b>4.3. Изменение способности гистамина снижать СОЭ под влиянием дидрогестерона (10<sup>-6</sup> г/мл)</b>				
-	-	▲ Гис-8	▼ Гис-7	▼ Гис-8

Примечание \* – различие с фоновой СОЭ статистически значимо (p<0,05) по критерию Уилкоксона. <sup>1, 2</sup> – соответственно различие с эффектом в I и II триместрах статистически значимо (p<0.05) по критерию Мана-Уитни. ▼ – снижение показателя, ▲ – повышение показателя.

**5. Влияние блокаторов гистаминовых рецепторов на эффект гистамина.** В опытах с блокатором  $H_1$ -рецепторов цетиризином и блокатором  $H_2$ -рецепторов фамотидином показано, что повышение ВНА под влиянием Гис происходит преимущественно при активации  $H_2$ -рецепторов и в меньшей степени -при активации  $H_1$ -рецепторов, а снижение СОЭ под влиянием Гис, скорее всего, обусловлено активацией  $H_4$  –рецепторов, так как блокада  $H_1$ - и  $H_2$ -рецепторов не препятствует, а даже усиливает способность Гис снижать СОЭ. Можно предположить, что участие различных гистаминовых рецепторов ( $H_1$ - и  $H_2$  –рецепторов в ВНА-тесте, и  $H_4$  –в СОЭ-тесте) в реакции эритроцитов на Гис. объясняет неоднозначность оценки гистаминореактивности эритроцитов при использовании ВНА- и СОЭ-тестов и дает основание полагать, что динамика эффективности активации гистаминовых рецепторов при беременности зависит от вида рецептора. В тоже время результаты исследования не противоречат представлению [5] о том, что эритроциты являются индикаторами состояния системы регуляции СДМ беременных и рожаящих женщин.

**Выводы.** 1) Эритроциты беременных женщин и рожениц содержат несколько видов гистаминовых рецепторов, в том числе  $H_1$ - и  $H_2$ -рецепторы (они выявляются в ВНА-тесте) и, возможно,  $H_4$ -рецепторы (выявляются преимущественно в СОЭ-тесте).

2) Гистаминореактивность эритроцитов женщин изменяется при беременности, в родах и при УПР, а характер этих изменений зависит от способа ее определения ( ВНА-тест, СОЭ-тест).

3) Дидрогестерон как воднорастворимый аналог прогестерона способен негеномно влиять на гистаминореактивность – снижать ее (ВНА-тест) или наоборот, повышать (СОЭ-тест), что, вероятно, обусловлено его разным влиянием на экспрессированные в эритроцитах гистаминовые рецепторы.

#### Литература

1. Циркин В. И., Дворянский С. А Сократительная деятельность матки (механизмы регуляции). Киров, 1998. 270 с.
2. Mozdarani H. Radioprotective properties of histamine H2 receptor antagonists: present and future prospects. J Radiat Res. 2003. V. 44. № 2. P.145–149. [PMID: 13678344]
3. Wagner M. C., Eckman J. R., Wick T. M. Histamine increases sickle erythrocyte adherence to endothelium. Br J Haematol. 2006. V. 132. № 4. P. 512–522. [PMID: 16412024 DOI: 10.1111/j.1365-2141.2005.05880.x]
4. Signoretto E, Castagna M, Al Mamun Bhuyan A, Lang F. Stimulating Effect of terfenadine on erythrocyte cell membrane scrambling. Cell Physiol Biochem. 2016. V. 38, № 4. P. 1425–1434. [PMID: 27035465 DOI: 10.1159/000443085]
5. Циркин В. И., Ноздрачев А. Д., Анисимов К. Ю., Дмитриева С. Л., Братухина О. А., Хлыбова С. В. Фоновые и БАВ-вызванные изменения функционального состояния эритроцитов у женщин как индикаторы угрозы преждевременных родов (часть 3) // Журнал мед.-биол. исследований. 2017. Т. 5. № 3. С. 56–69. [DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.56].
6. Циркин В. И., Марьина А. В., Костяев А. А., Братухина О. А., Дмитриева С. Л. Фоновое время начала агглютинации эритроцитов человека в зависимости от индуктора

агглютинации и этапа репродуктивного процесса у женщин // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 1917. Т. 103. № 4. С. 468–480.

7. Циркин В. И., Марьина А. В., Костяев А. А., Братухина О. А., Дмитриева С. Л., Черепанова Т. В., Безмельцева О. М. Адреналин-модулированное время начала агглютинации эритроцитов человека в зависимости от индуктора агглютинации, пола и этапа репродуктивного процесса у женщин // Медицинский альманах. 2016. № 5 (45). С. 67–71.

8. Бушкова Е. Н., Душина Е. Э., Марьина А. В., Циркин В. И., Анисимов К. Ю., Шушканова Е. Г., Братухина О. А. Изменение скорости оседания эритроцитов гепаринизированной венозной крови беременных женщин под влиянием окситоцина, атозибана и дидрогестерона // Медицинский альманах. 2016. № 5 (45). С. 59–62.

9. Гусева Е. В., Дворянский С. А., Циркин В. И.  $\beta$ -Адренореактивность эритроцитов женщин при нормальных и осложненных родах // Акушерство и гинекология. 1998. № 4. С. 17–22.

10. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М., Практика, 1999. 459 с.

## **ДИНАМИКА СКОРОСТИ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ ГЕПАРИНИЗИРОВАННОЙ ВЕНОЗНОЙ КРОВИ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН И РОЖЕНИЦ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА ГЕСТАЦИИ**

*В. И. Циркин, Е. Н. Бушкова, Е. Э. Душина, М. В. Бурова  
Вятский государственный университет, elena\_bushkova@mail.ru*

Ранее было установлено, что фоновая скорость оседания эритроцитов (СОЭ) гепаринизированной венозной крови при неосложненном течении беременности возрастает по мере увеличения ее продолжительности [1, 2]. В связи с тем, что у нас продолжают накапливаться сведения о значениях СОЭ при беременности, в данной работе, полагая, что значения СОЭ гепаринизированной венозной крови могут отражать характер течения беременности, мы поставили цель оценить колебания значений СОЭ, а также их средние значения и медиану ежемесячно, сгруппировав эти данные (где это было возможным) последовательно по 4 недели.

исследовали гепаринизированную кровь 133 женщин с физиологическим течением беременности, в том числе, полученную в I триместре ( $n = 35$ ), II триместре ( $n = 34$ ) и III триместре ( $n = 31$ ), а также рожениц (I период неосложненного течения родов,  $n = 15$ ) и женщин с угрозой преждевременных родов ( $n = 18$ ). Венозную кровь в объеме до 6 мл получали с личного согласия исследуемых в женской консультации и в Кировском областном перинатальном центре, используя для этого вакуумные пробирки для забора венозной крови с Li-гепарином (фирма NingboGreetmedMedicalInstrumentsCo., LTD). СОЭ определяли по методу Панченкова [3], но без применения цитрата натрия (вместо него к 200 мкл цельной крови добавляли 20 мкл раствора Кребса), что подробнее описано нами ранее [1]. Раствор Кребса содержал (мМ) NaCl – 136; KCl – 4,7; CaCl<sub>2</sub> – 2,52; MgCl<sub>2</sub> – 1,2; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 0,6; NaHCO<sub>3</sub> – 4,7; C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> – 11 (pH = 7,4). Различия между группами женщин оценивали методом непараметрической статистики [4], используя для независимых вы-

борок критерий Мана-Уитни. Их считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . В таблице результаты исследования представлены в виде диапазона колебаний (минимальные и максимальные значения), в виде средней и стандартной ошибки средней ( $M \pm m$ ), а также в виде медианы, 25 и 75 центилей.

Значения СОЭ венозной гепаринизированной крови девяти групп женщин с неосложненным течением беременности (1–4, 5–8, 9–12, 13–16, 17–20, 22–26, 27–30, 31–34, 35–38 недели) представлены в таблице и на рис.1. Они свидетельствуют о том, что минимальные и максимальные значения, а также средние значения и медиана СОЭ возрастают по мере увеличения срока беременности. Это подтверждает наши прежние наблюдения, согласно которым значения СОЭ, наблюдаемые в каждом последующем триместре, статистически значимо выше, чем в предыдущем. В родах значения СОЭ остаются такими же, как в конце III триместра. Это означает, что значения СОЭ гепаринизированной венозной крови беременных женщин могут быть использованы для определения биологической готовности организма матери к родам лишь ориентировочно. В то же время результаты помесечного анализа динамики СОЭ указывают на большой разброс индивидуальных значений СОЭ. Например, значения СОЭ у женщин на 5–8 неделях беременности варьировали от 6 до 45 мм/час, у женщин на 9–12 неделях – они варьировали от 10 до 70 мм/час, а у женщин на 35–38 неделях – от 38 до 70 мм/час. Ранее было показано [5], что СОЭ гепаринизированной венозной крови беременных женщин и рожениц может существенно меняться под влиянием различных биологически активных веществ, в том числе адреналина, окситоцина, серотонина, гистамина, особенно, если эти вещества воздействуют на эритроциты в присутствии экзогенного дигидрогестерона или эстрадиола валерата. Это позволяет предположить, что индивидуальные фоновые значения СОЭ гепаринизированной венозной крови беременных женщин отражают конкретное состояние системы регуляции сократительной деятельности матки (СДМ). Для понимания значения этой информации нужны дальнейшие исследования СОЭ венозной гепаринизированной крови беременных женщин, учитывающие клинические особенности течения данной беременности и характера ответа эритроцитов на воздействие биологически активных веществ. Для примера такого подхода мы приводим значения СОЭ венозной гепаринизированной крови, полученной на 22–26, 27–30 и 31–34 неделях при неосложненном течении беременности и у женщин с угрозой преждевременных родов УПР, кровь у которых была получена до начала введения им токолитических препаратов (табл., рис. 2). Как видно из этих данных, различия выявлены лишь для женщин со сроком беременности 22–26 недель – у 7 женщин с УПР значения СОЭ были статистически значимо выше ( $p < 0,05$ ), чем у 7 женщин без УПР: соответственно ( $M \pm m$ )  $47,6 \pm 4,2$  против  $36,0 \pm 3,4$  мм/час, или (медиана, 25 и 75 центили) 51 (38; 55) против 32 (29,5; 42). Различия же на более поздних сроках беременности (27–29 и 30–34 недели) оказались статистически незначимы ( $p > 0,05$ ). Эти данные позволяют утверждать, что фоновые значения СОЭ могут служить критерием для диагностики УПР у женщин во II триместре бере-

менности, но они не могут быть использованы для подтверждения УПР у женщин в III триместре беременности.

В целом, полагаем, что дальнейшее изучение фоновой и БАВ-вызванной СОЭ гепаринизированной венозной крови беременных женщин перспективно с точки зрения получения ургентной информации о состоянии системы регуляции СДМ у беременных женщин и рожениц.

Таблица

**Значения СОЭ гепаринизированной венозной крови беременных женщин, рожениц и женщин с угрозой преждевременных родов**

Группы женщин	Сроки беременности (недели)	Число наблюдений	Диапазон значений СОЭ	Среднее значение / станд. ошибка	Медиана (25 и 75 центили)
Женщины с неосложненным течением беременности	4	3	28–35	31±2,1	30 (29;32) #
	5–8	16	6–45	20,5±2,5	20 (14; 26,5) #
	9–12	16	10–70	31,5±4,3	29 (20; 35) #
	13–16	18	18–57	38,5±3,2	40 (26,5; 48,5)
	17–20	9	18–68	47,5±5,8	46 (33; 64)
	22–26	7	27–51	36±3,4	32 (29,5; 42)
	27–30	14	14–66	45,5±4,7	48 (31,7; 57,5)
	31–34	4	50–67	59±4,4	59,5 (52,2; 66,2)
	35–38	13	38–70	54,6±2,5	56 (46; 61)
	I триместр (4–12)	36	6–70	26,6±2,5	25,5 (19; 30,5)
	II триместр (13–26)	34	15–68	40,4±2,4	40 <sup>1</sup> (31; 50,5)
	III триместр (27–38)	31	20–71	51±2,6	54 <sup>12</sup> (46; 61,5)
Роженицы (1 период)	39–41	15	23–75	50,8±3,5	52 (42,5; 60,5)
Женщины с угрозой преждевременных родов	22–24	7	34–62	47,6±4,2	51 * (38; 55)
	27–29	5	20–58,5	44±6,5	45 (44; 52)
	30–34	6	33,5–71	49±7	52,5 (36,4; 60)

Примечание \* – различие с беременными (22–26 нед.) статистически значимо ( $p < 0,05$  по критерию Мана-Уитни), # – Различие с роженицами статистически значимо ( $p < 0,05$ ) по критерию Мана-Уитни, <sup>1; 2</sup> – соответственно различие с группой 1 или с группой 2 статистически значимо ( $p < 0,05$  по критерию Мана-Уитни).

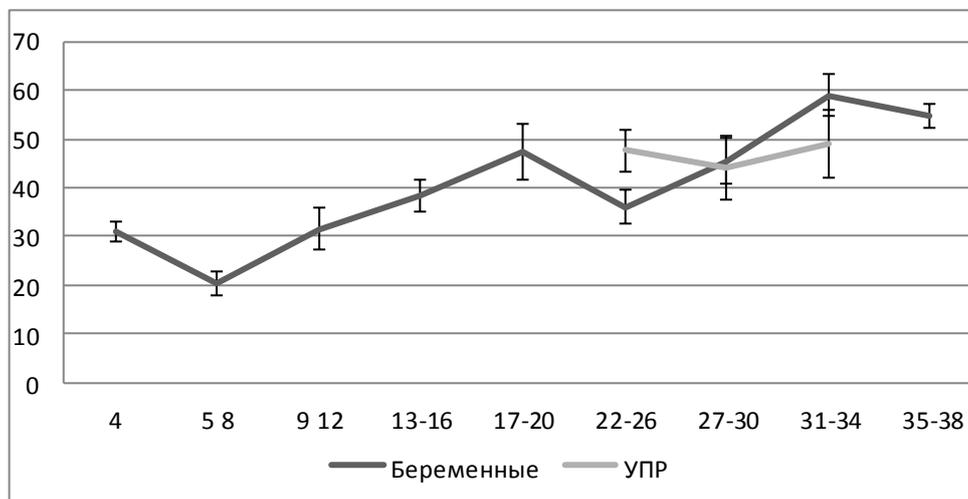


Рис. 1. Средние значения СОЭ ( $M \pm m$ , мм/час) крови женщин на 4–38 неделях неосложненной беременности и у женщин с угрозой преждевременных родов (УПР)

Примечание: По оси абсцисс – недели беременности, по оси ординат – СОЭ, мм/час.

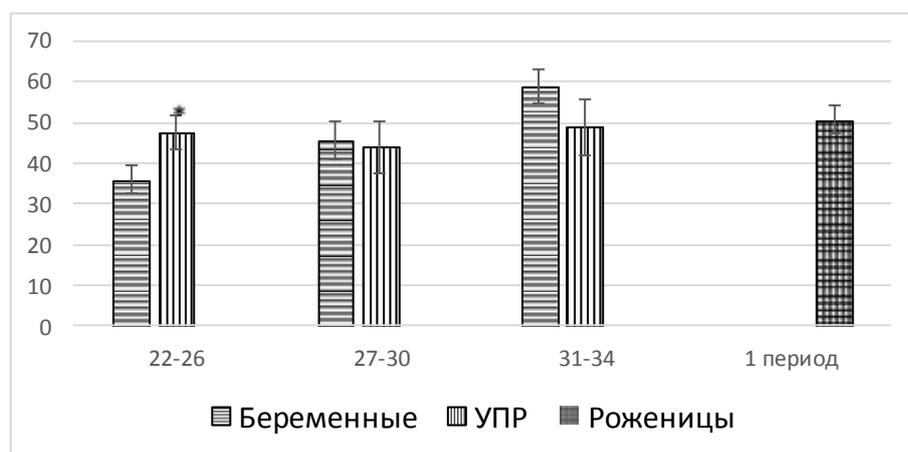


Рис. 2. Среднее значение СОЭ ( $M \pm m$ , мм/час) гепаринизированной венозной крови женщин с неосложненным течением беременности (1 группа, первые столбцы) и женщин с угрозой преждевременных родов (2 группа, вторые столбцы) на 22–34 неделях беременности, а также рожениц (1 период срочных родов)

Примечания: \* – различие с группой I статистически значимо ( $p < 0,05$ ) по критерию Мана-Уитни.

**Выводы.** 1) Фоновые значения скорости оседания эритроцитов гепаринизированной венозной крови женщин на всех сроках беременности и в родах имеет ярко выраженные индивидуальные особенности, что указывает на индивидуальные особенности состояния системы регуляции сократительной деятельности матки.

2) В среднем, фоновые значения скорости оседания эритроцитов (СОЭ) гепаринизированной венозной крови женщин возрастают по мере увеличения срока беременности, достигая максимальных значений в последние 4 недели и сохраняются на этом уровне в родах.

3) При угрозе преждевременных родов, наблюдаемой во II триместре беременности (22–24 недели), значения СОЭ выше, чем у женщин без угрозы. В III триместре эти различия исчезают.

*Авторы выражают благодарность за помощь в работе врачам-акушерам Кировского областного клинического перинатального центра к.м.н. О. А. Братухиной, к.м.н. С. Л. Дмитриевой, главному врачу женской консультации № 9 г. Кирова Т. В. Черепановой.*

#### Литература

1. Бушкова Е. Н., Душина Е. Э., Марьина А. В., Циркин В. И., Анисимов К. Ю., Шушканова Е. Г., Братухина О. А. Изменение скорости оседания эритроцитов гепаринизированной венозной крови беременных женщин под влиянием окситоцина, атозибана и дидрогестерона // Медицинский альманах. 2016. № 5 (45). С. 59–62.

2. Филимонова М. С., Безмельцева О. М. Способность прогестерона и эстрогенов изменять скорость оседания эритроцитов гепаринизированной венозной крови беременных женщин и рожениц // Вопросы фундаментальной и прикладной физиологии в исследованиях студентов вузов: Материалы VII Всерос. молодежной науч. конф. Киров: Изд-во «Веси», 2015. С. 155–159.

3. Кишкун А. А. Клиническая лабораторная диагностика: учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 976 с.

4. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М.: Практика, 1999. 459 с.

5. Циркин В. И., Ноздрачев А. Д., Анисимов К. Ю., Дмитриева С. Л., Братухина О. А., Хлыбова С. В. Фоновые и БАВ-вызванные изменения функционального состояния эритроцитов у женщин как индикаторы угрозы преждевременных родов (часть 3) // Журнал медико-биологических исследований. 2017. Т. 5. № 3. С. 56–69. [DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.56]

### **ВЛИЯНИЕ ОКСИТОЦИНА И ЭСТРАДИОЛА НА СКОРОСТЬ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ ГЕПАРИНИЗИРОВАННОЙ ВЕНОЗНОЙ КРОВИ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН**

*В. И. Циркин, М. В. Бурова, Е. Н. Бушкова  
Вятский государственный университет*

У женщин при беременности меняются фоновые свойства эритроцитов венозной крови и характер реагирования на воздействие различных веществ (адреналина, ацетилхолина, окситоцина, серотонина, прогестерона, эстрогена

и других потенциальных участников системы регуляции сократительной деятельности матки (СДМ) [1]. Эти изменения, вероятнее всего, происходят под влиянием активации мембранных рецепторов эритроцитов и, как предполагается, они могут служить индикаторами течения беременности, так как отражают состояние системы регуляции СДМ. Ранее в нашей лаборатории было показано, что эритроциты имеют окситоциновые рецепторы, часть из которых блокируется атозибаном и эффективность активации которых регулируется дидрогестероном – водорстворимым аналогом прогестерона [2]. Вопрос о влиянии эстрогенов на эффективность активации окситоциновых рецепторов эритроцитов беременных женщин ранее не изучался. В рамках концепции об эритроцитах как индикаторах состояния системы регуляции СДМ [1], в работе была поставлена цель – оценить окситоцинореактивность эритроцитов гепаринизированной венозной крови беременных (I, II и III триместры) женщин, определяемую по изменению скорости оседания эритроцитов (СОЭ), а также влияние на нее эстрадиола валерата – водорастворимого эстрогена.

Исследовали гепаринизированную венозную кровь 30 женщин с неосложненным течением беременности, полученную в I, II и III триместрах (по 10 женщин). Забор крови (с согласия исследуемых) проводили в условиях женской консультации в вакуумные пробирки (вакуэтки) с Li – гепарином объемом 6 мл (фирма Ningbo Greetmed Medical Instruments Co., LTD). Скорость оседания эритроцитов определяли по методу Панченкова в нашей модификации [2], т.е. без использования цитрата натрия. Эстрадиол – и окситоцинозависимую СОЭ оценивали по принципу, предложенному ранее [3, 4], согласно которому кровь предварительно разбавляется в соотношении 10:1 раствором Кребса (контроль) или раствором Кребса, содержащим исследуемое вещество, т. е. окситоцин, эстрадиол или их смесь (опыт). Для этого на предметное стекло с помощью микродозатора «Ленпипет» 100–1000 мкл наносили кровь в объеме 200 мкл из пробирки, а к ней с помощью микродозатора «Ленпипет» 5–40 мкл добавляли в объеме 20 мкл раствора Кребса или раствора Кребса, содержащего исследуемое вещество или смесь веществ. После перемешивания смесь набирали в капилляр Панченкова до отметки «0», устанавливая штатив в вертикальном положении, и после часовой экспозиции при комнатной температуре измеряли высоту столбика плазмы, образующегося в результате оседания эритроцитов. Для каждой испытуемой использовали 12 капилляров, в том числе 1 капилляр с раствором Кребса (РК, контроль 1) и 1 капилляр с РК, содержащим эстрадиол валерата, или Прогинова ( $10^{-6}$  г/мл; контроль 2), 5 капилляров, содержащих окситоцин в одной из пяти концентраций ( $10^{-7}$ – $10^{-3}$  МЕ/мл) и 5 капилляров, содержащих окситоцин в одной из концентраций ( $10^{-7}$ – $10^{-3}$  МЕ/мл) совместно с эстрадиолом ( $10^{-6}$  г/мл).

В работе использовали окситоцин (ОАО «Синтез», Курган), препарат эстрадиола валерат (Прогинова; Дельфарм Лилль С.А.С., Франция) и атозибан (Трактоцил, фирма Ферринг, Германия). Раствор Кребса содержал (мМ): NaCl – 136; KCl – 4,7; CaCl<sub>2</sub> – 2,52; MgCl<sub>2</sub> – 1,2; KН<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 0,6; NaHCO<sub>3</sub> – 4,7; C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> – 11 (ph= 7,4) [2].

Результаты исследования, в том числе их различия оценивали методами непараметрической статистики [5], используя для зависимых выборок критерий Уилкоксона, а для независимых выборок – критерий Мана – Уитни. Во всех случаях различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Результаты работы в тексте представлены в виде медианы, 25 и 75 центилей, а на рисунках – в виде медианы.

Показано, что фоновая скорость оседания эритроцитов, т.е. контрольная СОЭ, в I триместре составила 26 (15;30) мм/час, во II триместре – 47(36;55) мм/час, а в III триместре – 52,5 (47;62,5) мм/час. Различия между этими значениями статистически значимы ( $p < 0,05$  по критерию Мана – Уитни).

Установлено (рис. 1.), что окситоцин у отдельных женщин, в определенной степени, изменяет СОЭ (чаще – снижает СОЭ), но в целом, как показывает непараметрическая статистика, во всех исследованных нами концентрациях ( $10^{-7}$ – $10^{-3}$  МЕ/мл) окситоцин статистически значимо не влиял на СОЭ. Водорастворимый эстрадиола валерат в концентрации  $10^{-6}$  г/мл не влиял на СОЭ венозной крови беременных женщин (рис. 2). В то же время (рис. 1) смесь окситоцина и эстрадиола валерата вызывала снижение СОЭ. В I триместре это снижение было статистически значимо для окситоцина в концентрациях  $10^{-7}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$  и  $10^{-4}$  МЕ/мл – в этих случаях СОЭ составила соответственно (медиана и центили) 51,5 (39; 88), 65 (60,5;75,5), 70 (67,5;94) и 83 (81;105,5)% от контрольной СОЭ. Во II триместре это снижение было статистически значимо для окситоцина в концентрациях  $10^{-7}$  и  $10^{-6}$  – СОЭ составила соответственно 62 (29,5;101) и 49 (34;98,5)% от контроля. В III триместре это снижение было статистически значимо для окситоцина в концентрациях  $10^{-7}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$  и  $10^{-4}$  МЕ/мл – СОЭ составила соответственно 66 (31;93,5), 51,5 (24,5;83), 72,5 (57;89) и 82,5 (78,5;90,5)% от контроля.

Таким образом, лишь воздействие окситоцина в высокой концентрации ( $10^{-3}$  МЕ/мл) не подвергалось модуляции под влиянием эстрадиола ( $10^{-6}$  г/мл), что отмечено для всех триместров. В то же время эстрадиол ( $10^{-6}$  г/мл), во всех триместрах повышал способность окситоцина в концентрациях  $10^{-7}$  и  $10^{-6}$  МЕ/мл снижать СОЭ. Наше утверждение о том, что эстрадиола валерат меняет эффективность активации окситоциновых рецепторов, основано на результатах предварительных исследований. В них был использован атозибан (Трактоцил), являющийся, как известно [2, 6, 7], селективным блокатором окситоциновых рецепторов. В этих опытах было показано, что сам по себе атозибан ( $10^{-6}$  г/мл) не изменяет СОЭ, в то время как смесь трех веществ, т.е. окситоцина в одной из концентраций ( $10^{-7}$ – $10^{-3}$  МЕ/мл), эстрадиола валерата ( $10^{-6}$  г/мл) и атозибана ( $10^{-6}$  г/мл) изменяла СОЭ гепаринизированной венозной крови беременных (I или II триместры), но характер этих изменений был иной, чем при воздействии смеси, состоящей из двух компонентов – окситоцина и эстрадиола валерата. Косвенно, это означает, что эстрогены могут оказывать негеномное влияние на эритроциты беременных женщин, в том числе повышать эффективность взаимодействия окситоцина с окситоциновыми рецепторами. В литературе уже неоднократно указывалось на способность эст-

рогенов оказывать негеномный эффект на различные клетки организма, что объясняется наличием в этих клетках мембранных рецепторов эстрогенов (типа mRE), ассоциированных с G-белком [8]. Результаты наших исследований указывают на то, что эстрогены могут повышать окситоцинореактивность различных клеток, в том числе миоцитов матки беременных женщин, причем, не только за счет воздействия на ядерные рецепторы эстрогенов (nRE), т.е. не только геномно, но и за счет воздействия через мембранные рецепторы эстрогенов (mRE), т.е. негеномно. Это объяснение согласуется с клиническими наблюдениями, согласно которым введение роженицам эстрогенов повышает СДМ у женщин со слабостью родовой деятельности, при которой, как известно, снижена эффективность активации окситоциновых рецепторов [9]. С этих позиций, эстрогены можно рассматривать в качестве эндогенного сенсibilизатора окситоциновых рецепторов.

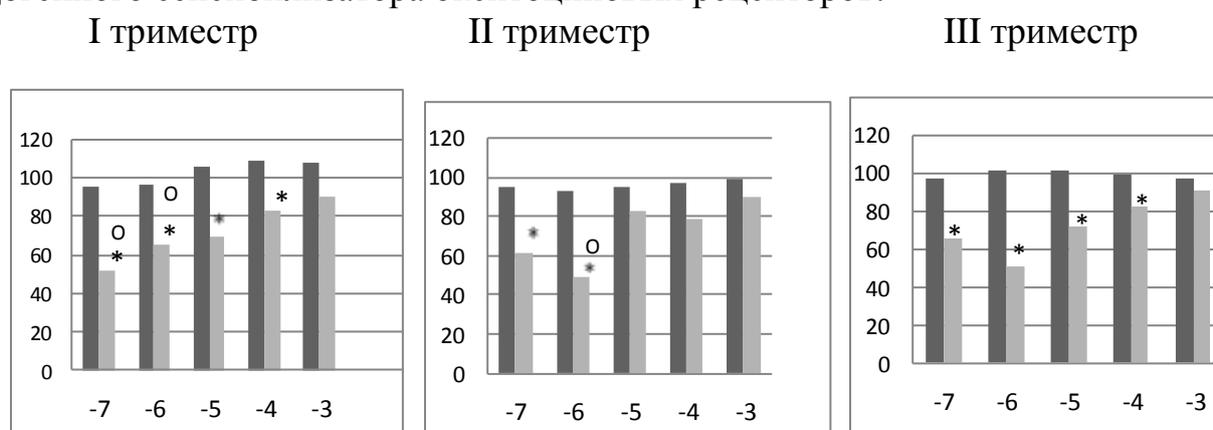


Рис. 1. СОЭ венозной гепаринизированной крови беременных женщин (I, II, III триместров), в присутствии окситоцина ( $10^{-7}$  до  $10^{-3}$  МЕ/мл; первые столбцы) и смеси окситоцина и эстрадиола валерата ( $10^{-6}$  г/мл; вторые столбцы)

Примечание \* – различие с контролем статистически значимо ( $p < 0,05$  по критерию Уилкоксона), O – различие эффекта окситоцин с эффектом смеси (окситоцин + эстрадиол) статистически значимо ( $p < 0,05$  по критерию Уилкоксона).

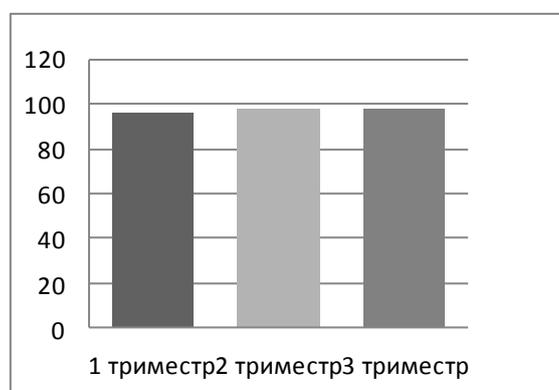


Рис. 2. СОЭ венозной гепаринизированной крови беременных женщин (I, II, III триместров) в присутствии эстрадиола валерата ( $10^{-6}$  г/мл), в % к контролю

Примечание: во всех случаях различие с контролем статистически незначимо ( $p > 0,05$  по критерию Уилкоксона).

**Выводы.** 1. Эстрадиол валерата ( $10^{-6}$  г/мл) и окситоцин ( $10^{-7}$ – $10^{-3}$  МЕ/мл) каждый сам по себе не влияют на скорость оседания эритроцитов (СОЭ) гепаринизированной венозной крови беременных (I, II и III триместры) женщин, а смесь этих веществ снижает СОЭ, что особенно характерно при наличии в смеси окситоцина в низких концентрациях ( $10^{-7}$  и  $10^{-6}$  МЕ/мл).

2. Вместе с результатами предварительных исследований, в которых использовался селективный блокатор окситоциновых рецепторов атозибан ( $10^{-6}$  г/мл), эти данные указывают на то, что эстрогены повышают эффективность активации окситоциновых рецепторов эритроцитов, и вероятно, других клеток, включая миоциты матки.

*Авторы выражают благодарность за помощь в выполнении данной работы главному врачу женской консультации № 9 г. Кирова Т. В. Черепановой, к.м.н., ассистенту кафедры акушерства и гинекологии Уральского государственного медицинского университета и преподавателям Вятского государственного университета доценту Е. Г. Шушкановой.*

#### Литература

1. Циркин В. И., Анисимов К. Ю., Дмитриева С. Л., Братухина О. А., Хлыбова С. В. Фоновые и БАВ-вызванные изменения функционального состояния эритроцитов у женщин как индикаторы угрозы преждевременных родов (часть 3) // Журнал медико-биологических исследований. 2017. Т. 5. № 3. С. 56–69. [DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.56]
2. Бушкова Е. Н., Душина Е. Э., Марьина А. В., Циркин В. И., Анисимов К. Ю., Шушканова Е. Г., Братухина О. А. Изменение скорости оседания эритроцитов гепаринизированной венозной крови беременных женщин под влиянием окситоцина, атозибана и дидрогестерона // Медицинский альманах. 2016. № 5 (45). С. 59–62.
3. Колобова Е. В., Дворянский С. А., Циркин В. И. Способ оценки адренореактивности эритроцитов беременных женщин по изменению скорости оседания эритроцитов на фоне их блокады  $\beta$ -адренорецепторов (определение  $\beta$ -адренозависимой СОЭ). Патент на изобретение № 2120632 С1 от 20.10.98. Бюл. № 29. 1998.
4. Гусева Е. В., Дворянский С. А., Циркин В. И.  $\beta$ -Адренореактивность эритроцитов женщин при нормальных и осложненных родах // Акушерство и гинекология. 1998. № 4. С. 17–22.
5. Гланц С. Медико-биологическая статистика / Пер. с англ. М.: Практика, 1999. 459 с.
6. Arrowsmith S., Neilson J., Wray S. The combination tocolytic effect of MgSO<sub>4</sub> and an oxytocin receptor antagonist in myometrium from singleton and twin pregnancies // Am J Obstet Gynecol. 2016. V. 215. № 6. P. 789. e1-789.e9 [PMID: 27555315 DOI: 10.1016/j.ajog.2016.08.015]
7. Lamont C.D., Jørgensen J.S., Lamont R.F. The safety of tocolytics used for the inhibition of preterm labour // Expert Opin Drug Saf. 2016 ;15, № 9. P. 1163–1173. [PMID:27159501 doi: 10.1080/14740338.2016.118712]
8. Prabhushankar R., Krueger C., Manrique C. Membrane estrogen receptors: their role in blood pressure regulation and cardiovascular disease. Curr Hypertens Rep. 2014. V. 16. № 1. art. 408. [PMID: 24343167 DOI: 10.1007/s11906-013-0408-6]

9. Циркин В. И., Дворянский С. А. Сократительная деятельность матки (механизмы регуляции). Киров, 1997. 270 с.

## **ВЛИЯНИЕ ЭСТРАДИОЛА И ДИДРОГЕСТЕРОНА НА М-ХОЛИНОРЕАКТИВНОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН**

*С. И. Трухина, Е. Ю. Ситникова, В. А. Харина, Е. Н. Бушкова*  
*Вятский государственный университет, sitnikovakaty1997@gmail.com*

Реакция агглютинации эритроцитов является одним из простых, быстрых и информативных методов определения существования на мембране эритроцитов рецепторов различных биологически активных веществ [1–3]. Изменение времени начала агглютинации (ВНА) эритроцитов под влиянием биологически активных веществ (прогестерона, эстрогена, адреналина, гистамина, ацетилхолина, серотонина, окситоцина) отражает хемореактивность эритроцитов (соответственно, прогестероно-, эстрогено-, адрено-... реактивность) и косвенно указывает на наличие в мембране эритроцитов соответствующих рецепторов. Относительно М-холинореактивности эритроцитов и их динамики при беременности сведения малочисленны и неоднозначны. Ранее в опытах с эритроцитами беременных и рожаящих женщин, а также женщин с угрозой преждевременных родов (УПР), в которых агглютинацию эритроцитов вызывали изогемагглютинирующей сывороткой крови, т.е. поликлональными сывороточными антителами (СПА) было установлено [2], что ацетилхолин (АХ), судя по снижению ВНА<sub>СПА</sub>, повышает скорость агглютинации эритроцитов у женщин, находящихся в фолликулярной фазе цикла, не изменяет ее у женщин, находящихся в лютеиновой фазе, а также у беременных женщин (в I и II триместры), снижает ее у беременных женщин в III тр. (судя по увеличению ВНА<sub>СПА</sub>), но повышают ее у рожениц и у женщин с УПР. Это означает, что характер ответа эритроцитов женщин на воздействие АХ зависит от этапа репродуктивного процесса. В опытах, проведенных с эритроцитами мужчин, было показано [1], что АХ ( $10^{-10}$ – $10^{-6}$  г/мл) дозозависимо снижает ВНА<sub>СПА</sub>, т.е. повышает скорость агглютинации, и это снижение обусловлено активацией М<sub>1</sub>- и М<sub>3</sub>-холинорецепторов (ХР), так как эффект АХ блокировался селективным блокатором М<sub>1</sub>-ХР гастроцепином и селективным блокатором М<sub>3</sub>-ХР препаратом 4DAMP, в то время как селективный блокатор М<sub>2</sub>-ХР метоктрамин и селективный блокатор М<sub>4</sub>-ХР тропикамид не влияли на способность АХ снижать ВНА. Ранее в опытах с эритроцитами беременных и рожаящих женщин при исследовании их адренореактивности по изменению ВНА<sub>МА</sub> эритроцитов, индуцированной моноклональными антителами (МА), т.е. анти-А, анти-В или анти-Д, было показано [4], что водорастворимые аналоги прогестерона (препарат дидрогестерон) и эстрогена (препарат эстрадиола валерат) способны негеномно изменять реакцию эритроцитов на адреналин, в частности, у рожениц и у женщин с угрозой преждевременных родов

(УПР) они повышали эффективность активации альфа-адренорецепторов, а у мужчин – снижали ее. В опытах с эритроцитами гепаринизированной крови из сердца небеременных крыс (фаза метаэструса), агглютинацию которых вызывали фитогемагглютинином (ФГАф) фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris L.*), содержащимся в солевом экстракте сухих семян, было установлено [5], что АХ в концентрациях  $10^{-10}$ ,  $10^{-9}$  и  $10^{-7}$  г/мл способен повышать ВНА<sub>ФГАф</sub>, хотя этот эффект наблюдается не во всех случаях. Эстрадиол валерат также повышал ВНА<sub>ФГАф</sub> эритроцитов крыс ( $10^{-8}$ ,  $10^{-7}$  и  $10^{-6}$  г/мл) и снижал способность АХ изменять ВНА<sub>ФГАф</sub>, т.е. снижал М-холинореактивность эритроцитов. В то же время дидрогестерон не изменял ВНА<sub>ФГАф</sub> и не изменял реакцию эритроцитов на АХ. Данных о возможности негеномного влияния эстрогенов и прогестерона на М-холинореактивность эритроцитов беременных женщин мы в литературе не нашли. С учетом физиологического значения негеномного влияния стероидов на эффективность активации рецепторов, ассоциированных с G-белком, в том числе влияния прогестерона [6, 7], эстрогенов [8, 9], глюкокортикоидов и других стероидных гормонов [10], в работе была поставлена цель – с помощью ВНА-теста оценить влияние дидрогестерона ( $10^{-9}$ – $10^{-6}$  г/мл) и эстрадиола валерата ( $10^{-9}$ – $10^{-6}$  г/мл) на М-холинореактивность эритроцитов беременных женщин и женщин с УПР, определяемой по изменению ВНА<sub>ФГАф</sub> под влиянием АХ ( $10^{-10}$ – $10^{-5}$  г/мл).

Исследована гепаринизированная венозная кровь 30 женщин в I, II и III тр. неосложненной беременности (по 10 исследуемых), а также 10 женщин с УПР, у которых забор крови проводили в момент поступления в стационар, т.е. до начала лечения, оказавшегося успешным. У всех женщин кровь в объеме до 6 мл получали с личного согласия исследуемых в условиях женской консультации (беременные женщины) или Кировского областного клинического перинатального центра (женщины с УПР). Солевой экстракт ФГАф получали по методике, описанной ранее [5, 11, 12], для чего семена фасоли, приобретенные в торговой сети г. Кирова, подвергали измельчению и 1 г навески семян фасоли разводили в 50 мл раствора Кребса, помещали в бытовой холодильник (при +4°C) на 1 сутки (1:50) и использовали в течение 1–4 дней. Конкретная реализация методики описана в работах [5, 11, 12]. Здесь лишь укажем, что ВНА-тест проводили при комнатной температуре. Для этого на плоскость с помощью стеклянных глазных пипеток наносили три капли: 1) каплю гепаринизированной крови, 2) каплю раствора Кребса (контроль) или каплю этого раствора, содержащего исследуемое вещество или вещества (опыт), 3) каплю индуктора агглютинации, т.е. солевого экстракта семян фасоли. Затем смешивали стеклянной палочкой 1-ю и 2-ю капли, а через 10 с к ним примешивали 3-ю каплю, т.е. ФГАф, и с этого момента определяли ВНА<sub>ФГАф</sub> эритроцитов по появлению ее первых признаков. В качестве контроля использовали время начала агглютинации эритроцитов, которое определяли при добавлении капли обычного раствора Кребса, который содержал (мм): NaCl – 136; KCl – 4,7; CaCl<sub>2</sub> – 2,52; MgCl<sub>2</sub> – 1,2; KН<sub>2</sub>РO<sub>4</sub> – 0,6; NaHCO<sub>3</sub> – 4,7; C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> – 11 (рН = 7,4). В работе использовали ацетилхолин хлорид

(Acrosorganics, Бельгия), водорастворимый аналог прогестерона дидрогестерон (препарат Дюфастон фирмы Abbott, Нидерланды) и водорастворимый эстрадиола валериат (препарат Прогинова фирмы Дельфарм Лилль С.А.С., Франция). Результаты исследования выражали в виде медианы, 25-го и 75-го перцентилей. Оценку различий проводили непараметрическими методами, в том числе для зависимых переменных, используя критерий Уилкоксона, а для независимых переменных – критерий Мана-Уитни [13]. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Показано, что значения фонового ВНА<sub>ФГАф</sub>, т.е. в присутствии капли раствора Кребса варьировали от 35 до 67 с. С ростом срока беременности значения ВНА<sub>ФГАф</sub> имеют тенденцию к повышению. Установлено, что эстрадиол ( $10^{-9}$ – $10^{-6}$  г/мл) и дидрогестерон ( $10^{-9}$ – $10^{-6}$  г/мл) сами по себе не влияли на ВНА<sub>ФГАф</sub> эритроцитов во всех 4 группах, в том числе у женщин с УПР – все различия с контролем были статистически незначимы ( $p > 0,05$  по критерию Уилкоксона). АХ ( $10^{-10}$ – $10^{-5}$  г/мл) также не оказывал существенного влияния на ВНА<sub>ФГАф</sub>, что указывает на рефрактерность эритроцитов беременных женщин к АХ. Эти данные противоречат результатам, полученным ранее при проведении ВНА-теста, в котором агглютинация эритроцитов индуцировалась сывороточными поликлональными антителами [2], но они согласуются с данными о рефрактерности эритроцитов беременных и рожаящих женщин к АХ, судя по тому, что АХ ( $10^{-10}$ – $10^{-5}$  г/мл) не влиял на осмотическую резистентность эритроцитов [14] и в концентрации  $10^{-6}$  г/мл не изменял скорость оседания эритроцитов [15]. Они также созвучны с данными об утрате миометрия женщин чувствительности к АХ во время беременности [16]. Нами также показано, что эстрадиол ( $10^{-6}$  г/мл) и дидрогестерон ( $10^{-6}$  г/мл) не изменяют реакцию эритроцитов беременных женщин на АХ. Это означает, что эстрогены и прогестерон не способны негеномным способом изменять эффективность активации М-ХР эритроцитов беременных женщин. В определенной степени, наши результаты позволяют понять причину рефрактерности миометрия беременных женщин к АХ и подтверждают представление [16] о том, что АХ не является участником системы регуляции сократительной деятельности матки беременных женщин и рожениц.

В опытах с эритроцитами женщин с неосложненным течением беременности (I, II и III триместры) и женщин с угрозой преждевременных родов при исследовании времени начала агглютинации эритроцитов, индуцированную фитогемагглютинином, содержащимся в солевом экстракте семян фасоли обыкновенной, показано, что ацетилхолин ( $10^{-10}$ – $10^{-5}$  г/мл), а также эстрадиола валерат ( $10^{-9}$ – $10^{-6}$  г/мл) и дидрогестерон ( $10^{-9}$ – $10^{-6}$  г/мл) не влияют на ВНА<sub>ФГАф</sub> эритроцитов, в том числе при совместном влиянии АХ с эстрадиолом ( $10^{-6}$  г/мл) и дидрогестероном ( $10^{-6}$  г/мл). Эти данные указывают на рефрактерность эритроцитов беременных женщин к АХ и на отсутствие внегеномного влияния эстрогенов и прогестерона на М-холинореактивность эритроцитов беременных женщин.

*Авторы выражают благодарность за помощь в работе врачам-акушерам Кировского областного клинического перинатального центра к.м.н. О. А. Братухиной, к.м.н. С. Л. Дмитриевой, главному врачу женской консультации № 9 г. Кирова Т. В. Черепановой и профессору ВятГУ В. И. Циркину.*

### Литература

1. Циркин В. И., Володченко А. И., Костяев А. А. Механизм влияния ацетилхолина на скорость агглютинации эритроцитов человека // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Медико-биологические науки». 2013. № 1. С. 77–90.
2. Циркин В. И., Володченко А. И., Хлыбова С. В., Дмитриева С. Л., Братухина О. А. Адрено- и М-холинореактивность эритроцитов женщин на протяжении репродуктивного процесса // Вестник САФУ. Серия «Медико-биологические науки». 2014. № 2. С. 78–90.
3. Циркин В. И., Ноздрачев А. Д., Анисимов К. Ю., Дмитриева С. Л., Братухина О. А., Хлыбова С. В. Фоновые и БАВ-вызванные изменения функционального состояния эритроцитов у женщин как индикаторы угрозы преждевременных родов (часть 2) // Журнал медико-биологических исследований. 2017. Т. 5. № 2. С. 21–36. [DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.2.21].
4. Циркин В. И., Бышева М. В., Чистякова Л. В., Дмитриева С. Л., Черепанова Т. В., Братухина О. А., Костяев А. А., Марьина А. В. Влияние прогестерона и эстрогена на скорость агглютинации и адренореактивность эритроцитов беременных женщин и рожениц // Медицинский альманах. 2015. № 4(39). С. 52–55.
5. Ситникова Е. Ю., Харина В. А., Марьина А. В. Влияние ацетилхолина, прогестерона и эстрогена на скорость агглютинации эритроцитов небеременных крыс, индуцируемой фитогемагглютинином // Вопросы фундаментальной и прикладной физиологии в исследованиях студентов вузов: Материалы VIII Всерос. молодежной науч. конф. Киров: ВятГУ, 2016. С. 169–173.
6. Taraborrelli S. Physiology, production and action of progesterone. // Acta Obstet Gynecol Scand. 2015. V. 94, Suppl 161. P. 8–16. [PMID: 26358238 DOI: 10.1111/aogs.12771].
7. Valadez-Cosmes P., Vázquez-Martínez E. R., Cerbón M., Camacho-Arroyo I. Membrane progesterone receptors in reproduction and cancer. // Mol Cell Endocrinol. 2016. V. 434. P. 166–175. [PMID: 27368976 DOI: 10.1016/j.mce.2016.06.027.].
8. Prabhushankar R., Krueger C., Manrique C. Membrane estrogen receptors: their role in blood pressure regulation and cardiovascular disease // Curr Hypertens Rep. 2014. V. 16. № 1. art. 408. [PMID: 24343167 DOI: 10.1007/s11906-013-0408-6].
9. Micevych P. E., Wong A. M., Mittelman-Smith M.A. Estradiol Membrane-Initiated Signaling and Female Reproduction // Compr Physiol. 2015. V. 5. № 3. P. 1211–1222. [PMID: 26140715 DOI: 10.1002/cphy.c14005].
10. Wang C., Liu Y., Cao J.M. G protein-coupled receptors: extranuclear mediators for the non-genomic actions of steroids // Int J Mol Sci. 2014. V. 15, № 9. P. 15412–15415.
11. Циркин В. И., Марьина А. В., Костяев А. А., Братухина О. А., Дмитриева С. Л., Черепанова Т. В., Безмельцева О. М. Адреналин-модулированное время начала агглютинации эритроцитов человека в зависимости от индуктора агглютинации, пола и этапа репродуктивного процесса у женщин // Медицинский альманах. 2016. № 5 (45). С. 67–71.
12. Циркин В. И., Марьина А. В., Костяев А. А., Братухина О. А., Дмитриева С. Л. Фоновое время начала агглютинации эритроцитов человека в зависимости от индуктора агглютинации и этапа репродуктивного процесса у женщин // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2017. Т. 103. № 4. С. 468–480.
13. Гланц С. Медико-биологическая статистика / Пер. с англ. М.: Практика, 1999. 459 с.

14. Данилов Ю. О., Циркин В. И. Влияние ацетилхолина на осмотическую резистентность эритроцитов человека // Микроциркуляция и гемореология (от ангиогенеза до центрального кровообращения): Материалы IX Междунар. науч. конф. Ярославль: Изд. ЯГПУ им. К. Д. Ушинского, 2013. С. 37.

15. Бушкова Е. Н., Безмельцева О. М. Влияние адреналина, ацетилхолина и окситоцина на скорость оседания эритроцитов беременных женщин и рожениц // Вопросы фундаментальной и прикладной физиологии в исследованиях студентов вузов: Материалы VI Всерос. молодежной науч. конф., посвященной 100-летию ВятГГУ, Киров: ВятГГУ, 2014. С. 20–25.

16. Циркин В. И., Бордуновская В. П., Пешиков В. Л., Сашенков С. Л. Исследование прямого влияния ацетилхолина на сократительную активность миометрия // Физиология человека. 1980. Т. 6. № 2. С. 292–298.

## **ВЛИЯНИЕ АТОЗИБАНА НА ИНГИБИРУЮЩИЙ ЭФФЕКТ АДРЕНАЛИНА В ОПЫТАХ С МИОМЕТРИЕМ НЕБЕРЕМЕННЫХ КРЫС**

*В. И. Циркин, А. Г. Колпаков*

*Вятский государственный университет, kolpakov5465@gmail.com*

Известно, что блокатор окситоциновых рецепторов атозибан используется в клинической практике как токолитик при угрозе преждевременных родов [1–5]. Однако его эффективность не выше, чем у таких токолитиков как бета<sub>2</sub>-адреномиметики, блокаторы кальциевых каналов, блокаторы синтеза простагландинов, ионы магния [4, 5], которые также не способны в 100% случаев остановить наступление преждевременных родов. Поэтому во всем мире продолжается поиск более эффективных токолитиков или более рационального применения имеющихся токолитиков [6, 7]. Вопрос о влиянии токолитиков на эффективность активации бета<sub>2</sub>-адренорецепторов (АР), играющих ключевую роль в торможении сократительной деятельности матки (СДМ) при беременности [8, 9], в литературе не освещался. Цель нашей работы – оценить влияние атозибана на эффективность активации бета<sub>2</sub>-АР миометрия крысы, который, как известно [8, 9], является удобным объектом для изучения роли этих рецепторов в регуляции сократительной деятельности матки беременных женщин.

Опыты проводились в осенний период, при котором продольная мускулатура рога матки небеременных крыс, как известно [8], обладает высокой чувствительностью к адреналину как утерорелаксанту. В опытах использовано 20 продольных полосок (длиною 6–8 мм, шириною – 2 мм) рога матки 5 крыс, взятых в фазу метаэструса, которую определяли по картине влагалищного мазка [10]. Забой животного проводили путем механического повреждения головного мозга.

Проведено две серии опытов. В первой серии исследовали влияние атозибана на способность адреналина ингибировать спонтанную сократительную активность (ССА) полосок матки. Для этого использовали следующую схему опытов: раствор Кребса → адреналин ( $10^{-11}$  г/мл) → адреналин

( $10^{-11}$  г/мл) + атозибан ( $10^{-6}$  г/мл) → раствор Кребса. По такой схеме исследовано 10 полосок от 3 крыс. Во второй серии опытов исследовали влияние атозибана на способность адреналина релаксировать тоническую активность полосок, вызванную гиперкалиевым (60 мМ КСl) раствором Кребса. Эту серию проводили по схеме: раствор Кребса → гиперкалиевый раствор Кребса → гиперкалиевый раствор Кребса + адреналин ( $10^{-11}$  г/мл) → гиперкалиевый раствор Кребса + адреналин ( $10^{-11}$  г/мл) + атозибан ( $10^{-6}$  г/мл) → гиперкалиевый раствор Кребса. По такой схеме исследовано 5 полосках рога матки от 3 крыс.

Регистрацию сократительной активности полосок проводили по методике В. И. Циркина и соавт. [11] при 37 °С на «Миоцитографе» (фирма «Норрис»), в котором в качестве датчика силы использовали механотроны типа 6МХ1Б (Московский электроламповый завод). Перфузию полосок проводили раствором Кребса со скоростью 0,6 мл/мин шприцевым дозатором типа ДШВ-01. Во всех опытах раствор Кребса содержал (мМ): NaCl – 136, КСl – 4,7, CaCl<sub>2</sub> – 2,52; MgCl<sub>2</sub> – 1,2; КН<sub>2</sub>РO<sub>4</sub> – 0,6; NaНСO<sub>3</sub> – 4,7; С<sub>6</sub>Н<sub>12</sub>О<sub>6</sub> – 11 (рН=7,4). Результаты исследования оценивали методами непараметрической статистики [12], в частности, при оценке изменений параметров ССА, выраженные в процентах от исходного уровня, использовали критерий Уилкоксона (для зависимых выборок). Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . В таблицах результаты представлены в виде медианы, 25-го и 75-го центилей.

В работе использовали адреналина гидрохлорид (Алвилс, Москва) и атозибан (Трактоцил, фирма Ферринг, Германия).

В первой серии показано (рис. 1, табл.), что продольные полоски обладают спонтанной фазной сократительной активностью. Адреналин в концентрации  $10^{-11}$  снижал частоту и амплитуду спонтанных фазных сокращений до нуля, что согласуется с известными данными литературы, касающиеся влияния адреналина на ССА миометрия крысы в холодный сезон года [8]. Атозибан на фоне адреналина блокировал ингибирующее действие адреналина, в частности, на фоне атозибана частично восстанавливалась способность миометрия генерировать спонтанные фазные сокращения.

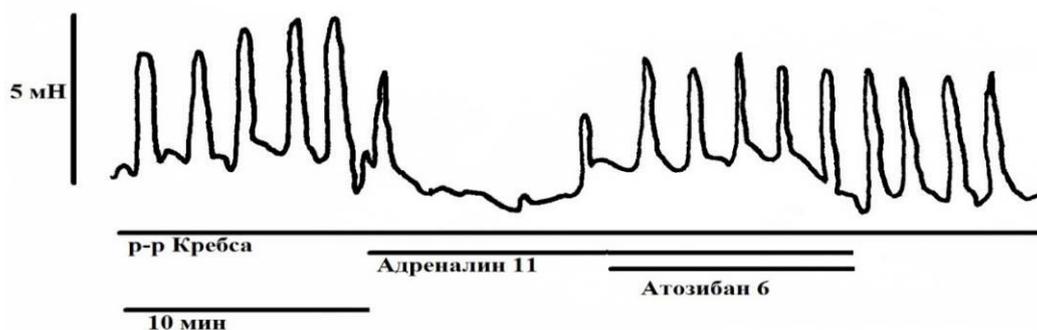


Рис. 1. Механограмма продольной полоски рога матки небеременной крысы, демонстрирующая способность атозибана ( $10^{-6}$  г/мл) уменьшать релаксирующее действие адреналина ( $10^{-11}$  г/мл) в условиях спонтанной сократительной активности. Горизонтальные линии означают момент воздействия веществ. Калибровка – 5 мН, 10 мин

Таблица

**Параметры спонтанной сократительной активности (СА, медиана, 25 и 75 центили) продольных полосок рога матки небеременных крыс при действии адреналина ( $10^{-11}$  г/мл), атозибана ( $10^{-6}$  г/мл) и гиперкалиевого раствора Кребса КСl 60 мМ)**

Этапы исследования	n	Число сокращ. за 10 мин	Сила сокращ., мН	Суммарная СА, мН/10 мин	Тонус, мН
Серия 1.					
Этап 1. Раствор Кребса	10	5 (3; 7)	2,3 (1,5; 3,2)	13,6 (11,9; 14,9)	0
Этап 2. Адреналин, $10^{-11}$ г/мл	10	0	0	0	0
Этап 3. Адреналин $10^{-11}$ + Атозибан $10^{-6}$	10	3 (2; 4)	1,6 (1,4; 1,9)	9,8 (9,5; 10,2)	0
Этап 4. Р-р Кребса	10	4 (2; 6)	2,0 (1,6; 2,5)	14,0 (12,3; 15,5)	0
Серия 2.					
Этап 1. Раствор Кребса	10	4 (2; 5)	1,9 (1,1; 2,6)	12,7 (9,8; 15,2)	0
Этап 2. КСl 60мМ	10	0	0	0	6,3 (4 8,5)
Этап 3. КСl 60 мМ + Адреналин $10^{-11}$	10	3 (2; 4)	1,2 (0,8;1,6)	6,7 (6,1; 7,4)	0
Этап 4. КСl 60 мМ + Адреналин $10^{-11}$ + Атозибан $10^{-6}$	10	4 (2; 6)	2,6 (1,9; 3,5)	13,1 (12,9; 13,4)	0
Этап 5. КСl 60 мМ	10	0	0	0	7 (5; 8,1)

Во второй серии показано (рис. 2, табл.), что гиперкалиевый раствор Кребса вызывает стойкое тоническое сокращение, или калиевую контрактуру, что согласуется с ранее полученными данными [8]. Адреналин ( $10^{-11}$  г/мл) полностью снижал калиевую контрактуру, блокируя при этом генерацию

фазных сокращений. Введение атозибана ( $10^{-6}$  г/мл) на фоне гиперкалиевого раствора Кребса и адреналина ( $10^{-11}$  г/мл) вызывало появление спонтанных фазных сокращений. Удаление из среды адреналина и атозибана, т.е. перфузия полоски гиперкалиевым раствором Кребса, сопровождалось восстановлением калиевой контрактуры. Таким образом, атозибан снижает релаксирующий эффект адреналина не только на фоне спонтанной сократительной активности, но и в условиях вызванной тонической активности.

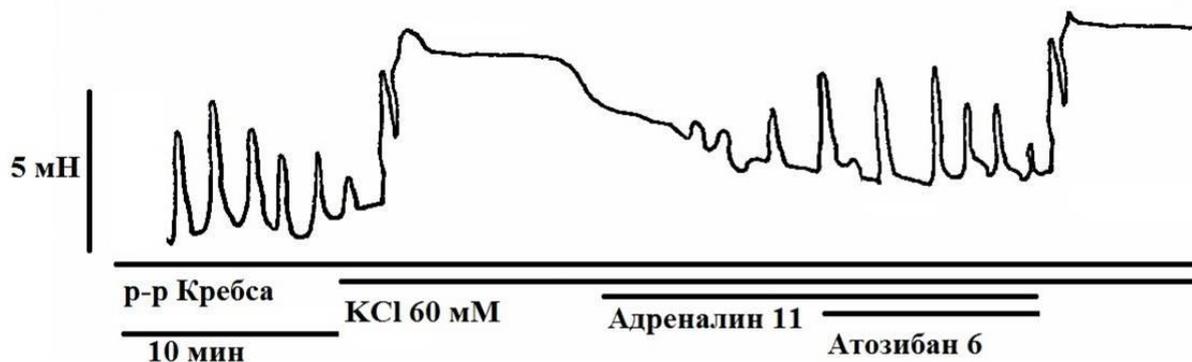


Рис. 2. Механограмма продольной полоски рога матки небеременной крысы, демонстрирующая способность атозибана  $10^{-6}$  снижать релаксирующий эффект адреналина ( $10^{-11}$  г/мл). Остальные обозначения – как на рис. 1.

Известно [8], что релаксирующий эффект адреналина на миометрии крыс обусловлен активацией бета<sub>2</sub>-адренорецепторов (бета<sub>2</sub>-АР) миоцитов матки. Поэтому полученные нами данные позволяют утверждать, что атозибан снижает эффективность активации этих рецепторов. Т.е. атозибан, будучи блокатором окситоциновых рецепторов, одновременно проявляет и свойства блокатора бета<sub>2</sub>-АР. Как известно [8, 9], активация бета<sub>2</sub>-АР миометрия женщин лежит в основе торможения сократительной деятельности матки (СДМ) беременных женщин, а утрата способности агонистов этих рецепторов тормозить СДМ является одной из причин начала срочных или преждевременных родов. Несмотря на ряд нежелательных эффектов бета<sub>2</sub>-адреномиметики (например, гинипрал) в настоящее время широко применяются для предотвращения преждевременных родов также, как и атозибан [1–5]. Результаты наших исследований, проведенных на миометрии небеременных крыс, свойства которого, как известно [8, 9], в отношении адренореактивности и окситоцинореактивности во многом идентичны свойству миометрия беременных женщин, позволяют нам предположить, что относительно невысокая клиническая эффективность атозибана как токолитика, о которой сообщают многие авторы [1, 3, 5], может быть связана с тем, что атозибан, как показали наши исследования, одновременно с блокадой окситоциновых рецепторов может блокировать бета<sub>2</sub>-АР миоцитов матки. Исходя из наших данных следует, что для повышения токолитического эффекта атозибана его введение должно быть дополнено применением бета<sub>2</sub>-адреномиметиков.

**Вывод.** В опытах продольной мускулатурой рога матки небеременных крыс показано, что атозибан ( $10^{-6}$  г/мл) на фоне спонтанной фазной сократительной активности или на фоне тонической активности, вызванной гиперкалиевым раствором Кребса, снижает эффективность активации бета<sub>2</sub>-адренорецепторов. Это обстоятельство может быть одной из причин недостаточной эффективности атозибана как токолитика.

*Автор выражает благодарность за помощь в работе к.м.н., ассистенту кафедры акушерства и гинекологии Уральского государственного медицинского университета К. Ю. Анисимову.*

### Литература

1. Clouqueur E., Gautier S., Vaast P., Coulon C., Deruelle P., Subtil D., Debarge V. [Adverse effects of calcium channels blockers used as tocolytic treatment]. // J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris). 2015. V. 44. № 4. P. 341–356. [PMID: 25726253 DOI: 10.1016/j.jgyn.2014.12.012.]
2. Garmi G., Salim R. [Medical therapy for the management of preterm labor: is there a first line agent?]. [Article in Hebrew]// Harefuah. 2015. V. 154. № 10. P. 657–660 . [PMID: 26742230]
3. Kim S.H., MacIntyre D.A., Hanyaloglu A.C., Blanks A.M., Thornton S., Bennett P.R., Terzidou V. The oxytocin receptor antagonist, Atosiban, activates pro-inflammatory pathways in human amnion via G( $\alpha$ i) signaling // Mol Cell Endocrinol. 2016. V. 420. P. 11–23. [PMID:26586210 doi: 10.1016/j.mce. 2015. 11.012.]
4. Lamont C.D., Jørgensen J.S., Lamont R.F. The safety of tocolytics used for the inhibition of preterm labour // Expert Opin Drug Saf. 2016. V. 15. № 9. P. 1163–1173. [PMID:27159501 doi: 10.1080/14740338.2016.1187128].
5. van Vliet E.O., Nijman T.A., Schuit E., Heida K.Y., Opmeer B.C., Kok M., Gyselaers W., Porath M.M., Woiski M., Bax C.J., Bloemenkamp K.W., Scheepers H.C., Jacquemyn Y., van Beek E., Duvekot J.J., Franssen M.T., Papatsonis D.N., Kok J.H., van der Post J.A., Franx A., Mol B.W., Oudijk M.A. Nifedipine versus atosiban for threatened preterm birth (APOSTEL III): a multicentre, randomised controlled trial // Lancet. 2016. V. 387. № 10033. P. 2117–2124. [PMID: 26944026 doi: 10.1016/S0140-6736(16)00548-1]
6. Arrowsmith S., Neilson J., Wray S. The combination tocolytic effect of MgSO<sub>4</sub> and an oxytocin receptor antagonist in myometrium from singleton and twin pregnancies // Am J Obstet Gynecol. 2016. V. 215. № 6. P.789.e1-789.e9 [PMID: 27555315 DOI: 10.1016/j.ajog.2016.08.015].
7. Carvajal J.A., Zambrano M.J., Theodor N.M., Moreno L.E., Olguín T.R., Vanhauwaert P.S., Rojas N.B., Delpiano A.M. The synergic in vitro tocolytic effect of nifedipine plus ritodrine on human myometrial contractility // Reprod Sci. 2017. V. 24. № 4. P. 635–640. [PMID: 27609401 DOI: 10.1177/1933719116667221]
8. Циркин В. И., Дворянский С. А. Сократительная деятельность матки (механизмы регуляции) Киров, 1997. 270 с.
9. Циркин В. И., Анисимов К. Ю., Хлыбова С. В. Бета-адренорецепторный ингибирующий механизм и его роль в регуляции сократительной деятельности матки беременных женщин и рожениц (обзор литературы) // Уральский медицинский журнал. 2014. № 4. С. 5–14.
10. Киршенблат Я. Д. Практикум по эндокринологии. М.: Высшая школа, 1969. 256 с.
11. Циркин В. И., Дворянский С. А., Ноздрачев А. Д., Братухина С. В., Морозова М. А., Сизова Е. Н., Осокина А. А., Туманова Т. В., Шушканова Е. Г., Видякина Г. Я. Адрено-

модулирующие эффекты крови, ликвора, мочи, слюны и околоплодных вод человека // Доклады академии наук. 1997. Т. 352. № 1. С. 124–126.

12. Гланц С. Медико-биологическая статистика / Пер. с англ. М.: Практика, 1999. 459 с.

## РАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ НЕЙТРОФИЛОВ КАК ИНДИКАТОР НОРМАЛЬНО ПРОТЕКАЮЩЕЙ БЕРЕМЕННОСТИ

*И. Г. Патурова<sup>1</sup>, О. М. Безмельцева<sup>2</sup>, А. Н. Худяков<sup>2</sup>,  
М. И. Сергушкина<sup>2</sup>, Т. В. Полежаева<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Кировский государственный медицинский университет,  
raturova\_ig@mail.ru*

<sup>2</sup> *Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, Ddic@yandex.ru*

Нейтрофилы – наиболее многочисленная популяция лейкоцитов – являются основными клеточными эффекторами неспецифической защиты организма, которые модулируют свои свойства в период гестации. Исследование радикальной активности нейтрофилов может стать индикатором течения беременности. Изучение механизмов регуляции сократительной деятельности матки (СДМ) при беременности и индукции родов у женщин до настоящего времени является актуальным. Как показали исследования последних лет [1, 2, 3], прогестерон способен оказать воздействие на миометрий и другие структуры как через ядерные (nPR-B, nPR-A и nPR-C), так и мембранные (mPR-альфа, mPR-бета и mPR-гамма) рецепторы. Существует мнение [4, 5], что беременность и роды являются своеобразным воспалительным процессом, вызванным цитокинами. На протяжении беременности в миометрии преобладают рецепторы nPR-B и прогестерон снижает экспрессию генов провоспалительных цитокинов, а перед родами, когда повышается уровень nPR-A и nPR-C, прогестерон наоборот, повышает экспрессию этих генов. При активации мембранных рецепторов mPR- $\alpha$  и mPR- $\beta$  в миометрии прогестерон ингибирует аденилатциклазу, фосфорилирование легких цепей миозина, что снижает СДМ [6, 7]. Согласно концепции о существовании бета-адренорецепторного ингибирующего механизма, ингибирование СДМ при беременности осуществляется за счет активации бета<sub>2</sub>-адренорецепторов (бета<sub>2</sub>-АР), а индукция родов обусловлена утратой способности прогестерона влиять на указанные процессы [8].

**Цель работы:** оценить радикальную активность нейтрофилов беременных женщин III триместра и рожениц.

Исследовали гепаринизированную венозную кровь 10 рожениц (I период срочных родов; 37–40 недель) и 10 беременных женщин III триместра (28–35 недель). Забор крови (с личного согласия беременных) проводили в вакуэтки т.е. вакуумные пробирки для забора венозной крови с Na-гепарином (производитель «Ningbo Greetmed Medical Instruments Co., Ltd.», Китай).

Оценивали влияние дидрогестерона («Дюфастон», «Эбботт Биолоджи-калз Б.В.», Нидерланды), гинипрала («Никомед», Австрия) и их совместного

действия после 30 минутной (негеномное действие) и 120 минутной (геномное действие) экспозиции (+37°C) на степень наработки нейтрофилами перекиси водорода в ответ на наличие в клеточной среде чужеродного объекта – латекса по методу Л.М. Панасенко и соавт. (2005) [9] на биохемиллюминиметре БХЛ-07 (ЦНИЛ НГМА, «ИМБИО» Россия, г. Нижний Новгород). С этой целью готовили 6 опытных и 1 контрольную пробу. Для получения опытных проб к 0,1 мл крови добавляли 0,05 мл раствора дидрогестерона в концентрации  $5 \times 10^{-5}$  г/л раствора (пробы 1 и 4) или 0,05 мл гинипрала в концентрации  $10^{-6}$  г/л (пробы 2 и 5) или смесь 0,05 мл гинипрала и 0,05 мл дидрогестерона (пробы 3 и 6). Пробы 1, 2 и 3 выдерживали 30 мин, а пробы 4, 5 и 6 – 120 мин при 37 °С, после чего к пробам 1, 2, 4 и 5 добавляли 0,05 мл, а к пробам 3 и 6 – 0,1 мл суспензии латекса диаметром 0,08 мкм («Sigma-Aldrich», Германия), разведенной средой Хенкса («БиолоТ», Россия) в соотношении 1:10. Из проб 1, 2, 4 и 5 брали по 0,1 мл содержимого, а из проб 3 и 6 – по 0,2 мл и вносили в кювету, содержащую 0,9 мл раствора Хенкса (для проб 3 и 6 – 0,8 мл раствора Хенкса) и добавляли по 0,2 мл люминола («Fluka BioChemika», Швейцария). В качестве контроля использовали 0,1 мл крови, в которую добавляли 0,05 мл суспензии латекса (проба 7). Из этой пробы брали 0,05 мл и вносили в кювету с 0,95 мл раствора Хенкса и в нее добавляли 0,2 мл люминола (таким образом, контрольную пробу не подвергали предварительной 30- или 120-минутной экспозиции при 37 °С). Все кюветы помещали на 30 мин в измерительную камеру прибора и включали режим перемешивания и термостатирования (37 °С). Свободнорадикальную активность (СРА) нейтрофилов оценивали по светосумме за 30 мин ( $S$ , мВ/с), максимальному значению интенсивности хемиллюминесценции ( $I_{\max}$ , мВ) и времени достижения  $I_{\max}$  ( $T$ , с). Подсчет лейкоцитов в венозной крови проводили в камере Горяева общепринятым методом на световом микроскопе Nikon H550S (Япония) при увеличении объектива  $\times 40$  и окуляра  $\times 10$ . Результаты исследования подвергнуты статистическому анализу с использованием программы «BioStat 2009 Pro 5 (6.1.7.0) «AnalystSoft», (США). В связи с тем, что распределение показателей не соответствовало нормальному (по критерию Шапиро-Уилка), для оценки различия использовали непараметрические критерии Мана-Уитни и Уилкоксона, считая их статистически значимыми при  $p < 0.05$ , а результаты исследования в таблице и тексте представляли в виде медианы и 25-го и 75-ого центилей [10].

Установлено, что количество лейкоцитов ( $\times 10^9/\text{л}$ ) в венозной крови женщин в родах статистически значимо выше ( $p < 0,0001$ ), чем у беременных женщин III триместра, соответственно – 16,1 (15,4; 18,4) против 8,2 (7,5; 9,0). Это подтверждает данные [4, 5] о том, что роды являются своеобразным воспалительным процессом. Однако фоновая свободнорадикальная активность нейтрофилов (ФСРА) периферической крови рожениц (I период) значительно ниже, чем у беременных женщин (табл.) Данный феномен мы объясняем тем, что накануне родов и в родах, как известно [11, 12, 13], нейтрофилы (скорее всего, обладающие более высокой ФСРА) мигрируют в репродуктивный

тракт для инициации родов и послеродовой инволюции матки, в связи с чем в периферической крови остаются нейтрофилы с более низкой ФСРА.

Таблица

**Влияние различных веществ на радикальную активность нейтрофилов рожениц (n=10) и беременных женщин III триместра (n=10) по показателям хемилуминограмм (S, I<sub>max</sub>, T<sub>Imax</sub>) в % к исходному уровню, принятому за 100 (медиана, 25-й и 75-й центили)**

Условия опыта		Группы исследуемых					
		1	2	1	2	1	2
		Роды	III триместр	Роды	III триместр	Роды	III триместр
		Показатели БХЛ					
		I <sub>max</sub> (мВ)		T <sub>Imax</sub> (с)		S (мВ/с)	
Фоновая свободнорадикальная активность нейтрофилов, абс. значения		22 (15;25)	40 (20; 77)	1648 (1583; 1750)	1495 (1083; 1739)	17358 (10602; 19870)	38465 (10982; 65682)
СРА нейтрофилов при действии дидрогестерона 5x10 <sup>-5</sup> г/л	30 мин	337 (269; 389) * А	177 (161; 249) *	49 (46; 62) * А	40 (30; 49) *	475 (418; 748) *	267 (157; 435) * Р
	120 мин	300 (213; 310) * # В	131 (92; 172)	62 (55; 63) * В	59 (50; 71) * #	380 (322; 571) * # В	151 (105; 348) *
СРА нейтрофилов при действии гинипрала 10 <sup>-6</sup> г/л	30 мин	367 (295; 472) * А	213 (189; 264) * Р	54 (42; 62) * А	39 (24; 45) *	662 (472; 830) * А	314 (176; 404) * Р
	120 мин	281 (199; 341) * В	91 (62; 108) # В Р	62 (48; 69) * В	55 (52; 66) * #	497 (267; 609) * # В	125 (87; 209) # Р
СРА нейтрофилов при действии гинипрала 10 <sup>-6</sup> г/л с дидрогестероном 5x10 <sup>-5</sup> г/л	30 мин	515 (341; 657) *	247 (148; 313) * Р	41 (38; 45) *	31 (23; 36) * Р	746 (499; 990) *	261 (172; 372) * Р
	120 мин	410 (327; 485) *	187 (109; 222) * Р	41 (38; 47) *	46 (37; 55) * #	588 (438; 691) *	199 (126; 296) * Р

Примечания: \* – статистически значимо (p<0,05) по критерию Уилкоксона от исходного уровня, принятого за 100%; # – статистически значимо от

значения данного вещества при исходной 30 мин экспозиции; А – статистически значимо по критерию Уилкоксона от совместного действия данных веществ при 30 мин экспозиции; В – статистически значимо по критерию Уилкоксона от совместного действия данных веществ при 120 мин экспозиции; Р – статистически значимо по критерию Мана – Уитни при сравнении с группой «Роды».

Показано, что 30-минутное воздействие дидрогестерона, гинипрала и их смеси, статистически значимо ( $p < 0,05$ ) повышает СРА нейтрофилов у женщин обеих групп, причем у рожениц это повышение было более выражено. Сохранение высокого уровня прогестерона в крови у рожениц [14, 15] и выявленная нами способность прогестерона негеномно повышать СРА нейтрофилов позволяет утверждать, что все это способствует индукции родового процесса, поддержанию родовой деятельности и защите организма от инфекции во время родового акта. Повышение СРА нейтрофилов при действии гинипрала (агониста бета<sub>2</sub>-АР) мы объясняем явлением, получившим в литературе название «переключение», или поворот (switch), сопряжения рецептора от Gs-белка на Gi-белок [16, 17]. При воздействии их смеси, у женщин III триместра беременности дидрогестерон через мембранные рецепторы не влияет на способность гинипрала повышать СРА нейтрофилов, однако у рожениц он статистически значимо увеличивает эту способность. Различие в степени повышения СРА между роженицами и беременными женщинами, вероятно, с одной стороны связано с предродовым изменением набора мембранных рецепторов прогестерона на поверхности нейтрофилов. С другой стороны, возможно, является результатом разных путей активации НАДФН оксидазы нейтрофилов рожениц при действии прогестерона и гинипрала. А у женщин III триместра беременности путь активации НАДФН оксидазы одинаков, поэтому суммация эффектов отсутствует.

Дидрогестерон при 120-минутном воздействии повышает СРА нейтрофилов, как у беременных женщин, так и рожениц. Гинипрал статистически значимо повышает СРА у рожениц и не влияет у беременных. При совместном действии, у рожениц, их эффекты суммируются, а у беременных данного явления нет. Поэтому совместный эффект воздействия дидрогестерона и гинипрала при беременности не отличается от мембранного эффекта. Вероятно, при нормально протекающей беременности ядерные прогестероновые рецепторы типа pPR-B теряют чувствительность к прогестерону, что требует проверки в дальнейших исследованиях.

Таким образом, исследование радикальной активности нейтрофилов может стать индикатором течения беременности, а также оценки адренореактивности миоцитов и в целом сократительной деятельности матки.

#### Литература

1. Tan H., Yi L., Rote N., Hurd W., Mesiano S. Progesterone receptor-A and -B have opposite effects on proinflammatory gene expression in human myometrial cells: implications for

progesterone actions in human pregnancy and parturition. *J Clin Endocrinol Metab.* 2012. V. 97. № 5. P. 719–730.

2. Wetendorf M., De Mayo F. Progesterone receptor signaling in the initiation of pregnancy and preservation of a healthy uterus. *Int J Dev Biol.* 2014. V. 58. № 2–4. P. 95–106.

3. Patel B., Elguero S., Thakore S., Dahoud W., Bedaiwy M., Mesiano S. Role of nuclear progesterone receptor isoforms in uterine pathophysiology. *Hum Reprod Update.* 2015. V. 21. № 2. P. 155–173.

4. Schumacher A., Costa S., Zenclussen A. Endocrine factors modulating immune responses in pregnancy. *Front Immunol.* 2014. V. 5. P. 196.

5. Lu J., Reese J., Zhou Y., Hirsch E. Progesterone-induced activation of membrane-bound progesterone receptors in murine macrophage cells. *J Endocrinol.* 2015. V. 224. № 2. P. 183–194.

6. Karteris E., Zervou S., Pang Y., Dong J., Hillhouse E., Randeva H., Thomas P. Progesterone signaling in human myometrium through two novel membrane G protein-coupled receptors: potential role in functional progesterone withdrawal at term. *Mol Endocrinol.* 2006. V. 20. № 7. P. 1519–1534.

7. Mesiano S. Myometrial progesterone responsiveness. *Semin Reprod Med.* 2007. V. 25. № 1. P. 5–13.

8. Циркин В. И., Дворянский С. А. Сократительная деятельность матки (механизмы регуляции). Киров, 1997. 270 с.

9. Панасенко Л. М., Краснова Е. И., Ефремов А. В. Клиническое значение хемилюминесцентного ответа лейкоцитов крови при коклюше. *Бюллетень СО РАМН.* 2005. Т. 117. № 3. С. 44–47.

10. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1998. 459 с.

11. Luppi P., Irwin T., Simhan H., Deloia J. CD11b Expression on circulating leukocytes increases in preparation for parturition. *Am J Reprod Immunol.* 2004. V. 52. № 5. P. 323–329.

12. Yuan M., Jordan F., McInnes I., Harnett M., Norman J. Leukocytes are primed in peripheral blood for activation during term and preterm labour. *Mol Hum Reprod.* 2009. V. 15. № 11. P. 713–724.

13. Shynlova O., Nedd-Roderique T., Li Y., Dorogin A., Lye S. Myometrial immune cells contribute to term parturition, preterm labour and post-partum involution in mice. *J Cell Mol Med.* 2013. V. 17. № 1. P. 90–102.

14. Айламазян Э. К., Кулаков В. И., Радзинский В. Е. Савельева Г. М. Акушерство. Национальное руководство. М. ГЭОТАР-Медиа, 2009. 1218 с.

15. Mitchell B., Taggart M. Are animal models relevant to key aspects of human parturition. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2009. V. 297. № 3. P. 525–545.

16. Liu H., Xing X., Huang L., Huang Z., Yuan H. The expression level of myocardial  $\beta$ 1-adrenergic receptor affects metoprolol antihypertensive effects: a novel mechanism for interindividual difference. *Med. Hypotheses.* 2013. V. 81. № 1. P. 71–72.

17. Zhao X., Park J., Ho D., Gao S., Yan L., Ge H., Iismaa S., Lin L., Tian B., Vatner D., Graham R., Vatner S. Cardiomyocyte overexpression of the  $\alpha$ 1A-adrenergic receptor in the rat phenocopies second but not first window preconditioning. *Am. J. Physiol Heart Circ Physiol.* 2012. V. 302. № 8. H1614–H1624.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОММЕРЧЕСКОГО ЯБЛОЧНОГО ПЕКТИНА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ЯДРОСОДЕРЖАЩИХ КЛЕТОК КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*М. И. Сергушкина<sup>1,2</sup>, А. Н. Худяков<sup>2</sup>, Т. В. Полежаева<sup>2</sup>,  
О. М. Безмельцева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, tara.kovalkova@mail.ru*

<sup>2</sup> *Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН, ddic@yandex.ru*

В настоящее время проблема сохранения живых клеток вне организма человека, является весьма актуальной для практической медицины. Однако не всегда возможно быстро получить клетки в «свежем» виде у подходящего донора. Отметим, что выделенные заранее клетки быстро погибают и уже становятся не пригодными для трансфузии. На данный момент криоконсервирование является широко известным методом длительного хранения клеток крови. Процесс замораживания оказывает на мембраны клеток отрицательное влияние, снизить которое позволяет применение криопротекторов. В последние годы положительно зарекомендовало себя комбинирование в составе криозащитных сред протекторов разнонаправленного действия. Большое практическое применение получил глицерин, его относят к протекторам с проникающей или эндоцеллюлярной способностью [1]. Экзоцеллюлярные протекторы оказывают свое действие вне клетки. Молекула пектина обладает большой молекулярной массой и не способна проникать через клеточную мембрану, поэтому они, возможно, могут проявлять свое криопротекторное действие экзоцеллюлярно. В настоящее время идут исследования по разработке комбинированных криопротекторов с использованием пектинов [2].

Яблочный пектин применяется во многих отраслях промышленности (пищевой, косметической, фармацевтической). Он используется в качестве загустителя и стабилизатора, дополнительного источника пищевых волокон. В косметологии, естественная растительная структура пектина является основой для паст, мазей, масел и кремов. Так же пектиновые вещества применяют в медицине как лечебное и профилактическое средства, способствующее выведению из организма тяжелых и радиоактивных металлов [3]. Широкой спектр применения яблочного пектина позволяет предположить возможность его использования в качестве компонента криопротекторной среды.

Целью настоящей работы явилось изучение возможности использования коммерческого яблочного пектина для сохранения ядродержащих клеток крови человека при отрицательных температурах (-20 °С и -80 °С).

В данном исследовании использовались следующие материалы и методы. В качестве биологического объекта для криоконсервирования использовали гепаринизированную венозную кровь здоровых женщин-добровольцев (23–40 лет). Оценивали жизнеспособность лейкоцитов, как наиболее чувствительных к криоконсервированию клеток, содержащих ядро и сложный гранулярный комплекс.

Перед замораживанием кровь смешивали (1:1) с криоконсервантом, содержащим классический криопротектор проникающего действия глицерин (Самарамедпром, Россия) в низкотоксичной 7,0% (вес %) или глицерин и яблочный пектин AU-701 (Herbstreith&FoxKG) 0,2%. В каждом случае в криоконсерван добавляли антикоагулянт трилон Б – 1%.

Охлаждение клеток в каждой серии ( $n = 10$ ) осуществляли по медленным нелинейным программам с использованием электрических морозильников. На первом этапе после 15 минут экспозиции лейкоцитов с криоконсервантом полимерный контейнер «Компопласт 300» (Синтез, Россия) помещали в спиртовую ванну (96% этиловый спирт), охлаждающуюся при  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в электроморозильнике «Derby» (Дания) на 15 мин. После этого контейнер переносили для дальнейшего замораживания и хранения в воздушную среду камеры электроморозильника на  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  «Vestfrost» (Дания) или на хранение в воздушную среду камеры электроморозильника на  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  «Derby» (Дания). Средняя скорость охлаждения образцов от  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  составила  $2,6^{\circ}/\text{мин}$ , далее до  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  по  $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ . Через 1 сутки хранения образцы отогревали в 20-литровой водяной ванне ( $+38^{\circ}\text{C}$ ) при интенсивном покачивании контейнера в течение 20 сек.

После отогрева методом световой микроскопии (Nikon H550S, Япония) оценивали следующие показатели [4]: общее количество лейкоцитов в камере Горяева, степень криоустойчивости различных популяций клеток в мазках, окрашенных по Май-Грюнвальду и Романовскому, целостность клеточной мембраны лейкоцитов в пробах с 1.0% раствором суправитального красителя эозина, процент фагоцитирующих нейтрофилов с использованием инертных частиц латекса диаметром 0.08 мкм (Sigma-Aldrich, Германия).

При статистической обработке данных вычисляли среднее арифметическое значение  $\pm$  среднее квадратичное отклонение ( $M \pm \delta$ ). Для выявления статистической значимости различий между группами применяли непараметрический критерий Уилкоксона с использованием компьютерной программы для медико-биологической статистики «BIOSTAT» [5].

Установлено, что при хранении клеток в среде с глицерином в течение суток при  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , после деконсервирования у  $67 \pm 2,5\%$  (от уровня до замораживания, принятого за 100) лейкоцитов после отогрева мембрана не имеет повреждений, при введении в состав смеси яблочного пектина данный показатель увеличивается до  $93 \pm 4,8\%$ . Популяция гранулоцитов подвержена самому сильному влиянию при действии отрицательных температур, ее сохранность  $64 \pm 10,4\%$  (с глицерином), а в опытах с глицерином и яблочным пектином, данный показатель возрастает до  $84 \pm 4,4\%$ , при этом количество фагоцитарноактивных нейтрофилов увеличивается соответственно с  $58 \pm 3,8\%$  до  $89 \pm 4,2\%$ .

Ранее нами было выявлено, что при заморозке лейкоцитов до  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  в смеси где присутствует только глицерин показатели сохранности низкие [6].

При анализе показателей жизнеспособности ядерных клеток крови человека, хранившихся при отрицательных температурах  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  в тече-

ние 1 суток в криоконсерванте с коммерческим яблочным пектином установлено (табл.), что при хранении клеток при  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  после отогрева статистически значимо выше показатель сохранности проницаемости мембраны, чем при заморозке до  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Следовательно мембраны лейкоцитов хранившиеся при температуре  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  меньше устойчивы к повреждающему действию отрицательных температур. Так же выявлено, что количество фагоцитарноактивных нейтрофилов достоверно выше при хранении клеток крови при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , чем при  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Таблица

**Динамика ( $n=10$ ,  $M\pm\sigma$ ), показателей жизнеспособности лейкоцитов периферической крови человека, хранившимся при температуре ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и ( $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в течение 1 суток в консерванте, содержащем глицерин в нетоксичной 7,0 % концентрации, коммерческий яблочный пектин (АИ 701) – 0,2 вес %, трилон Б – 0,1% (в качестве антикоагулянта)**

Режим замораживания	Показатели		Сохранность <sup>#</sup>
	До замораживания	После отогрева	
Количество лейкоцитов в 1 мкл			
$-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$3900\pm 389,6$	$3480\pm 389,9$	$89\pm 9,1$
$-80\text{ }^{\circ}\text{C}$	$3149\pm 1259,6$	$3253\pm 554,3$	$78\pm 23,7$
Количество эозинорезистентных лейкоцитов			
$-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$99\pm 0,3$	$93\pm 4,3^*$	$93\pm 4,8$
$-80\text{ }^{\circ}\text{C}$	$99\pm 0,3$	$81\pm 6,9^*$	$81\pm 6,9^1$
Количество гранулоцитов			
$-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$70\pm 3,4$	$57\pm 3,2^*$	$84\pm 4,4$
$-80\text{ }^{\circ}\text{C}$	$60\pm 12,4$	$48\pm 11,9^*$	$80\pm 10,8$
Количество фагоцитарно активных нейтрофилов			
$-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$76\pm 2,9$	$68\pm 3,1^*$	$89\pm 4,2$
$-80\text{ }^{\circ}\text{C}$	$93\pm 4,9$	$71\pm 5,5^*$	$77\pm 6,2^1$

Примечание: # – данные представлены в процентах по отношению к уровню до замораживания, принятому за 100%. \* – различие с показателем до замораживания  $p<0,05$ . <sup>1</sup> – различия с показателями на  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$   $p<0,05$ .

Таким образом, доказана возможность применения коммерческого яблочного пектина для сохранения ядродержащих клеток крови человека при отрицательных температурах ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Вероятно, выявленный у яблочного пектина криозащитный эффект обеспечивается наличием в составе его молекулы гидроксильных и карбоксильных групп, способных связываться с молекулой воды при охлаждении и образовывать связи с глицерином, что обуславливает большую стабилизацию молекул воды.

Необходимо отметить, что яблочный пектин не токсичен (не требуется процедура отмывания биообъекта от консерванта), хорошо растворим в воде, не вызывает разрушение клеточных мембран, не имеет неприятного запаха и поэтому может использоваться при разработке новых криоконсервантов.

### Литература

1. Белоус А. М., Грищенко В. И. Кробиология. Киев: Наукова Думка, 1994. 432 с.
2. Соломина О. Н., Сведенцов Е. П., Зайцева О. О., Полежаева Т. В., Оводова Р. Г., Головченко В. В., Лаптев Д. С., Худяков А. Н., Степанова Е. С., Оводов Ю. С. Кробиотекторные свойства ряда пектинов // Докл. акад. наук. 2010. Т. 430. № 4. С. 559–561.
3. Попов С. В. Взаимодействие фагоцитов млекопитающих с полисахаридами растений. Сыктывкар: Изд-во Коми НЦ УрО РАН, 2002. 100 с.
4. Polezhaeva T. V., Zaitseva O. O., Khudyakov A. N., Laptev D. S., Golovchenko V. V., Gordiyenko E. A., Kuleshova L. G. Use of pectin polysaccharides for cryopreservation of biological objects // Arch. Biol. Sci. 2014. Vol. 66. No 3. P. 1025–1033.
5. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1998. 462 с.
6. Сергушкина М. И., Полежаева Т. В., Худяков А.Н., Безмельцева О. М. Роль пектинов в сохранности клеток при замораживании // Материалы XXIII съезда Физиологического общества им И. П. Павлова. Воронеж: Изд-во «Истоки», 2017. С. 2152–2153.

## ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ ПИРОВИНОГРАДНОЙ КИСЛОТЫ КАК УЧАСТНИКА ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗА

*Н. Л. Зобнина, П. И. Цапок*

*Кировский государственный медицинский университет  
Минздрава России, telec205@mail.ru, kf43@kirovgma.ru*

Глюконеогенез – синтез глюкозы из неуглеводных компонентов – является естественным механизмом восполнения энергетических затрат клетки. Помимо этого он предотвращает развитие лактоацидоза и способствует утилизации глицерола. Кроме молочной кислоты и глицерола, к первичным субстратам для синтеза глюкозы *de novo* относятся глюкогенные аминокислоты, включающиеся в процесс через промежуточные продукты цикла трикарбоновых кислот. Более 30% от этого количества обеспечивает аминокислота аланин, которая под действием фермента аланинаминотрансферазы, наиболее активного в гепатоцитах, образует пировиноградную кислоту (ПВК) [1, 2].

ПВК по своей сути является уникальной молекулой. Помимо того, что это связующее звено между процессами метаболизма, она оказывает стимулирующее действие на процессы эритро- и лейкопоэза, снижает активность каталазы и супероксиддисмутазы, активирует пируватдегидрогеназу, стимулируя тем самым образование холестерина и ингибирует синтазу жирных кислот, еноилКоА редуктазу, кислую фосфатазу [3].

Роль пировиноградной кислоты в процессе синтеза глюкозы *de novo* возрастает в условиях повышенного уровня контринсулярных гормонов. При этом в клетке активизируются процессы липолиза и протеолиза, повышается активность трансаминаз. Жирные кислоты, а также ацетилКоА, образующийся при их окислении в матриксе оказывают ингибирующее действие на работу пируватдегидрогеназного комплекса. В то же время повышается активность пируваткарбоксилазы, что способствует увеличению количества оксалоацетата, который в условиях блокировки реакций цикла Кребса направляется на синтез глюкозы [4].

Постоянное увеличение концентрации глюкозы приводит к развитию токсичности, проявляющейся в изменении белков тканей, развитии катаракты, атеросклероза, ангиопатий, окислительного стресса [5].

Повышенное количество глюкозы и нарастание процессов глюконеогенеза являются основной причиной развития сахарного диабета инсулиннезависимого типа.

В настоящее время учеными-эндокринологами отмечается мировая тенденция в увеличении числа пациентов с диагнозом «сахарный диабет». Данные о распространенности этого заболевания в Российской Федерации приведены в таблице 1 и 2 [6].

Таблица 1

**Распространённость сахарного диабета в РФ в период 2000–2015 гг.**

Год	2000	2003	2006	2013	2015
Число пациентов, млн. чел	2,04	2,18	2,53	3,55	4,3

Таблица 2

**Распространённость сахарного диабета в РФ на 01.01.2016 г.**

	СД 1 типа	СД 2 типа
Дети	20 517	1 495
Подростки	7 534	334
Взрослые	227 530	3 988 718

Таким образом в России сохраняется мировая тенденция к увеличению числа больных с данным диагнозом, а образ жизни современного человека – гиподинамия, стрессовые ситуации, повышенное количество углеводов и жиров в рационе, курение – будет способствовать дальнейшему увеличению числа людей с данным диагнозом, причём большую часть будут составлять пациенты с инсулиннезависимым сахарным диабетом.

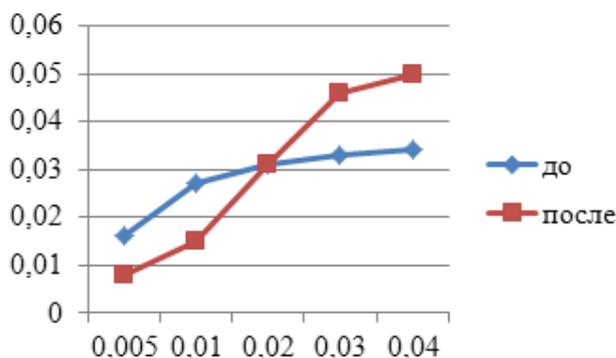
Основным направлением терапии сахарного диабета 1 и 2 типов является применение инсулина и комплекса сахароснижающих препаратов. Современная медицина предлагает широкий спектр сахароснижающих препаратов, использование которых преследует цель стимулировать активность поджелудочной железы (что в условиях повышенной активности контринсулярных гормонов и развивающейся на фоне гипергликемии токсичности глюкозы оказывается малоэффективным средством) или способствовать усвоению глюкозы и тормозить таким образом глюконеогенез [7, 8]. Применение их часто ограничивается малой или несвоевременной доступностью, наличием противопоказаний в виде сопутствующих заболеваний, возможными побочными аллергическими реакциями.

В ходе исследования ставилась задача рассмотреть возможность сорбции пирувата на сорбенте на основе гидролизного лигнина. С помощью фосфатных буферных растворов моделировалось постепенное снижение величины рН раствора с одновременным увеличением концентрации пирувиноградной кислоты, что соответствует изменению в крови у больных сахарным диа-

бетом по мере развития тяжести заболевания. Изменение концентрации пировиноградной кислоты отслеживалось по изменению оптической плотности раствора, т.к. согласно закону Гугера-Ламберта-Бэра эти две величины находятся в прямой зависимости.

Результаты исследования приведены на рисунках 1, 2 и 3.

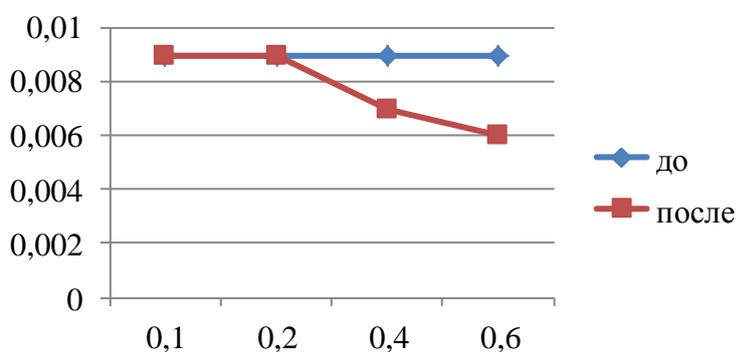
**D**



**C (пвк), моль/л**

Рис. 1. Изменение оптической плотности растворов пировиноградной кислоты в буферном растворе рН = 7,36

**D**



**m(сорбент), г.**

Рис. 2. Изменение оптической плотности 0,02 М растворов пировиноградной кислоты в буферном растворе рН = 7,34

Пировиноградная кислота является центральным метаболитом и связующим звеном между обменом белков, углеводов и жиров, а выполняя параллельно регуляторную функцию в процессах синтеза жиров, холестерина и оксидантных процессов в клетке.

В условиях повышенной активности контринсулярных гормонов пировиноградная кислота становится ключевым звеном в синтезе глюкозы *de novo*, участвуя таким образом в развитии патологических процессов в клетках и тканях.

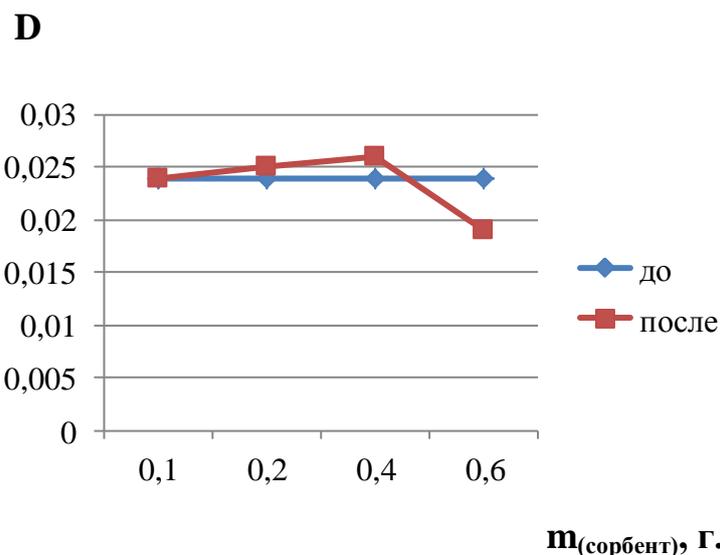


Рис. 3. Изменение оптической плотности 0,04 М растворов пирувиноградной кислоты в буферном растворе рН = 7,30

Применение препарата на основе гидролизованного лигнина вызывает снижение оптической плотности раствора, что говорит об уменьшении концентрации пирувата в растворе.

Количество сорбента, необходимого для удаления пирувата увеличивается по мере сдвига рН в сторону кислой реакции в сравнении с физиологической нормой.

#### Литература

1. Биохимия. Учебник / Под ред. Е. С. Северина. 2-е изд., испр. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. 784 с.
2. Кольман Ян, Рем К-Г. Наглядная биохимия. Пер. с нем. М.: Мир, 2000. 469 с.
3. Рыскина Е. А. Полифункциональность пирувата // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2014. № 10. С. 42–46.
4. Балаболкин М. И. Сахарный диабет. М.: Медицина, 1994. 384 с.
5. Биохимические основы патологических процессов / Под ред. Е. С. Северина. М. Медицина, 2000. 304 с.
6. Государственный регистр сахарного диабета РФ: статус 2015 и данные исследований с активным скринингом модуля «Диабет-центр».
7. Дедов И. И., Мельниченко Г. А., Фадеев В. В. Эндокринология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 432 с.
8. Захаров Ю. А. Диабет: новые и традиционные методы лечения. М.: ООО ТД «Изд-во Мир книги», 2009. 176 с.

## СУММАРНАЯ АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ОБРАЗЦОВ РАСТЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПИТАНИИ ДОЛГОЖИТЕЛЕЙ ВЬЕТНАМА

*В. Н. Зеленков<sup>1</sup>, А. А. Лапин<sup>2</sup>, М. В. Марков<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства РАН,  
zelenkov-raen@mail.ru*

<sup>2</sup> *Казанский государственный энергетический университет,  
lapinanatol@mail.ru*

<sup>3</sup> *Московский педагогический государственный университет,  
markovsmail@gmail.ru*

Актуальной проблемой в разработке функциональных продуктов питания, обогащенных природными микронутриентами и биологически активными компонентами растительного происхождения, является изучение особенностей использования различных природных ресурсов в повседневном питании групп населения с высоким процентом долгожителей независимо от проживания в районах с различной экологической обстановкой.

В основе современного методического подхода к профилактике старения, продления жизни и биоактивации организма лежит, прежде всего, системный подход, учитывающий комплексные взаимосвязи всех явлений жизни и целостный характер каждого отдельного организма, учет эволюции и иерархичности структуры, осознание сущности старения как глобального принципа изменчивости организмов. Общие взгляды на сущность и конкретные пути реализации старения позволяют выявить 4 глобальных направления – типа старения, которые реализуются во множестве конкретных механизмов старения, различных для разных органов и систем и разных иерархических уровней организации организма. Соответственно, пути и направления противодействия старению должны включать комплексные разнонаправленные методы воздействия на все уровни стареющего организма и его взаимодействия со средой обитания. Основными принципами геропротекции и биоактивации являются: комплексность и воздействие на фундаментальные механизмы старения, коррекция патологических процессов и их профилактика; этапность и последовательность воздействий, индивидуальный подход и возрастная градация средств и мероприятий; сочетание лечебных, профилактических и общеоздоровительных мероприятий; направленность на снижение темпа старения, коррекцию и обращение биовозраста, учет профиля и типа старения; использование стандартных наборов препаратов при возможности индивидуальной вариации их; постоянство воздействий – формирование особого стиля жизни; постоянный контроль и коррекция воздействий. В целом, весь комплекс мер профилактики старения и биоактивации возможен лишь в рамках государственной стратегии, направленной на формирование индивидуального здорового образа жизни человека [1].

Для ликвидации последствий механизма старения широко рекомендуется подход очистки организма за счет стимуляции функции органов и клеток, повышения уровня обмена веществ, стимуляции органов выведения, направленных на выведение «шлаков» из клеток и органов. Для предотвращения повторного «загрязнения» организма разработаны методы, аппараты и способы очистки воды, используются специальные энтеросорбенты, в том числе наши патентованные оригинальные сорбенты с биостимулирующими добавками. В литературе показана возможность увеличения продолжительности жизни у млекопитающих с помощью энтеросорбентов [1].

Из существующих курсов биостимуляции и геропофилактики можно выделить два: курс антиоксидантной терапии и курс «лечение без лекарств». Курс антиоксидантной терапии основан на одной из ведущих современных теорий старения – свободнорадикальной теории и на использовании новых патентованных аппаратов и средств. Курс предназначен прежде всего для снижения темпа и обращения старения (биостимуляции, омоложения) у лиц с неблагоприятным прогнозом долголетия, имеющим предрасположенность к опухолям, при снижении окислительно-восстановительного потенциала мочи и крови, профессиональных вредностях, облучении и т.п. Курс желательно назначать после определения нарушений в этой системе - тест на оксидативный стресс. Доказано влияние антиоксидантных средств на длительность жизни (продление на 30–40%). А курс «лечение без лекарств» основан на использовании, прежде всего, «натуральных» природных средств и методов, с минимальным воздействием фармакологических препаратов [1].

В настоящей работе исследовались различные растения и продукты их переработки любезно предоставленных делегации российской академии естественных наук (РАЕН) во время посещения Института тропической биологии Академии наук и технологий Вьетнама в декабре 2007 г. Они были переданы нам на исследования их антиоксидантной активности. Данные образцы представляют интерес, так как постоянно используются в питании людей, достигших преклонных лет (долгожителей Вьетнама) и живущих в районах неблагоприятных в экологическом плане, как следствие использованием высокотоксичных токсикантов – дефолианта диоксина, масштабно применяемом американцами в ведении боевых действий в годы войны в 70-е годы 20 века.

Характеристика образцов, представленных для исследований Институт тропической биологии АНТ Вьетнама, приведены в таблице 1.

Определение сухих веществ в водных и водно-спиртовых экстрактах (с.в.э.) проводили упариванием растворов на влагомере МХ-50 (Япония) при 105° С до постоянного веса. Также определяли содержание сухих веществ в образцах (с.в.о.), досушивая их до постоянного веса при 105 °С.

**Образцы растений и экстрактов из Института тропической биологии  
Академии наук и технологий Вьетнама**

№ п/п	Название образца	Исходные образцы	Вид образцов для анализа
1	Mangasteem	Экстракт в форме спиртового ликера (плоды с листьями)	Желтого цвета водный экстракт
2	Sapodilla plum (Achras sapota)	Листья	Бесцветный водный мутный экстракт
3	Гибискус овощной (бамия) <i>Hibisena esenlentus</i>	Стручок свежий	Бесцветный водный экстракт
4.	Джут длинноплодный ( <i>Corchorus olitorius</i> L.)	Листья	Бесцветный прозрачный водный экстракт
5.	Hot E	Семена	Бесцветный прозрачный водный экстракт
6.	MU TROM (вьетнамский национальный напиток)	Смола	При заваривании смолы образовалось желе. Запах уксуса
7.	CUMG	Плод свежий	Бесцветный водный экстракт
8.	NGHE	Корень сырой	Прозрачный водный экстракт желтого цвета
9.	NGHE	Сухой порошок	Прозрачный водный экстракт желтого цвета
10.	NGUV BHNG	Стебель сырой	Прозрачный водный экстракт светло-коричневого цвета
11.	Noni (Моринда цитрусолистная)	Водно-спиртовый экстракт	Прозрачный водно-спиртовый экстракт
12.	Noni (Моринда цитрусолистная)	Корень сырой	Прозрачный водный экстракт кремового цвета
13.	Тутовая ягода	Сок	Сок
14.	Имбирь китайский или галангал ( <i>Alpinia officinarum</i> Hance)	Корень	водный экстракт
15.	Имбирь китайский или галангал ( <i>Alpinia officinarum</i> Hance)	Корень сырой	Прозрачный водный экстракт светло-кремового цвета
16.	Семена банана	Семена	Прозрачный водный экстракт с розовым оттенком
17.	Водно-спиртовый экстракт из семян банана	Водно-спиртовый экстракт	Прозрачный водно-спиртовый экстракт с розовым оттенком

Суммарную антиоксидантную активность (САОА) образцов определяли кулонометрическим методом на приборе «Эксперт-006» (г. Москва) по сертифицированной нами методике в соответствии с сертифицированной в Госстандарте РФ методикой [2] в г рутина (Ru) на 100 г с.в.э. или с.в.о. Определение содержания водорастворимых пектинов (ВРП) в образцах проводили осаждением их удвоенным объемом раствора хлористого кальция из водных экстрактов образцов с последующим пересчетом на 100 г сухого вещества ис-

ходного образца. Водные экстракты образцов готовили путем заваривания их кипящей водой (в соотношении 1: 50 в пересчете на с.в.о.) и настаиванием в течении 15 минут.

Результаты определения САОА приведены в таблице 2. Как видно из таблицы, представляют интерес для дальнейших исследований образцы под № 1, 9, 16, 17, которые представляют собой водно-спиртовой экстракт мангостима, порошок NGHE, семена банана и банановый водно-спиртовой экстракт, показавшие следующие САОА:  $23,54 \pm 1,38$  г Ru на 100 г с.в.э.,  $13,12 \pm 0,35$  г Ru на 100 г с.в.о.,  $7,28 \pm 0,34$  г Ru на 100г с.в.о.,  $26,82 \pm 2,54$  г Ru на 100 г с.в.э., соответственно. Образцы, представленные для исследований, имели высокое содержание водорастворимых пектинов. Однако, несмотря на это не просматривается никакой закономерности по взаимосвязи этих показателей с САОА исследованных образцов.

Следует отметить, что уровень САОА в г Ru на 100 г с.в.о. для образца 9 – NGHE ( $13,12 \pm 0,35$ ) сопоставим с уровнем САОА кипрея волосистого ( $11,84 \pm 0,90$ ) Тамбовской области. Образец 16 – семена банана ( $7,28 \pm 0,34$  г Ru на 100 г с.в.о.) по уровню САОА сопоставим с 14 растениями Тамбовской области: вероника колосистая, осинник красностебельный, зюзник возвышенный, золотарник обыкновенный, буквица лекарственная, девясил германский, шалфей степной, горчица Любименко, василистник простой, молочай полумохнатый, лабазник обыкновенный, серпуха венценосная, кермек войлочный, вербейник обыкновенный, имеющими САОА в диапазоне 6,2 – 7,9 г Ru на 100 г с.в.о. [3]. Это открывает пути по использованию растений России для возможного применения в получении продуктов профилактического питания для нивелирования отрицательного воздействия факторов неблагоприятия проживания в экологически неблагоприятных районах России.

Таблица 2

**Суммарная антиоксидантная активность биологических образцов из института тропической биологии АНТ Вьетнама**

№ п/п	Название образца	с.в.э., % масс.	с.в.о., % масс.	ВРП, % масс.	САОА г Ru на 100 г с.в.э.	САОА г Ru на 100г с.в.о.
1	2	3	4	5	6	7
1	Mangasteem	3,5	–	–	<u><math>23,54 \pm 1,38</math></u>	–
2	Sapodilla plum Sapodilla plum (Achras sapota)	0,23	20,74	31,81	–	
3	Гибискус овощной (ба- мия) <i>Hisbisena esenlentus L.</i>	0,34	8,78	52,27	–	$0,10 \pm 0,00$
4	Джут длинноплодный ( <i>Corchorus olitorius L.</i> )	0,08	13,67	48,35	–	$0,35 \pm 0,01$
5	Hot E	–	90,39	–	–	$5,0 \pm 0,01$
6	Mutrom (вьетнамский национальный напиток)	–	83,17	64,46	–	$2,00 \pm 0,01$
7	CUMG	–	32,94	16,39	–	$0,34 \pm 0,001$
8	NGHE	0,24	17,17	38,48	–	$0,09 \pm 0,001$

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
9	NGHE	–	87,81	24,32	–	<u>13,12±0,35</u>
10	NGUV BHNG	1,17	17,94	51,24	–	1,51±0,05
11	Noni (Моринда цитрусолистная)	4,12	–	–	3,49±0,22	
12	Noni (Моринда цитрусолистная)	0,11	95,48	6,70	–	0,68±0,01
13	Туговая ягода	46,35	–	–	0,77±0,04	–
14	Имбирь китайский или галангал ( <i>Alpinia officinarum</i> Нансе) Имбирь	0,08	19,58	28,57	–	0,14±0,01
15	Имбирь китайский или галангал ( <i>Alpinia officinarum</i> Нансе)	0,77	19,54	38,87	–	1,82±0,14
16	Семена банана	0,39	88,37	7,24	–	<u>7,28±0,34</u>
17	Водно-спиртовой экстракт из семян банана	2,34	–	–	<u>26,82±2,54</u>	–

Полученные результаты могут быть использованы в разработке новых продуктов функционального питания с повышенной антиоксидантной активностью для снижения темпа и обращения старения (биостимуляции, омоложения) у лиц с неблагоприятным прогнозом долголетия, имеющим предрасположенность к опухолям, профессиональных вредностям, облучению и живущих в районах с эуэкологически неблагоприятными условиями.

#### Литература

1. Донцов В. И., Крутько В. Н., Подколзин А. А. Профилактика старения, продление жизни и биоактивация: методические подходы // Профилактика старения. 1999. Вып. 2. 114 с.
2. Зеленков В. Н., Лапин А. А. Методика выполнения измерений «Определение суммарной антиоксидантной активности образцов на кулонометрическом анализаторе». ВНИИ овощеводства Россельхозакадемии, 2013. 34 с.
3. Зеленков В. Н., Марков М. В., Лапин А. А., Козаева Л. Т. Компоненты растительного покрова Тамбовской области и их антиоксидантный статус. М: РАЕН, 2010. 122 с.

### БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

*И. И. Окулова<sup>1,2</sup>, О. Б. Жданова<sup>1</sup>, О. В. Часовских<sup>1,3</sup>, А. А. Шабанова<sup>1</sup>,  
А. Н. Кислицына<sup>1</sup>, А. А. Сидоров<sup>1</sup>, А. О. Двойнишникова<sup>1</sup>*  
<sup>1</sup> Кировский государственный медицинский университет,  
<sup>2</sup> ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова,  
<sup>3</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Последнее десятилетие ознаменовалось бурным развитием сетевого маркетинга и широким распространением понятия «биологически активные

добавки к пище» или БАД. БАДы являются активными помощниками человека в борьбе с негативными отклонениями в организме и защитой от неблагоприятного воздействия окружающей среды и психо-эмоционального напряжения. Еще до наступления новой эры в Египте, Индии, Китае, Тибете, Монголии и других странах Востока сложились стройные системы профилактики и терапии различных заболеваний путем использования чаще в натуральном виде специально приготовленных продуктов из растительных, животных тканей и минерального сырья [1, 2].

Рационализация питания – это наличие в ежедневном рационе продуктов насыщенных белками (нежирное мясо, рыба, морепродукты, бобовые, яйца) и ненасыщенными жирами (жирная рыба, орехи, семечки), овощи, фрукты; часто именно безбелковые диеты становятся причиной ранней седины, снижения тургора кожи и иммунитета в целом. Следование этим простым и общеизвестным советам является первым шагом на пути к здоровью и долголетию. Питание является одним из главных факторов, определяющих нормальный рост и развитие организма, гомеостаз, работоспособность и здоровье человека. Нами были изучены литературные данные по использованию биологически активных препаратов, таких как мелатонин и карнозин в питании человека и в кормлении животных

**Цель данного исследования** – биологически активные препараты и возможности их применения.

Мелатонин – это нейрого르몬, вырабатываемый клетками эпифиза (шишковидной железы), был открыт в 1958 году А. Б. Лернером. Максимальные значения мелатонина в крови наблюдаются между полночью и 4 часами утра. Известно, что мелатонин препятствует иммуносупрессивному действию острого стресса, стероидов надпочечников, лекарств, вирусных болезней, возраста и заболевания раком и др. Согласно многочисленным наблюдениям гормон стабилизирует деятельность различных эндокринных систем, дезорганизованных стрессом, в том числе ликвидируя избыточный стрессовый адреналовый гиперкортицизм, снижает уровень свободных радикалов, сохраняет юношеский циркадный цикл, стимулирует повышение уровня гормонов роста и тем самым повышаются обменные процессы в организме. Таким образом, у мелатонина две основные функции – гормональная регуляция и антиоксидантная защита [3]. Была изучена динамизированная форма мелатонина (MEL-3CH) на изменение структуры волоса у белых лабораторных мышей, китайских хомяков, домашних декоративных крыс, достигших периода старения (возраст 1,5–2 года) [4]. Авторы отмечают, что шерсть у всех животных становится блестящей, здоровой, густой. При микроскопическом исследовании отмечали уплотнение сердцевины, коркового слоя, а также происходило плотное прилегание кутикулы к корковому веществу, в контрольных группах, шерсть оставалась тусклой, взъерошенной, а при микроскопировании отмечали отслоение коркового слоя от сердцевины и кутикулы, сердцевина имела изломанную структуру. При изучении влияния мелатонина на продолжительность принудительного плавания крыс, установлено, что время плавания уве-

личивается в 2,5 раза по сравнению с контрольной группой, что подтверждает, что MEL-3СН повышает выносливость животных [4, 5]. Изучено влияние мелакрила (препарат эпифизарного гормона мелатонина) на гистоструктуру яичников самок красной лисицы в возрасте 5 лет. Имплантирование мелакрила самкам красной лисицы происходит увеличение количества первичных, вторичных и третичный фолликулов. Самкам, которым не был имплантирован мелакрил, наступает атрофия яичников [5].

При имплантации препарата мелакрила, действующим началом которого является мелатонин, применяется в специализированных хозяйствах по разведению пушных зверей для ускорения линьки и формирования зимнего меха. Установлено, что у этих животных имплантированный мелатонин влияет на репродукцию, гормональную и антиоксидантную активность и устойчивость к заболеваниям [6, 7].

Карнозин – природный антиоксидант и «ловушка» свободных радикалов. Широко распространен в тканях, особенно высокие его концентрации обнаружены в мышцах и мозге [8]. В головном мозге содержится как в глиальных клетках, так и в нейронных путях зрительной и обонятельной систем [9]. В обонятельных сенсорных нейронах локализован вместе с глутаматом [10]. Терапевтическое применение карнозина в эксперименте и в клинике позволило охарактеризовать его, как эффективный иммуномодулятор и противовоспалительный агент [11, 12]. Карнозин обладает способностью восстанавливать сократительную активность сердца при длительной ишемии [1]. Возможно его использование для снижения артериального давления и защиты головного мозга от последствий ишемии – реперфузии. Антиоксидантные свойства карнозина обеспечивают его успешное применение при лечении катаракты, поверхностных ожогах эпидермы, заживлении ран, т. е. при различных воспалительных процессах, протекающих на фоне повреждения клеточных мембран [3]. Изучено влияние карнозина на морфофункциональные показатели лейкоцитов крови норок различных окрасов [13] и влияние гистидинсодержащего дипептида карнозина на гематологические показатели норок различных окрасов [14].

Таким образом, использование биологически активных препаратов в питании является эффективным средством профилактики, а также дополнительного (а иногда, и основного) лечения больных при широко распространенных хронических заболеваниях, как ожирение, сахарный диабет, сердечно-сосудистые заболевания, злокачественные новообразования, иммунодефицитные состояния, заболевания желудочно-кишечного тракта, дегенеративные заболевания опорно-двигательного аппарата.

БАД предназначены для оптимизации рациона питания; согласно определению, БАД не являются лекарствами; в состоянии болезни используются только как дополнение к основной терапии; должны применяться под контролем врача для предотвращения неблагоприятных последствий.

## Литература

1. Алабовский В. В. и др. Бюлл. эксперим. биол. мед. 1999. 127. С. 290–294.
2. «БАД в питании человека» / А. Н. Австриевских, В. А. Тутельян, Б. П. Суханов, В. М. Поздняковский Томск: Изд-во научно-технической литературы, 1999.
3. Болдырев А. А. Биологическое значение и возможности применения в медицине // Карнозин. М.: МГУ, 1998. С. 252–269.
4. Zhdanova O., Okulova I., Kondosova C. The influence of hormones of epiphysis to the reproductive system // European journal of natural History. 2017. N 4. P. 11–12.
5. The influence of the different forms of melatonin to the physiological conditions of the laboratory and fur animals // D. V. Rassokhin, O. B. Zhdanova, I. I. Okulova, K. V. Lutina, A. A. Dubovceva, N. N. Novoselova, J. S. Buldakova, D. A. Kislitsyn, O. V. Chasovskikh, L. V. Stefanovich // Agrosym 2016. VII International Scientific Agricultural Symposium. Jahorina, 06–09 October 2016. Bosnia and Herzegovina.
6. Серегина С. Н., Илюха В. А., Лапински С., Недбала П., Окулова И. И., Бельтюкова З. Н. Видоспецифичность изменения про-и антиоксидантного баланса в печени хищных млекопитающих семейства CANIDAE под влиянием экзогенного мелатонина // Фундаментальные исследования. Пенза: Издательский дом Академия Естествознания, 2014. № 9–1 С. 96–99.
7. Viktor A. Plykha, Ludmila B. Uzenbaev, Stanislaw Lapinski, Evgenij A. Khizhkin, Svetlana N. Sergina, Irina V. Baishnikova, Tatiana N. Ilyina, Marcin Lis, Piotr Niedbala, Irina I. Okulova Influences of the melatonin implant on the physiological function of fur animals depending on species and age // LXXVIII Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Zootecznego im. Michala Oczapowskiego, Krakow, 9–11 Wrzesnia 2013. S. 323.
8. Marchis S. D., Melcangi R. C., and et al. Neurosci. Lett., 1997. 23. P. 737–740.
9. Biffo S., Grillo M. and et al. Neuroscience. 1990. 35. P. 637–651.
10. Sassoe-Pognetto M., Cantino D. and et al. Neuroreport. 1993. 5. P. 7–10.
11. Стволинский С., Котлобай А., и др. Эксперим. клин. фармакол. 1995. 58. № 2. С. 66–74.
12. Мжельская Т. И., Болдырев А. А. Журн. эвол. биохим. и физиол. 1997. 33. С. 688–698.
13. Григорьева Е. Н., Узенбаева Л. Б., Кижина А. Г., Окулова И. И., Бельтюкова З. Н., Илюха В. А. Влияние карнозина на морфофункциональные показатели лейкоцитов крови норок различных окрасов // Современная медицина: от фундаментальной науки к клинической практике: Сб. науч. статей сотрудников Петрозаводского государственного университета. Киров. 2014. С. 85–90.
14. Кижина А. Г., Узенбаева Л. Б., Окулова И. И., Бельтюкова З. Н., Илюха В. А., Григорьева Е. Н. Влияние гистидинсодержащего дипептида карнозина на гематологические показатели норок различных окрасов // XV международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. Киров: ВГСХА, 2015. С. 121–125.

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ И КОСМЕТОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИЗ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА

*В. А. Козвонин, Е. В. Товстик, А. В. Сазанов, Н. В. Сырчина,  
Р. В. Селезнев*

*Вятский государственный университет,  
va\_kozvonin@vyatsu.ru, tovstik2006@inbox.ru, usr11759@vyatsu.ru,  
nvms1956@mail.ru, romanseleznev@gmail.com*

Среди отраслей животноводства значительный вклад в обеспечение населения высококачественными продуктами питания вносит птицеводство. Так согласно, составленному прогнозу на 2022 год, на первом месте по валовому производству в мире будет мясо птицы [1].

Развитие птицеводства отмечают и в Российской Федерации. По некоторым данным количество птицефабрик в России на данный момент составляет более 600 [2].

Помимо основной продукции птицефабрик – яйца и мясо кур, употребляемых в пищу человечеством, в ходе работы птицефабрик, производятся и другие виды менее востребованных субпродуктов, среди которых перо, ноги, железистые желудки, костные остатки птиц. В целом общее количество непищевых отходов, образующихся в ходе переработки туш птиц в среднем достигает 23,7–28,3% от живой массы птицы [3].

В связи с этим переработка и утилизация отходов образующихся в ходе работы птицефабрик является весьма актуальной задачей, при решении которой следует учитывать то, что получаемые отходы отличаются по химическому составу, структуре и имеют различные особенности, что в свою очередь требует индивидуального подхода к их переработке. Так же важно учитывать, что некоторые отходы птицефабрик обладают уникальными полезными свойствами, благодаря содержащимся в них биологически активным веществам, что позволяет использовать их в качестве биологически активного сырья в других видах производств [4, 5].

Одним из перспективных направлений использования отходов птицеводства является экстрагирование гиалуроновой кислоты (ГК) из куриных гребней [6].

ГК является естественным биополимером, обладающим уникальными свойствами, позволяющими использовать его в медицине, косметологии, нутрицевтике, ветеринарии. Она входит в состав синовиальной жидкости, стекловидного тела, соединительной ткани. В относительно больших количествах этот биополимер обнаружен в коже, пупочном канатике, оболочках яйцеклеток, а также в костях, роговице, клапанах сердца.

ГК играет одну из ключевых ролей в межклеточных взаимодействиях. Многие клетки обладают рецепторами к ГК. Как «цементирующий» компонент основного вещества соединительной ткани ГК влияет на ее проницае-

мость, а также определяет барьерную и защитную функции межклеточного матрикса.

Широкое применение различных препаратов и изделий на основе ГК в медицине и косметологии обусловлено не только выраженной физиологической активностью этого соединения, но и такими факторами, как отсутствие антигенности, высокая биосовместимость с тканями и средой человеческого организма, возможность целенаправленной модификации свойств [6]. ГК являются перспективной субстанцией для создания новых биосовместимых и биodeградируемых полимеров, которые можно применять для доставки лекарств к тканям, в биоинженерии тканей, для ускорения заживления ран, формирования постхирургических рубцов, в офтальмологии и в ортопедии. ГК, обладая мощным регенерирующим действием, предотвращают образование грануляционных тканей, спаек, рубцов; нормализуют кровообращение, восстанавливают иммунные реакции кожи, нормализует метаболизм и обменные процессы в коже. В биоревитализации применяют немодифицированную ГК с определенными параметрами. Процедуры увлажнения и биоревитализации с использованием инъекций немодифицированной ГК относят к числу самых эффективных методов, восстанавливающих качество кожи физиологическим путем.

Уникальные свойства ГК обуславливают повышенный интерес к возможности увеличения производства этой субстанции. По данным «Transparency Market Research», маркетинговая стоимость ГК в 2012 году составила 5,32 миллиардов долларов США. К 2019 году этот показатель по прогнозам должен возрасти до 9,85 млрд. Наибольшую рыночную стоимость имеют высокомолекулярные формы ГК ( $> 0,5$  MDa). Повышенный интерес к производству ГК отражается в увеличении числа публикаций и заявок на патенты, поданных за последние годы [7].

Целью нашей работы явилось оценка возможности получения гиалуроновой кислоты из отходов птицеводства. В качестве источника гиалуроновой кислоты использовали куриные гребни. Для извлечения ГК из куриных гребней пользовались имеющимися в открытом доступе методиками с некоторыми модификациями в технологическом процессе.

Предварительная подготовка материала (предварительный этап) заключалась в обескровливании и измельчении гребней. Для этого промытые водой куриные гребни экстрагировали этиловым спиртом (х. ч., 96–97%-ным) в соотношении 1:2 в течение 4-х часов. Для ускорения процесса применяли встряхивание на шейдере при 150 об/мин. Обескровленные таким образом гребни, масса которых после экстрагирования составляла 50% от исходной массы, измельчали, а затем в зависимости от способа извлечения гиалуроновой кислоты проводили ряд последовательных операций.

Первый способ получения заключался в модификации методики заморозки–выпаривания [8].

После предварительного этапа обескровленные и измельченные гребни замораживали в морозильной камере при температуре  $-23$  °C в течение 3-х

суток. Прибавляли 2-х кратный объем воды и проводили одновременно с размораживанием экстракцию на кипящей водяной бане в течение 25 минут. Путем фильтрования через 3-х слойный марлевый фильтр отделяли осадок от экстракта. Полученный экстракт собирали в колбу и хранили при температуре +3 °С. Оставшийся после фильтрования осадок вновь замораживали при температуре –23 °С в течение 1,5 часов. После заморозки прибавляли 1,5 кратный объем воды и вновь проводили экстракцию на кипящей водяной бане в течение 25 минут. Далее проводили отделение осадка от экстракта. Всего в ходе 2-х кратного цикла экстрактивного замораживания был собран 1 л фильтрата. Гиалуроновую кислоту из объединенного фильтрата осаждали 1%-ым раствором уксусной кислоты с использованием 10 минутного встряхивания. Отстаивание осадка проводили при температуре +3 °С в течение 24 часов, с последующим отделением осадка (рН = 7,0) путем центрифугирования. Сушку осадка проводили на кипящей бане в течение 4-х часов. Масса сухого осадка составила 2,5 г. или 0,5% от исходной массы гребней.

Второй способ получения заключался в модификации методики с применением ультразвука (УЗ) [9].

Обескровленные и измельченные после предварительного этапа гребни подвергали обработке УЗ с частотой вибрации 35 кГц в течение 8 минут. Обработанные УЗ гребни экстрагировали водой при температуре +45 °С в течение 24 часов. Отделение водной фазы проводили путем фильтрования, осаждение гиалуроновой кислоты 95%-ным этиловым спиртом. Полученный осадок фильтровали, с последующим высушиванием при температуре +80 °С. Масса сухого осадка по данному способу получения составила 1,3 г. или 0,26% от исходной массы гребней.

Полученные образцы гиалуроновой кислоты были проанализированы на газовом хроматомасс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus компании «Shimadzu» (Япония). Образец исследуемого материала подвергся воздействию повышенной температуры (300 °С). Одновременно с началом воздействия на образец повышенной температуры производился запуск анализа на газовом хроматомасс-спектрометре и записи аналитических данных.

Последующую обработку данных осуществляли с помощью программного обеспечения GCMSolution 2.5 укомплектованного универсальной библиотекой масс-спектров 250 000 органических соединений NIST 05. Данная программа позволяет производить автоматическую идентификацию компонентов путём подбора библиотечных масс-спектров, имеющих наибольшую математическую сходимость с экспериментально полученным масс-спектром определяемого вещества. Результаты анализа представлены в виде стандартных отчетов, сформированных программой обработки данных (рис. 1 и 2).

Содержание гиалуроновой кислоты в опытном образце, полученном по модифицированной методике заморозки–выпаривания, составило 18,81% или 0,47 г. В пересчете на 1 кг исходного сырья (гребни) выход ГК таким образом составил 0,94 г (рис. 1).

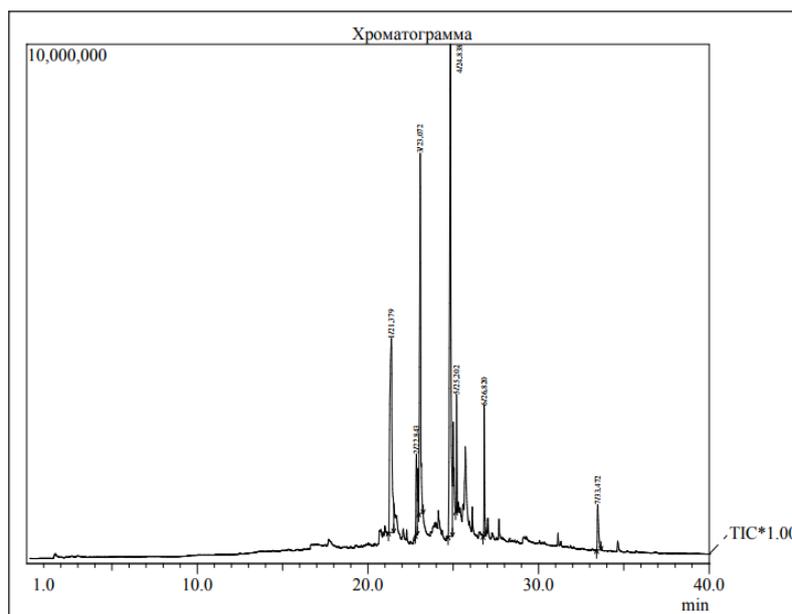


Рис. 1. Хроматограмма анализа концентрата гиалуроновой кислоты по модифицированной методике заморозки–выпаривания

В опытном образце, полученном по модифицированной методике с применением УЗ, содержание ГК составило 2,13% или 0,03 г. В пересчете на 1 кг исходного сырья (гребни) выход ГК составил 0,06 г. (рис. 2).

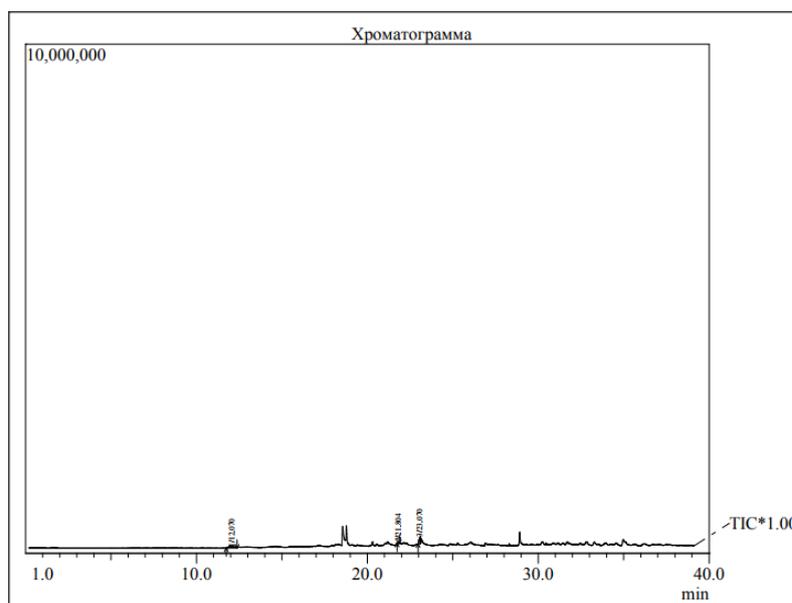


Рис. 2. Хроматограмма анализа концентрата гиалуроновой кислоты по модифицированной методике с применением ультразвука

Таким образом, отходы птицеводства могут быть использованы в качестве потенциального источника ценного биологического сырья для медицинской и косметической промышленности. Имеющиеся в открытом доступе методики по получению ГК из животного сырья реализуемы на практике, но эффективность их различна и зависит от ряда причин. В полученных по различным методикам опытных образцах, содержание ГК резко отличается.

Наиболее эффективным на данном этапе исследования оказался способ, основанный на принципе «замораживание–выпаривание». Реализация технологии в опытно-промышленных масштабах позволит более полно осуществлять утилизацию отходов птицеводства.

### Литература

1. Чертков Д. Д., Бараников А. И., Ивашков П. И., Чертков Б. Д., Колосов Ю. А. Основы энергосберегающих технологий производства продукции птицеводства: монография. пос. Персиановский : Изд-во Донского ГАУ, 2011. 274 с.
2. Попок Л. Е. Общая характеристика и историческое развитие отрасли птицеводства в России // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2005. № 11. С. 84–89.
3. Мельник В. А. Переработка и использование отходов птицеводства в условиях птицеводческих хозяйств: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Загорск, 1991. 20 с.
4. Соколова Л. А., Михневич Л. В. Вторичные продукты птицепереработки – источник биологически активных компонентов // Мясные технологии. 2011. № 5 (101). С. 38–40.
5. Гуцин В. В., Соколова Л. А., Красюков Ю. Н., Вострикова Н. Л. Новые виды продукции, содержащие биологически активный компонент – гиалуроновую кислоту // Птица и птицепродукты. 2015. № 4. С. 23–25.
6. Гришо О. Структура, свойства и применение гиалуроновой кислоты в медицине. Новая модификация гиалуроновой кислоты – эфир АСР // Эстетическая медицина. 2008. Т. VII. № 3. С. 3–8.
7. Oliveira J. D., Carvalho L. S., Vieira A. M. et al. Genetic basis for hyper production of hyaluronic acid in natural and engineered microorganisms // Microbial Cell Factories. 2016. V. 15. № 1. P. 119.
8. Патент 2115662. Россия. Способ получения гиалуроновой кислоты // И. И. Самойленко, А. Е. Епифанов. Заявл. 21.07.1997. Опубл. 20.07.1998.
9. Патент 2017751. Россия. Способ получения гиалуроновой кислоты // В. Ю. Ряшенцев; С. Ф. Никольский; Е. С. Вайнерман; В. И. Поляков; А. Н. Гуров; А. Н. Овчинников; Е. Ю. Игнатова. № 4939023/05; Заявлено 22.05.1991. Опубл. 15.08.1994.

## ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ФЕРМЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ ПО ИЗМЕНЕНИЮ АКТИВНОСТИ РЯДА ФЕРМЕНТОВ КРОВИ ПОД ВЛИЯНИЕМ КОРВАЛОЛА

*О. М. Плотникова, А. Ю. Иванова, А. С. Каминская  
Курганский государственный университет, plotnikom@yandex.ru*

Корвалол – доступный и популярнейший медикамент, изготовленный из вытяжек лекарственных трав, обладающих успокоительным и седативным эффектом. Основные ингредиенты корвалола – этиловый спирт, фенобарбитал и этилбромизовалерианат [1]. Фенобарбитал – относится к группе барбитуратов, эти вещества оказывают выраженное снотворное действие и накапливаются в организме, сильно угнетают нервную систему.

Производство корвалола началось в Германии в 1912 г., в настоящее время этот препарат запрещен во многих странах, ввиду того, что провоцирует привыкание [2]. В связи с этим было интересно изучить, как корвалол действует на ферментативную активность в крови лабораторных мышей.

Для эксперимента были отобраны опытная и контрольная группы мышей – по 9 особей в каждой. Мышей опытной группы поили раствором корвалола в течение 5 дней. Дозировку рассчитывали, исходя из инструкции: в первый день – из расчета двукратной дозы, во второй день – 4-х кратной, в 3 день – 8-и кратной и в 4–5 дни – 10-и кратной дозы; мышей контрольной группы поили водой. Через пять дней животных декапитировали, для исследования отбирали кровь и центрифугировали. Все работы с лабораторными мышами проводили согласно принципам гуманного отношения к животным и правилами лабораторной практики [3]. В полученной плазме крови определяли активность ферментов: аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатамино-трансферазы (АСТ), а также их соотношение – коэффициент де Ритиса, креатинкиназы (КК) и холинэстеразы (ХЭ) [4]. В норме ферменты работают внутри клетки, регулируя самые разнообразные биохимические реакции, а в кровь они поступают в результате ее разрушения.

Ферменты АЛТ и АСТ относятся к группе трансфераз, осуществляющих перенос функциональных групп от одного соединения к другому. АЛТ – фермент, который находится во всех клетках организма, главным образом в печени и почках. Большое количество фермента АСТ находится в тканях печени и сердца. Изменение активности этих ферментов чаще всего указывает на изменение работы именно этих органов. Соотношение ферментов АСТ/АЛТ называется коэффициентом де Ритиса, определив его, появляется возможность указать, какой орган подвергается поражению. Холинэстераза – фермент, образующийся в печени. Содержится в нервной ткани и скелетных мышцах. Она участвует в транспорте ионов через мембраны клеток крови и скелетных мышц. Определение холинэстеразы используют для оценки работы печени. Креатинкиназа – специфический фермент, содержащийся в скелетных мышцах, в миокарде, в клетках головного мозга, легких. Она принимает участие в образовании и расщеплении энергии, обеспечивая участки энергией там, где это требуется в большей степени.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали методами непараметрической статистики: совокупности экспериментальных данных в каждой выборке описывали с помощью медианы и процентилей; на основании медианы считали различия в процентах (%) опытных и контрольных групп; достоверность различий между выборками экспериментальных данных оценивали с использованием критерия Вилкоксона для независимых выборок при  $p < 0,05$  [5].

В результате проведенного исследования о влиянии корвалола на ферментативную активность лабораторных мышей было отмечено, что активность ферментов АЛТ, АСТ, ХЭ не изменялась. Наибольшее влияние препарат оказал на креатинкиназу, активность которой возросла на 33% (рис.).

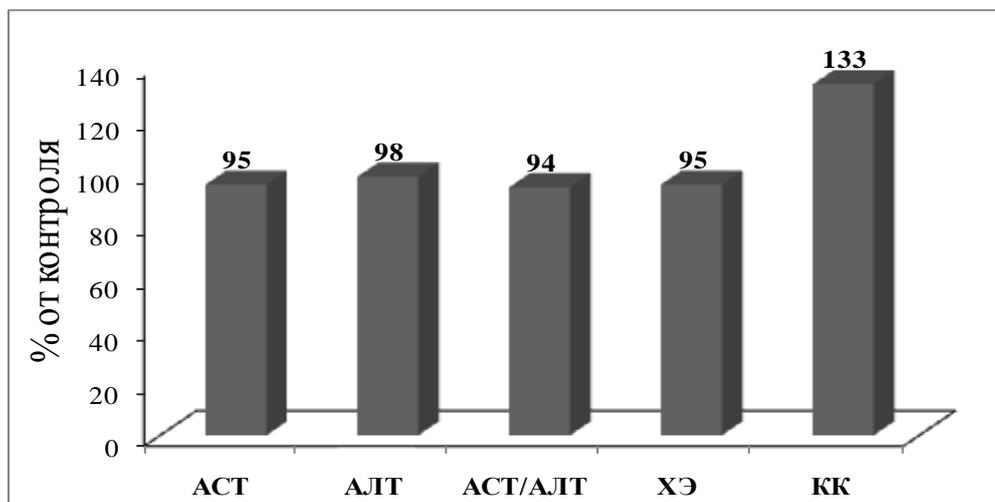


Рис. Активность ферментов в плазме крови лабораторных мышей после выпаивания раствора корвалола в течение 5 дней

В условиях проведенного эксперимента повышение активности креатинкиназы может быть связано с интоксикацией, в первую очередь, за счет фенobarбитала, входящего в состав корвалола. Если такая интоксикация будет длительной, то это может привести к изменению работы нервной системы. Это указывает на необходимость ограничения использования корвалола.

#### Литература

1. Машковский М. Д. Лекарственные средства. М.: Новая волна, 2005. 103 с.
2. Чем опасен корвалол: электронный ресурс / <http://oppops.ru/chem-opasen-korvalol-serdechnoe-kovarstvo.html> (дата обращения 15.10.2017).
3. Правила лабораторной практики в Российской Федерации: приложение к приказу МЗ РФ № 267 от 19.06.2003.
4. Справочник по лабораторным методам исследования / Под ред. Л. А. Даниловой. СПб.: Питер, 2003. С. 218–277.
5. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1998. 459 с.

Научное издание

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ  
И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Материалы XV Всероссийской научно-практической  
конференции с международным участием,  
посвященной Году экологии

4–6 декабря 2017 г.

Книга 1

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова, С. Г. Скугорева, Т. П. Клабукова

Дизайн обложки: В. В. Рутман

Подписано в печать 30.11.2017 г. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 18,3.

Тираж 200 экз. Заказ № 4901.

Отпечатано с готового оригинал-макета в центре полиграфических услуг

Вятского государственного университета,

610000, г. Киров, ул. Московская, 36.