

**Сукцессия фототрофных организмов пойменного луга
на техногенной территории**

© 2019. Л. В. Кондакова^{1,2}, д. б. н., профессор, с. н. с.,
Е. В. Дабах^{1,2}, к. б. н., доцент, с. н. с.,

А. П. Кислицына^{3,4}, к. с.-х. н., доцент, с. н. с.,

¹Вятский государственный университет,
610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36,

²Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,

³Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
610017, Россия, г. Киров, Октябрьский проспект, д. 133,

⁴Федеральный аграрный научный центр
Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,
610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, д. 166а,
e-mail: ecolab2@gmail.com

В статье представлены сведения о сукцессии высших растений и водорослей в пойменных луговых фитоценозах в районе хвостохранилищ химических предприятий г. Кирово-Чепецка (Кировская область) после внесения в почву нитрата аммония при поливе луга богатыми азотом водами из ближайших озёр. Почва луга – аллювиальная дерновая. Однократное воздействие умеренных доз азота и прекращение хозяйственного использования луга повлекло за собой постепенную смену разнотравно-злаковой растительности на пойменных гнивах на крупноразнотравно-злаковую. Воздействие высоких доз азота привело к гибели луговых трав. Восстановление растительного сообщества началось только спустя 2–3 года с отрастания корневищных кислотоустойчивых злаков, сукцессия имела необратимый характер.

На участках мониторинга было отмечено невысокое видовое разнообразие микрофототрофов, по числу видов преобладали зелёные водоросли. Полноценная группировка фототрофов, состоящая из представителей цианобактерий (ЦБ), зелёных, охрофитовых и диатомовых водорослей, была выявлена только на контрольном участке. На участках с поливом водой, содержащей азот, не были отмечены ЦБ, практически отсутствовали жёлтозелёные водоросли.

Ключевые слова: техногенная территория, загрязнение азотом, фототрофы, сукцессии, водоросли, цианобактерии.

**Floodplain meadow phototrophic organisms' succession
on the technogenic territory**

© 2019. L. V. Kondakova^{1,2}, ORCID: 0000-0002-2190-686X²

E. V. Dabakh^{1,2}, ORCID: 0000-0002-6088-4819², A. P. Kislitsina^{3,4}, ORCID: 0000-0001-7474-7359³

¹Vyatka State University,

36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,

²Institute of Biology of the Komi Science Centre of the Ural Branch of RAS,
28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,

³Vyatka State Agricultural Academy,
133, Oktyabrskiy Prospekt, Kirov, Russia, 610017,

⁴Federal Agricultural Research Centre of North-East named after N. V. Rudnitskiy,
166 a, Lenina St., Kirov, Russia, 610007,
e-mail: ecolab2@gmail.com

The paper deals with higher plants and algae successions in floodplain meadow phytocenoses of the Vyatka River in the vicinity of tailing storage facilities of the chemical plants in Kirovo-Chepetsk. The soil is alluvial sod, it is characterized with medium- and slightly acid reaction of the medium, high hydrolytic acidity, a comparatively high amount of organic matter, little stores of dynamic compounds of nitrogen, phosphorus, and potassium. Introduction of undeterminably large doses of ammonia-nitrate during the experiment lead to soil saturating with ammonia ion and acidification

of the medium. One-time effect of moderate doses of nitrogen and termination of the practical use of the meadow caused the fact that in floodplain ridges motley grass vegetation has got gradually changed into tall-herb-grasses vegetation.

Rehabilitation of the vegetation community started only 2–3 years later the effect of large doses of nitrogen caused meadow grasses failure. It began with regrowth of rootstock acid-tolerant grasses. In this case the succession was irreversible, and even 7 years after the effect of large doses of nitrogen the original state of the succession did not take place.

The monitored sites are characterized with low species diversity of microphototrophs, the species of green algae prevailed in number. Full group of phototrophs consisting of cyanobacteria, green algae, Xanthophyta, and diatomic algae was found only in the control site. In the sites irrigated with nitrogen-containing water there were neither cyanobacteria, nor Xanthophyta.

Introduction of large doses of nitrogen in the floodplain meadow soil and termination of its practical use lead to damaging the succession of higher and lower organisms. Higher vegetation started regenerating 2–3 years after the stress as a result of anthropogenic impact, full group of algaeflora did not regenerate.

Keywords: technogenic territory, contamination with nitrogen, phototrophs, succession, algae, cyanobacteria.

Фототрофные организмы – высшие растения, водоросли и цианобактерии (ЦБ) – являются основой функционирования любой экосистемы и биосферы в целом. [1]. В природных условиях ход сукцессий возобновляется ежегодно, любой из этапов может быть сжат, растянут или ликвидирован совсем при действии техногенных факторов. Интенсивность техногенного воздействия на фототрофные организмы зависит от состава и свойств почв, поскольку почвы обладают буферной способностью. Наиболее распространёнными почвами в пойме р. Вятки являются аллювиальные дерновые, характерные для поймы среднего и высокого уровня. Они отличаются средне- и слабокислой реакцией среды, высокой гидролитической кислотностью, сравнительно высоким содержанием органического вещества, недостаточными запасами подвижных соединений азота, фосфора, а иногда и калия [2].

Многолетние исследования растительности пойменных лугов [3] показали, что в ненарушенных и слабонарушенных (за счёт внесения невысоких доз минеральных удобрений и сенокосения) пойменных сообществах естественные сукцессии характеризуются слабо выраженными количественными и качественными изменениями флористического состава, видового состава семейств. При этом сохраняются их структурно-функциональные свойства – полидоминантность, сменодоминантность. В ходе антропогенных сукцессий, осуществляющихся более быстрыми темпами по сравнению с природными, в пойменных ценозах существенно уменьшается фитоценотическая роль большинства видов [3, 4].

Высшие растения, являясь эдификаторами фитоценоза, влияют на почвенные водоросли и ЦБ. В пойме р. Вятки в почве разнотравно-злакового луга заповедника «Нургуш» выявлена группировка почвенных микрофототрофов из 70 видов [5], а в зоне влияния предприятий г. Кирово-Чепецка на

фоном участке пойменной гривы количество видов почвенных водорослей не превышало 28, в межгривном понижении – 58 видов [6]. Для пойменных почв характерно интенсивное развитие азотфиксирующих и безгетероцистных ЦБ [7]. Имеются данные о том, что в результате действия нарастающих концентраций азота при длительном применении удобрений на одной и той же пахотной почве развиваются сообщества с различными структурными характеристиками. С увеличением концентрации в почве форм доступного азота уменьшается конкурентоспособность ЦБ, для которых при нормальном ходе сезонной сукцессии в конце лета и осенью характерно доминирование в сообществе микрофототрофов [8].

Таким образом, в условиях техногенного воздействия, приводящего к изменению состава и свойств почв, нарушается ход сукцессий высших растений, водорослей и ЦБ.

Цель настоящей работы – изучить закономерности изменения почв, растительности и микрофлоры на участках мониторинга, расположенных на пойменном лугу в окрестностях крупного промышленного центра и подверженных воздействию как природно-климатических, так и техногенных факторов (внесение азота, сенокосение).

Объекты и методы исследования

Исследуемая территория пойменного луга расположена на северо-востоке Европейской части России в подзоне дерново-подзолистых почв южной тайги. Климат континентальный умеренный, среднегодовая температура составляет +2,4 °С. Территория относится к зоне достаточного увлажнения: среднегодовое количество осадков – 580 мм, 60–70% выпадает в тёплое время года. Специфическим природным фактором, определяющим состояние биоты на лугу, является пойменный водный режим, характеризующийся ежегодным ве-

сенним половодьем, пик которого на р. Вятке приходится на конец апреля – первую декаду мая. Участки мониторинга закладывались на повышениях (гривах) пойменного луга на аллювиальных дерновых почвах.

Рассматриваемая территория находится в окрестностях хвостохранилищ химических предприятий г. Кирово-Чепецка, влияние их на природный комплекс проявилось в высоком содержании нитрата аммония в подземных водах и в мелких пойменных озёрах, в которые разгружаются подземные воды. В 2011–2014 гг. осуществлялись экспериментальные работы по поливу пойменного луга богатой азотом водой из пойменного озера. Поскольку почвы луга характеризовались низким содержанием азота, то основная идея эксперимента заключалась в обогащении почв за счёт подачи богатой азотом воды из озера по аналогии с внесением жидких азотных удобрений и в последующем отчуждении растительности. Рекомендуемая экспериментально разработанная доза полива составляла 400 кг азота на га [9]. Вследствие высокой естественной неоднородности почв в пойме, а также нарушения регламента полива, различия в содержании азота в почвах после полива оказались значительными. В период проведения и после завершения эксперимента осуществлялся мониторинг почв и растительности.

Участки мониторинга различались по степени воздействия на почвы и растения высоких доз азота.

Ежегодно на участках мониторинга описывали растительность и отбирали смешанные образцы почв методом конверта. Показатели свойств почв определяли общепринятыми

методами: кислотность в водной и солевой вытяжках – потенциметрически [10], нитратный азот – фотометрически [11], аммонийный азот – фотометрически с реактивом Несслера [12].

Почвенные пробы для альгологического анализа отбирали с глубины 0–5 см в соответствии с требованиями к отбору проб для микробиологических анализов [13]. Изучение видового разнообразия водорослей и ЦБ проводили методом чашечных культур со стёклами обрастания и микроскопированием свежезятой почвы.

Результаты и обсуждение

Состояние почв и растительности было обследовано в 2009 г. до начала работ по поливу пойменного луга. В это время растительность на лугу была представлена разнотравно-злаковыми ассоциациями, травы ежегодно скашивались. Характерный для поймы рельеф с выраженными вытянутыми возвышенностями (гривами) и понижениями между ними обеспечивал перераспределение влаги атмосферных осадков, близкое залегание грунтовых вод способствовало избыточному увлажнению и даже обводнению понижений, периодическое затопление луга во время паводка влияло на начало вегетации растений и на запасы воды в почве.

До начала эксперимента показатели свойств аллювиальных дерновых почв на лугу соответствовали верхней границе диапазона варьирования значений показателей для аллювиальных дерновых почв среднего течения р. Вятки [2]. Почвы характеризова-

Таблица 1 / Table 1

Свойства аллювиальных дерновых почв на лугу в пойме р. Вятки
Characteristic features of meadow sod soils in the floodplain of the Vyatka river

Источник данных Data source	Орг. вещество, % Organic matter, %	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	Нг смоль/кг cmol/kg	мг/кг mg/kg			
					P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	NH ₄ ⁺
Контроль до начала эксперимента Control before the experiment	4,6±0,7	6,1±0,1	5,2±0,1	4,6±0,5	43±9	76±15	4,9±1,3	23,5±2,3
Диапазон значений по [2] Range of the values according to [2]	2–4,2	–	3,8–5,3	3,2–8,3	16–74	–	–	–

Примечание: «–» – обозначает отсутствие данных.
Note: “–” – indicates the absence of data.

лись слабокислой реакцией среды, высокой гидролитической кислотностью (Нг), сравнительно высоким содержанием органического вещества, небольшими запасами подвижных соединений азота, фосфора, калия (табл. 1).

Растительность на пойменных гривах была представлена разнотравно-злаковыми ассоциациями, характерными для высокой поймы (участки 21, 14). На склонах грив (участок 27) преобладали растения, типичные для луга средней поймы.

Контрольный участок луга в течение 10 лет наблюдений подвергался воздействию только природных факторов, в том числе затоплению во время половодья. Содержание нитратного и аммонийного азота в почвах этого участка варьировало в широких пределах, но различия были обусловлены в основном сезонными колебаниями температуры, влажности, биологической активности.

Растительное сообщество на контрольном участке – злаково-разнотравное, с включением бобовых растений – клевера среднего (*Trifolium medium* L.), чины луговой (*Lathyrus pratensis* L.). Доминанты травостоя – лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), вероника длиннолистная (*Veronica longifolia* L.). Прекращение скашивания луга способствовало появлению корневищного высокорослого разнотравья – девясил иволистный (*Inula salicina* L.), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* Moench.), таволга обыкновенная (*Filipendula vulgare* L.) и постепенной смене растительности. Анализ хозяйственных групп показал, что в травостое в 2018 г. преобладало разнотравье – 20 видов, проективное по-

крытие составляло 49%. Злаки были представлены 9 видами, основные из которых – лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), проективное покрытие – 43%. Растения семейства Бобовых: клевер средний (*Trifolium medium* L.), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.) сохранились в травостое, их проективное покрытие достигало 3%. Видовое разнообразие фитоценоза с годами снижалось: из 38 видов, обнаруженных в 2016 г., к 2018 г. осталось только 32.

Во все годы наблюдений на контрольном участке отмечалось наибольшее видовое разнообразие и полноценная группировка почвенной альгофлоры. В 2017–2018 гг. было выявлено 25 видов микрофототрофов (табл. 2) – несколько меньше, чем в предыдущие годы (до 29 видов) [6]. По-прежнему, по видовому разнообразию абсолютно преобладали зелёные водоросли, причём доля их увеличилась с 34% в 2015 г. до 57% – в 2017–2018 гг. Напротив, со временем представительство ЦБ значительно снизилось: в 2015 г. было выявлено 10 видов ЦБ, в 2017–2018 гг. – только 6.

На экспериментальных участках проводился полив богатой азотом водой и скашивание трав. Из-за нарушения регламента полива на некоторые участки луга поступило значительно большее количество азота, чем было рекомендовано.

Закономерным результатом полива было резкое увеличение концентрации минеральных форм азота в почве (рис. 1).

Быстрое вовлечение азота в биологический круговорот на участке с умеренным поливом не привело к значительному накопле-

Таблица 2 / Table 2

Число и соотношение (в %) видов водорослей и ЦБ на участках пойменного луга в образцах почвы, отобранных в 2017–2018 гг.
The number of alga species in the floodplain meadow sites contained in soil samples collected in 2017–2018

Участки Sites	Cyanobacteria		Chlorophyta		Ochromytha		Bacillariophyta		Всего видов The total number of species	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Контроль Control	6	24	13	57	4	16	2	8	25	100
10	1	8	9	69	1	8	2	15	13	100
14	0	0	11	92	0	0	1	8	12	100
21	0	0	8	80	0	0	2	20	10	100
27	0	0	11	85	0	0	2	15	13	100

Примечание: 1 – количество видов, 2 – % от общего содержания.
Note: 1 – number of species, 2 – % of total amount.

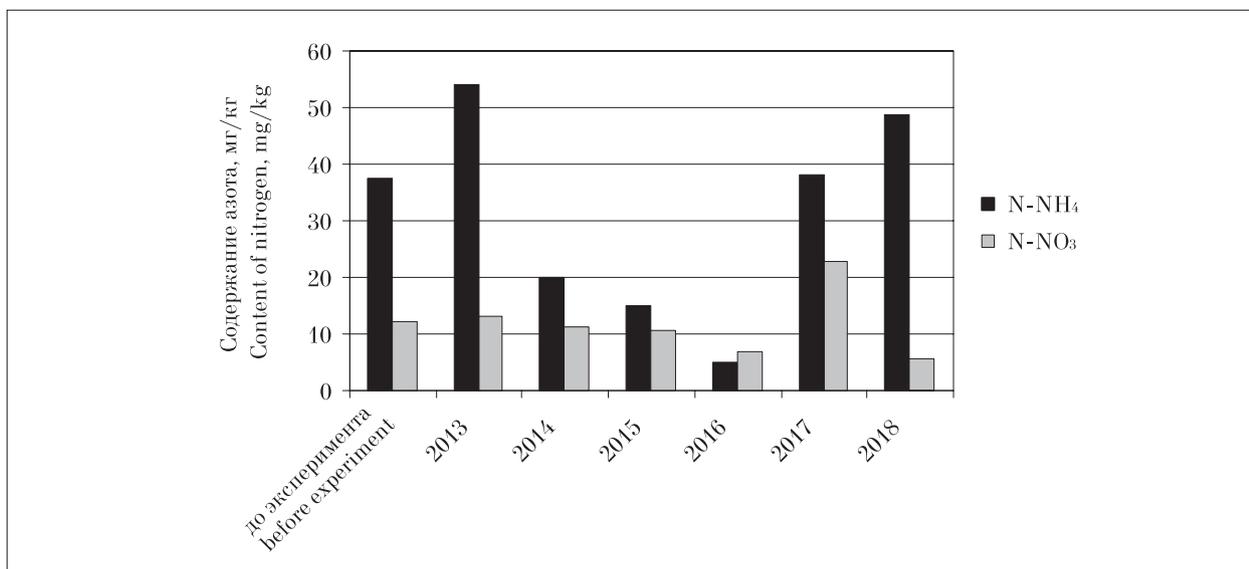


Рис. 1. Динамика содержания нитратного и аммонийного азота на участке умеренного полива, проведённого в 2012 г. (участок 10)

Fig. 1. Dynamics of content of nitrate and ammonium in the area of moderate watering in 2012 (site 10)

нию его в почве. Выявленный в 2013 г. скачок концентраций N-NH₄ лишь незначительно превышал уровень естественного колебания содержания азота в почве. При умеренном поливе изменился состав травостоя, количество видов резко уменьшилось. Был отмечен активный рост мелкозлаковых трав, особенно раннеспелых видов. Проективное покрытие злаковыми травами достигало 100%. Увеличивалась высота растений и плотность травостоя за счёт большого количества вегетативных

побегов, произошло полегание трав (рис. 2). Величина зелёной биомассы к моменту отчуждения достигала 200 ц/га.

Увеличение сомкнутости травостоев привело к отмиранию и подавлению многих неконкурентоспособных видов. Прекращение скашивания и хорошее обеспечение элементами питания за счёт отмирающей растительности, а также высокий паводок 2016 г. активизировали развитие корневищных злаков, крупностебельного корневищного и корот-



Рис. 2. Состояние луга после внесения умеренных доз азота

Fig. 2. Condition of the meadow after moderate doses of nitrogen

кокорневищного разнотравья. Растительное сообщество на этом участке уже к 2018 г. можно было охарактеризовать как крупноразнотравную ассоциацию с доминированием таволги вязолистной (*Filipendula ulmaria* Moench.), костреца безостого (*Bromopsis inermis* (Leys.) и вейника наземного (*Calamagrostis epigeios* L. Roth). Выпадение из травостоя мелких злаков и разнотравья способствовало отрастанию шиповника.

Вследствие развития мощного травостоя видовое разнообразие водорослей и ЦБ на участке с оптимальными дозами внесения азота было значительно меньше по сравнению с контролем, и в 2018 г. было представлено только 13 видами (табл. 2).

На участках с избыточным поливом (14, 21 и 27) отмечался резкий скачок концентрации минерального азота в почве (рис. 3), который сопровождался увеличением кислотности почвы. Значение pH в солевой вытяжке снизилось более чем на единицу и в смешанном образце на участке 14 составило 3,94 ед., почва стала «очень сильнокислой».

На этих участках была отмечена гибель растений, отрастание трав наблюдалось только через 2–3 года после снижения концентрации азота в почвах. Первыми появились единичные растения нитрофильных злаков, способные переносить кислую реакцию среды и высокую концентрацию солей. Вследствие

одностороннего питания растения не формировали генеративных побегов и оставались до конца вегетации в вегетативной форме.

После высокого паводка 2016 г. и отложения мощного наилка на участках 21 и 27 появился вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* L. Roth), способный к раннему отрастанию, быстрому росту в начале вегетации и легко прорастающий через мощную подстилку. В 2018 г. видовое разнообразие злаковых трав на этих участках изменилось. Исчез луговик дернистый (*Deschampsia cespitosa* (L.) P.), белоус торчащий (*Nardus stricta* L.) и зубровка (*Hieróchloe orodata* L.). Появились единичные растения полевицы тонкой (*Agrostis tenuis* Sibth.), мятликов (*Poa pratensis* L., *P. angustifolia* L.), тимopheевки луговой (*Phleum pratense* L.). Основу фитоценозов составили овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) и вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* L. Roth).

Видовое разнообразие альгоценоза на участках с избыточным внесением азота стало крайне бедным. Например, на участке 14 летом 2015 г. в почвенной пробе были выявлены представители ЦБ, зелёных и диатомовых водорослей (табл. 3). Летняя группировка альгофлоры в 2016 г. была представлена только зелёными водорослями. В 2017 и 2018 гг. на данном участке также были отмечены только зелёные водоросли, их видовое разнообразие снизилось. Подобная тенденция проявилась и

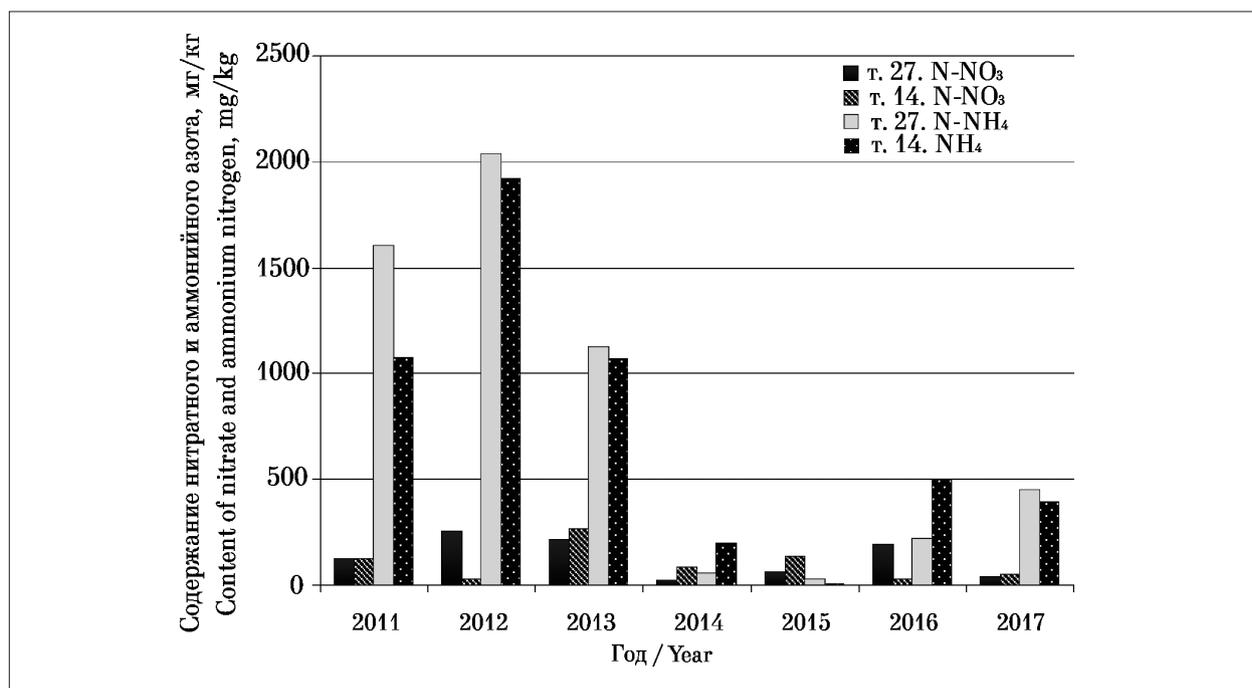


Рис. 3. Динамика содержания нитратного и аммонийного азота на участках с избыточным поливом (т. 14 и т. 27) / Fig. 3. Dynamics of content of nitrate and ammonium in the overwatered areas (sites 14 and 17)

Таблица 3 / Table 3

Видовой состав почвенных микрофототрофов на участке с избыточным поливом (участок 14)
Soil microphototrophs species composition in the overwatered sites (site 14)

№ п/п	Виды / Species	19.06.15	17.08.16	08.08.17	21.08.18
Cyanobacteria					
1	<i>Phormidium boryanum</i> Kütz.	+	–	–	–
2	<i>Phormidium inundatum</i> Kütz.	+	–	–	–
Chlorophyta					
3	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> Korsch.	+	+	–	+
4	<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Meneghini	+	+	+	–
5	<i>Chlorella vulgaris</i> W. Beijerinck	+	+	+	–
6	<i>Coccomyxa confluens</i> (Kütz.) Fott	–	+	+	–
7	<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Mainx) Fott	–	+	–	+
8	<i>Stichococcus minor</i> Näg.	–	+	–	–
8	<i>Klebsormidium nitens</i> (Kütz.) Lokhorst	–	+	+	–
9	<i>Klebsormidium rivulare</i> (Kütz.), comb. nova	–	–	–	+
10	<i>Klebsormidium flaccidum</i> (Kütz.) Silva et al.	+	–	+	+
11	<i>Myrmecia incisa</i>	–	+	–	–
Bacillariophyta					
12	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenb.) Grun.	+	–	–	–
13	<i>Navicula</i> sp.	+	–	–	–
14	<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm.	+	–	–	–
15	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	+	–	+	–
Итого:		10	8	6	4

на других участках с избыточным содержанием азота в почвах.

На участке 27 были выявлены представители только двух отделов. За период наблюдений фототрофная микрофлора данного участка оставалась стабильной, отсутствовали представители ЦБ и жёлтозелёных водорослей. Ещё беднее оказался видовой состав альгофлоры в почве на гребне гривы (участок 21), где были отмечены только представители зелёных водорослей (табл. 2).

Выводы

Аллювиальные дерновые почвы в пойме р. Вятки в районе хвостохранилищ химических предприятий г. Кирово-Чепецка характеризовались средне- и слабокислой реакцией среды, высокой гидролитической кислотностью, сравнительно высоким содержанием органического вещества, небольшими запасами подвижных соединений азота, фосфора и калия. Внесение в ходе эксперимента неучтённых высоких доз нитрата аммония привело к насыщению почв ионом аммония и подкислению среды. Снижение доли обменного аммония в почвенном поглощающем комплексе происходило уже через 3–4 года по-

сле прекращения полива богатой азотом водой вследствие активного вовлечения элемента в биологический круговорот, вымывания, удаления в атмосферу.

Однократное воздействие умеренных доз азота и прекращение хозяйственного использования луга привело к постепенной смене разнотравно-злаковой растительности на пойменных гривах на крупноразнотравно-злаковую. После прекращения скашивания луговых трав растительность пойменного луга оказалась под влиянием только природных факторов, отмечались ежегодные флуктуации, которые, накапливаясь, через длительный период времени приобрели характер сукцессии.

Воздействие высоких доз азота привело к гибели луговых трав. Восстановление растительного сообщества началось только спустя 2–3 года с отрастания корневищных кислотостойчивых злаков. Сукцессия на данном участке имела необратимый характер, даже спустя 7 лет после воздействия высоких доз азота возврата к исходному состоянию не наблюдалось.

На участках мониторинга было отмечено невысокое видовое разнообразие микрофототрофов, по числу видов преобладали зелёные водоросли. Полноценная группировка фото-

троф, состоящая из представителей ЦБ, зелёных, охрофитовых и диатомовых водорослей, была выявлена только на контрольном участке. На участках с поливом водой, содержащей азот, не были отмечены ЦБ, практически отсутствовали жёлтозелёные водоросли.

Таким образом, воздействие высоких доз азота на почвы пойменного луга и прекращение его хозяйственного использования привело к нарушению хода сукцессии высших и низших организмов. Причём, если через 2–3 года после стресса высшая растительность начала восстанавливаться, то видовое разнообразие альгофлоры после антропогенного воздействия продолжало снижаться.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.

Литература

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. М.: Мир, 1989. Т. 1. 667 с.; Т. 2. 477 с.
2. Гущина А.М. Почвы поймы реки Вятки: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пермь, 1973. 17 с.
3. Егорова В.Н. Пойменные луга средней Оки: мониторинг, проблема сохранения и восстановления биоразнообразия и генофонда. М.: Европейские полиграфические системы, 2013. 412 с.
4. Работнов Т.А. Луговоедение. М.: Изд-во МГУ, 1984. 318 с.
5. Кондакова Л.В., Пирогова О.С. Почвенные водоросли и цианобактерии государственного природного заповедника «Нургуш» // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 3. С. 94–101.
6. Кондакова Л.В., Дабак Е.В. Альгосинузии пойменных лугов на техногенной территории // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 73–84.
7. Носкова Т.С. Сообщества водорослей некоторых почв Кировской области: дис. ... канд. биол. наук. Киров, 1968. 286 с.
8. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2005. 336 с.
9. Дабак Е.В., Кантор Г.Я., Кислицына А.П. Биологическая очистка поверхностных вод, загрязнённых нитратом аммония // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН 2012. № 3 С. 19–22.
10. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 488 с.
11. ГОСТ 26488-85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. М.: Издательство стандартов, 1985. 4 с.
12. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. М.: Издательство стандартов, 1985. 5 с.
13. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 144 с.

References

1. Bigon M., Harper J., Tausend K. Ecology. Animal units, populations, and communities: Moskva: Mir, 1989. V. 1. 667 p.; V. 2. 477 p. (in Russian).
2. Gushchina A.M. The soils of the floodplain of the Vyatka River: Avtoref. diss. ... kand. selskokhozyaystvennykh nauk. Perm, 1973. 17 p. (in Russian).
3. Egorova V.N. Floodplain meadows of the middle of the Oka River: monitoring, the issue of reservation and rehabilitation of biodiversity and the gene-pool. Moskva: Evropeyskie poligraficheskie sistemy, 2013. 412 p. (in Russian).
4. Rabotnov T.A. Grassland ecology. Moskva: Izd-vo MGU, 1984. 318 p. (in Russian).
5. Kondakova L.V., Pirogova O.S. Soil algae and cyanobacteria of the state nature reserve “Nurgush” // Theoretical and Applied Ecology. 2014. No. 3. P. 94–101 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2014-3-094-101
6. Kondakova L.V., Dabakh E.V. Algosynusia of floodplain meadows of the technogenic territory // Theoretical and Applied Ecology. 2017. No. 3. P. 73–84 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2017-3-073-084
7. Noskova T.S. Algae communities of some soils in the Kirov region: Diss. ... kand. biol. nauk. Kirov, 1968. 286 p. (in Russian).
8. Domracheva L.I. Soil “blooming” and the laws of its development. Syktyvkar: Komi nauchnyy tsentr UrO RAN, 2005. 336 p. (in Russian).
9. Dabakh E.V., Kantor G.Ya., Kislitsyna A.P. Biological treatment of surface waters contaminated with ammonium nitrate // Vestnik IB Komi NTs UrO RAN. 2012. No. 3. P. 19–22 (in Russian).
10. Arinushkina E.V. Manual of chemical analysis of soil. Moskva: MGU, 1970. 488 p. (in Russian).
11. GOST 26488-85. Soils. Determination of nitrates with the TsINAO method. Moskva: Izdatelstvo standartov, 1985. 4 p. (in Russian).
12. GOST 26489-85. Soils. Determination of exchangeable ammonium with the TsINAO method. Moskva: Izdatelstvo standartov, 1985. 5 p. (in Russian).
13. Shtina E.A., Gollerbakh M.M. Soil algae ecology. Moskva: Nauka, 1976. 144 p. (in Russian).