

Департамент экологии и природопользования Кировской области
ФГБОУ ВПО «Вятский государственный гуманитарный университет»

**Серия тематических сборников и DVD-дисков
«Экологическая мозаика»**

Сборник 8

КЛИМАТ. ФЕНОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК



«Вятка – территория экологии»

Департамент экологии и природопользования Кировской области
ФГБОУ ВПО «Вятский государственный гуманитарный университет»

**Серия тематических сборников и DVD-дисков
«Экологическая мозаика»**

Сборник 8

КЛИМАТ. ФЕНОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

Учебно-методическое пособие

**Киров
2012**

УДК 502
ББК 26.234.7
К 49

Печатается по решению Координационно-методического совета
по экологическому образованию, воспитанию и просвещению населения
Кировской области

Составители – **С.Ю. Огородникова, Л.М. Попцова, Н.М. Алалыкина**

Под общей редакцией Т.Я. Ашихминой, И.М. Зарубиной,
Л.В. Кондаковой, Е.В. Рябовой.

К 49 Климат. Фенология. Экологический риск: учебно-методическое пособие /
сост. С.Ю. Огородникова, Л.М. Попцова, Н.М. Алалыкина. – Киров: ООО «Ти-
пография «Старая Вятка», 2012. – 94 с.: ил. – (Серия тематических сборников и
DVD-дисков «Экологическая мозаика». Сборник 8)

ISBN 978-5-91061-309-0 (Сб. 8)

ISBN 978-5-91061-301-4

Сборник посвящен обобщению сведений о погоде, климате, фенологиче-
ским наблюдениям.

Материалы, представленные в данном сборнике, могут быть использова-
ны в образовательном и воспитательном процессе при обучении учащихся эко-
логии, методам экологических исследований природной среды своей местно-
сти.

Разработка серии тематических сборников и DVD-дисков «Экологическая
мозаика» выполнена в рамках научно-исследовательской работы «Разработка
современных технологий формирования экологической культуры населения» в
процессе реализации пилотного проекта по развитию системы экологического
образования и просвещения «Вятка – территория экологии».

Пилотный проект был разработан по поручению Губернатора Кировской
области Н.Ю. Белых департаментом экологии и природопользования Киров-
ской области при активном участии Координационно-методического совета по
экологическому образованию, воспитанию и просвещению населения Киров-
ской области.

Подготовка и издание сборника осуществлены за счет средств ведомст-
венной целевой программы «Обеспечение охраны окружающей среды и рацио-
нального природопользования в Кировской области» на 2012–2014 годы.

ISBN 978-5-91061-309-0 (Сб. 8)

ISBN 978-5-91061-301-4

© Департамент экологии и природопользования Кировской области, 2012

© Вятский государственный гуманитарный университет (ВятГГУ), 2012

Оглавление

Введение	5
1. Климат, погода, человек <i>Попцова Л.М.</i>	6
1.1. История изучения погоды	6
1.2. Доклад Международной группы экспертов по изменению климата.....	10
1.3. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации	12
1.4. Климат Кировской области	24
1.5. Современные изменения климатических условий и ресурсов Кировской области <i>Френкель М.О., Переведенцев Ю.П., Соколов В.В.</i>	27
1.6. Необычные природные явления на территории Вятского края	30
1.7. Погода и человек	33
1.8. Методические материалы для учителя	39
1.8.1. Конкурсная программа «Климатическая переменка»	39
1.8.2. Растения-синоптики	42
2. Фенология <i>Алалыкина Н.М.</i>	47
2.1. Фенология как наука. Место фенологии в системе естественных наук. Значение и задачи фенологии и фенологического мониторинга	47
2.2. Закономерности и причины сезонных изменений	49
2.3. Методика региональных фенологических наблюдений в природе	52
2.3.1. Программы фенологических наблюдений.....	52
2.3.2. Наблюдение гидрометеорологических явлений	52
2.3.3. Наблюдения за растениями	53
2.3.4. Наблюдения за сельскохозяйственными культурами	55
2.3.5. Наблюдения за животными	56
2.3.6. Сезонные явления в мире грибов	57
2.3.7. Сезонные аспекты ландшафтов	57
2.4. Рекомендации для начинающих фенологов	58
2.4.1. Принципы, основные понятия и термины в фенологии.....	58
2.4.2. Обработка и использование результатов фенологических наблюдений	59
2.4.3. Фенологический год.....	60
2.5. Примерная программа фенологических наблюдений для школьников	62
3. Экологический риск <i>Огородникова С.Ю.</i>	64
3.1. Опасность и риск	64
3.2. Классификация рисков	64
3.3. Экологический риск	66
3.4. Подходы к оценке риска.....	67
3.5. Оценка экологического риска	70
3.6. Оценка риска токсических эффектов загрязняющих веществ	73
3.6.1. Оценка риска здоровью при воздействии пороговых токсикантов	73

3.6.2. Оценка риска здоровью при воздействии беспороговых токсикантов (нерадиоактивных канцерогенов)	77
3.6.3. Задачи на тему «Оценка риска токсических эффектов загрязняющих веществ»	80
3.7. Управление риском	82
3.8. Зоны экологического риска, кризиса и катастрофы	84
3.8.1. Критерии оценки изменения природной среды	84
3.8.2. Классификация территорий по степени экологического неблагополучия.....	85
3.8.3. Экологический кризис	85
3.8.4. Экологическая катастрофа (экологическое бедствие)	87
3.9. Экологические проблемы в России	88
Библиографический список	93

ВВЕДЕНИЕ

В условиях бурного развития промышленности, добычи природных ресурсов, развития техносферы происходят изменения климата, что может привести к катастрофическим последствиям для природы и человека.

В сборнике приведены сведения об истории изучения природы, особое внимание уделено климату Кировской области и аномальным погодным явлениям на территории региона. Известно, что погодные условия оказывают существенное влияние на самочувствие людей, есть категория населения, которая отличается повышенной метеочувствительностью. В сборнике приведена методика оценки метеорологического индекса здоровья.

Одним из важных подходов в изучении природы являются фенологические наблюдения. Автор данного раздела Н.М. Алалыкина на протяжении многих лет ведет фенологические наблюдения, ею накоплен большой фактический и методический материал, который был обобщен на страницах данного учебного пособия.

В условиях возрастающей техногенной нагрузки на окружающую среду вопросы оценки экологических рисков становятся все более актуальными. В учебном пособии дано понятие экологического риска, приведены подходы к оценке и управлению экологическими рисками. Кроме того, приведены формулы для расчета риска токсических эффектов поллютантов, что может пригодиться учащимся при выполнении исследовательских работ по экологии.

Материал данного сборника содержит большой объем теоретического материала и практических разработок, которые могут быть использованы при изучении экологии, выполнении исследовательских, творческих работ школьников и самостоятельной подготовки.

*С.Ю. Огородникова,
кандидат биологических наук,
доцент кафедры экологии ВятГГУ,
старший научный сотрудник лаборатории биомониторинга
Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ*

1. КЛИМАТ, ПОГОДА, ЧЕЛОВЕК

1.1. История изучения погоды [1]

Около 150 г. до н. э. древнегреческий астроном Гиппарх из Никеи (Nipparchos) ввел в научный оборот термин «климат», что дословно означает «наклонение, наклон». Он разделил поверхность Земли по широте на пять климатических зон, где по его представлениям природные или климатические условия зависят только от наклона солнечных лучей или высоты Солнца над горизонтом. Таким образом, основной причиной пространственной неоднородности климатических условий древние греки считали неравномерное распределение тепла от Солнца по поверхности Земли: жарко у экватора, холоднее – к полюсам.

– 1735 – английский ученый Георг Гадлей/Хэдли (George Hadley) дал объяснение пассатной циркуляции в атмосфере.

– 1845 – немецкий ученый-энциклопедист Александр фон Гумбольдт в своем труде «Космос» дал новое определение понятия «климат», которое учитывало влияние океана с его течениями и суши с разнообразными свойствами подстилающей поверхности. Таким образом, представление древних греков о причинах широтной зональности климата было дополнено соображениями о наличии механизмов перераспределения тепла солнечной энергии за счет внутренних свойств климатической системы.

– 1824 г. – французский физик Жозеф Фурье описал парниковый или тепличный эффект.

– 1861 г. – ирландский физик Джон Тиндалл продемонстрировал то, что парниковый эффект усиливается испаряющейся водой и некоторыми газами.

– 1872 г. – учреждена Международная метеорологическая организация, которая в 1947 г. получила новое название – Всемирная метеорологическая организация (ВМО)/(WMO), став одним из подразделений ООН. Одна из задач ВМО – содействие решению проблем климата и организация планетарной регулярной сети международных гидрометеорологических наблюдений.

– 1896 г. – шведский химик Сванте Аррениус первым высказал идею о климатическом влиянии содержания углекислого газа в атмосфере как одном из механизмов обратных связей в системе атмосфера – поверхность Земли, приводящем к нагреванию приземных слоев атмосферы за счет поглощения парниковыми газами отраженного от поверхности земли инфракрасного излучения. Согласно его расчетам, если содержание углекислого газа увеличится вдвое, то это может вызвать потепление температуры воздуха на 8-9 градусов в Северной Америке и на севере Европы. На основании этих расчетов он попытался объяснить циклы оледенений на Земле влиянием парникового эффекта вследствие выбросов парниковых газов в результате вулканической деятельности.

– 1921 г. – российский океанограф и исследователь Арктики Николай М. Книпович впервые подметил потепление вод Баренцова моря и увеличение

солености до глубин 400 м, положив начало регулярным измерениям температуры воды на Кольском меридиане (30,5 гр. в. д.), продолжающееся и до наших дней. Это было одно из первых прямых доказательств начавшегося глобального потепления на планете в конце XIX в.

Потепление, начавшееся в северном полушарии планеты в конце XIX в., привлекло внимание климатологов лишь в 20–30 г. XX столетия, когда появились признаки интенсивного потепления в Арктике. Интенсивное потепление продолжалось вплоть до начала 40-х г. XX в. и было зафиксировано многочисленными наблюдениями за приземной температурой воздуха на метеостанциях северного полушария. Потепление сопровождалось повсеместным таянием ледников практически на всех континентах, существенным сокращением площади льдов в арктических морях. Только в Советском секторе Арктики с 1924 по 1945 г. площадь льдов сократилась примерно наполовину. В 1935 г. обыкновенные суда могли совершать сквозные плавания в течение одной навигации вдоль всего Северного морского пути, не встречая на своем пути льда. Граница вечной мерзлоты повсюду отступает на север. Смещаются ареалы местообитаний животных и растений.

– 1927 г. – по подсчетам специалистов именно в этом году выбросы углекислого газа, связанные с работой промышленных предприятий, и от горящих месторождений нефти и газа составили 1 млрд т в год.

– 1936 г. – сербский климатолог и геофизик Милутин Миланкович высказал гипотезу о наличии связи между ледниковыми периодами в плейстоцене (1,5–6,0 млн лет назад) и изменениями параметров земной орбиты и наклона земной оси (циклы Миланковича), позднее положенной в основу астрономической теории колебания климата.

– 1938 г. – британский инженер с характерной фамилией Каллендар, используя показания 147 метеостанций в разных концах мира, показал, что средняя температура воздуха в приземном слое атмосферы Земли поднялась за прошедшие сто лет. Именно он впервые связал большую концентрацию углекислого газа в атмосфере с глобальным потеплением. Реакция на такие открытия была очень холодной и даже насмешливой – так называемый «Эффект Каллендара» подвергся жесткой критике. К тому же после 40-х г. XX в. появились признаки похолодания, зафиксированные многими исследователями по достаточно густой сети метеостанций в северном полушарии: началось наступление ледников, граница вечной мерзлоты повсюду отодвигается на юг и т. д. Период похолодания продолжался вплоть до 60–70-х г. XX в.

– 1955 г. – американский исследователь Гилберт Пласс, вооружившись недавно появившимися вычислительными машинами, детально изучал различные газы на способность задерживать ультрафиолетовые лучи. Именно он тогда подсчитал, что увеличение выбросов CO₂ вдвое может привести к повышению среднегодовой температуры на 3–4 градуса Цельсия, скорректировав тем самым расчеты С. Аррениуса полутора вековой давности.

– 1956 г. – под руководством советского геофизика Михаила Ивановича Будыко сотрудники ГГО им. А.И. Воейкова рассчитали тепловой баланс поверхности Земли, что послужило основой для составления «Атласа теплового

баланса земного шара». На базе последнего была создана «энерго-балансовая» модель климата, учитывающая существование обратных связей – положительных и отрицательных – в климатической системе. Эта модель сыграла одну из базовых начал современной концепции потепления климата на Земле вследствие повышения содержания углекислого газа в атмосфере.

– 1965 г. – Джозеф Смагоринский с коллегами из Лаборатории геофизической гидродинамики в Принстоне (США) разработал математическую модель глобальной циркуляции атмосферы, положив начало компьютерному моделированию глобальных климатических процессов.

– 1965 г. – Экспертный Совет при Президенте США заявляет о том, что парниковый эффект является реальной угрозой («real concern») для планеты Земля. Вероятно, это было первое серьезное заявление на столь высоком правительственном уровне.

– 1972 г. – в этом году в Стокгольме (Швеция) состоялась первая международная конференция по вопросам экологии под эгидой ООН, утвердившая Программу ООН по окружающей среде и организацию ЮНЕП (UNEP) по ее реализации.

– 1975 г. – американский ученый Валлас Брокер (Wallace Broecker) впервые использовал термин «глобальное потепление» в своей опубликованной работе, положив начало весьма эффективной пиар-компании, напоминающей по своим приемам и масштабам продвижение идей теории катастроф.

– 1980 г. – под руководством советского математика Никиты Николаевича Моисеева большой группой ученых АН СССР (В.В. Александров, Г.С. Голицын и др.) начаты работы по оценке глобальных последствий возможного ядерного конфликта на базе математической модели глобальной циркуляции океана, атмосферы и биосферы, учитывающей влияние аэрозолей на климатические характеристики. В сентябре 1983 г. в СССР появилась первая в мире публикация о «ядерной зиме» в открытой печати.

– 1986 г. – По инициативе советской стороны Генеральная Ассамблея ООН приняла решение образовать группу экспертов, которая должна была подготовить в 1987–1988 гг. доклад Генеральной Ассамблеи о последствиях глобальных изменений климата.

– 1988 г. – была создана Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC) с основными задачами собирать и анализировать подтверждения изменения климата.

– 1989 г. – Премьер-министр Великобритании Маргарет Тэтчер во время выступления в ООН отметила: «...мы становимся свидетелями того как огромное количество CO_2 выбрасывается в атмосферу. Как результат, изменения, ожидающие нас в будущем, будут носить гораздо более фундаментальный и широкий характер, чем нам представлялось ранее!». В завершение она призвала начать работу над глобальным соглашением по недопущению негативных изменений климата.

– 1989 г. – в том же году стало известно, что выбросы CO_2 достигли 6 млрд т в год, т. е. за прошедшие шестьдесят лет они увеличились в шесть раз!

– 1990 г. – IPCC публикует первый отчет по состоянию окружающей среды (так называемый Assessment Report). В нем сообщается о том, что за прошедшие 100 лет средняя температура на Земле поднялась на 0,3–0,6 °С. Там же было сделано заключение о том, что деятельность человека добавляет выбросы парниковых газов по сравнению с уровнем, выделяемым по естественным причинам (испарения Мирового Океана, вулканическая деятельность и т. д.).

– 1992 г. – в Рио-де-Жанейро, Бразилия, проходит международная конференция Earth Summit, где была подписана Рамочная конвенция ООН по изменению климата. Основной задачей ее была стабилизация и установление контроля за концентрацией CO₂ в атмосфере и недопущения необратимых изменений в экосистеме Земли за счет деятельности человека. Экономически развитые страны согласились уменьшить выбросы CO₂ до уровня 1990 г.

– 1995 г. – авторы второго отчета IPCC приходят к выводу о том, что имеющиеся доказательства сбалансировано подтверждают наличие видимых последствий жизнедеятельности человека на изменение климата – «a discernible human influence». Эту фразу назовут первым конкретным утверждением ответственности человечества за негативное изменение климата планеты.

– 1997 г. – в японском г. Киото на конференции сторон Рамочной конвенции ООН по изменению климата принят «Киотский Протокол». В нем развитые страны взяли на себя обязательства снизить выбросы CO₂ в среднем на 5% в период 2008–2012 гг., с конкретными целями для некоторых стран.

– 1998 г. – этот год стал самым жарким на планете с начала ведения записей температуры. Тогда говорили, что во всем виноваты теплые течения воздуха, порожденные океанским явлением Эль-Ниньо, неожиданно более активные в 1997–1998 гг. и глобальное потепление. Средняя температура воздуха превысила принятый уровень (это период с 1961 по 1990 г.) на 0,52 °С. Ранее в СССР в работах Т.В. Покровской, В.А. Дьякова была установлена связь вероятности появления засух с фазами солнечной активности. Для европейской части России и Западной Сибири эти связи находятся в противофазе.

– 2006 г. – английский экономист Николас Штерн, профессор Лондонской школы экономики, по заказу правительства Великобритании публикует одно из важнейших исследований о влиянии изменения климата на мировую экономику. В нем делается заключение, что последствия от негативных явлений, связанных с изменением климата могут оцениваться в 20% мирового ВВП, а затраты на действия, направленные на восстановление контроля за выбросами CO₂ и другими мерами недопущения повышения температуры, оцениваются в 1% того же ВВП.

– 2006 г. – выбросы CO₂ оцениваются в 8 млрд т в год.

– 2006 г. – публикуется очередной 4-й отчет IPCC, в котором наряду с парниковым эффектом обсуждаются и другие механизмы обратных связей внутри климатической системы атмосфера – океан – суша – лед – биосфера, которые способны усилить негативное антропогенное влияние на климат планеты.

– 2007 г. – бывший вице-президент США Альберт Гор совместно с группой экспертов ИРСС получает Нобелевскую премию Мира за свою роль в вопросе распространения информации об изменении климата.

– 2009 г. – Китай становится крупнейшим источником выбросов углекислого газа в атмосферу, обогнав в этом спорном первенстве США. Хотя последние остаются лидерами по количеству углеводов на одного жителя, так называемый «per-capita basis».

– 2009 г. – в декабре в Копенгагене прошла XV Конференция сторон Рамочной конвенции ООН по изменению климата, на которой странам не удалось договориться и согласовать концепцию нового пост Киотского Соглашения взамен Киотского Протокола, действие которого истекает в 2012 г.

– 2010 г. – на очередной XVI Конференции сторон Рамочной Конвенции ООН по изменению климата в г. Канкун (Мексика) было достигнуто обнадеживающее Канкунское Соглашение, где была утверждена концепция последующих соглашений, одобренная большинством стран – членов ООН. Появился просвет в конце туннеля.

На основе проведенного обзора данных можно сделать следующие выводы:

1. Накоплено достаточно эмпирических фактов, указывающих на существование статистически значимых связей между параметрами солнечной активности и колебаниями климатических характеристик. Однако физические механизмы, описывающие эти явления, не вполне ясны.

2. Большинство существующих компьютерных моделей планетарных климатических процессов не учитывают не единственность климата. Прогностические возможности современных численных моделей ограничиваются естественным синоптическим периодом – 5–7 дней.

3. Помимо ограничения выбросов парниковых газов искусственного происхождения необходимо предотвращать и минимизировать антропогенную трансформацию природных экосистем, играющих важные климаторегулирующие функции.

1.2. Доклад Международной группы экспертов по изменению климата [2]

Мнения ученых по поводу дальнейших изменений климата значительно расходятся. Это может послужить темой для серьезного диспута, если дать ребятам задание подготовить соответствующие материалы. В данном сборнике мы приведем мнение Международной группы экспертов по изменению климата. Достоверно оно или нет покажет только будущее.

В ближайшие несколько лет в связи с глобальным потеплением человечество ждет наводнения и засуха. Международная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) предупредила, что последствия этих катаклизмов могут обернуться настоящим апокалипсисом, если не будут приняты решающие меры. Чем меньше люди готовы к встрече с бушующей стихией, тем больше риск не справиться с катастрофой глобального масштаба.

В середине ноября 2011 г. в городе Кампала (Уганда), прошла встреча МГЭИК, по итогам которой должен быть обнародован очередной, пятый по счету, оценочный доклад, посвященный климатическим изменениям. Он будет содержать в себе как анализ ситуации, так и описание возможных мер по предотвращению разрушительных последствий экстремальной погоды. Эксперты утверждают, что большого количества жертв можно избежать, если будет выработан четкий план совместных действий. Но пока человечество к новой беде совершенно не готово.

Особенно мало возможностей для маневра оказывается у бедных стран, поэтому они в первую очередь столкнутся с серьезными проблемами по обеспечению безопасности людей и испытают на себе наиболее ощутимый удар. Однако события августа 2003 г., когда в Европе 70 тыс. человек погибли от неправдоподобной жары, или бедствия, причиненные ураганом Катрина, показывают, что не защищены и богатые государства.

«Серьезность последствий климатических изменений зависит не только от разрушительной силы самих катаклизмов, но и от нашей готовности к встрече с ними», – говорится в опубликованном кратком резюме, направленном политикам. Об этом рассказал Уилл Стеффен, глава Института по вопросам изменения климата при Австралийском национальном университете. «Помимо всего прочего, в нем содержится ключевая идея о том, насколько мы уязвимы», – отметил он один из важнейших, по его мнению, посылов доклада.

Интересно, что впервые в оценочном докладе соединены как климатическая наука, так и система управления рисками. На встрече в Уганде было озвучено предложение специалистам из разных областей науки объединиться для разработки программ по адаптации к климатическим изменениям. Невилл Николе, профессор университета в Мельбурне, отвечавший за научную часть доклада, подтвердил, что сотрудничество позволит сделать более точные выводы, если эксперты разных рабочих групп, например, социологи и метеорологи будут работать вместе.

Программа по адаптации предполагает раннее прогнозирование угроз и методики предотвращения уже случившимся катаклизмам, которые кое-где уже используются на местном уровне. Например, крупные лесные насаждения во Вьетнаме, Камбодже и Мьянме помогают снижать разрушительную силу циклонов, вызванных потеплевшим морем. В США проводятся эксперименты по выращиванию новых видов кукурузы, риса и бобов, которые более устойчивы к жаре. Эти сорта могут спасти более 350 млн людей от голода, который непременно наступит, как только температура на Земле поднимется еще на пару градусов.

Хотя 800-страничный труд, ставший итогом пяти лет сбора и анализа данных, пока не доступен для чтения, некоторые выдержки из него уже стали достоянием общественности. Так, в начале ноября распространилась информация о том, чего ждать от природы. Эксперты пророчат разрушительные наводнения и сильнейшую засуху. Количество ЧП, вызванных глобальным потеплением, возрастет. Такие явления, как ураганы, штормы и цунами, которые в на-

стоящий момент достаточно редки, к концу XXI в. станут происходить в два-три раза чаще.

Что касается засух, еще доподлинно не установлено, каковы будут их масштабы. Так или иначе, климатический удар окажется настолько сильным, что многие регионы станут попросту непригодны для проживания, что повлечет за собой глобальную миграцию: люди вынуждены будут покидать регионы, в которых проживание станет невозможным. Называть регионы, которые пострадают в первую очередь от последствий климатического коллапса, эксперты Межправительственной группы категорически отказываются до тех пор, пока доклад не будет представлен целиком.

1.3. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [14]

Изменения климата России за период инструментальных наблюдений

Температура приземного воздуха. Данные наблюдений показывают, что климат территории России более чувствителен к глобальному потеплению, чем климат многих других регионов земного шара. За последние 100 лет (1907–2006 гг.), по данным сети Росгидромета, потепление в целом по России составило 1,29 °С при среднем глобальном потеплении 0,74 °С. За период 1976–2006 гг. среднее потепление по России достигло 1,33 °С. На большей части территории России в этот период годовые минимумы и максимумы суточной температуры приземного воздуха увеличивались, разность между ними уменьшалась (минимумы увеличивались быстрее максимумов), число дней с морозом уменьшалось. Наибольшее увеличение минимальной и максимальной суточной температуры наблюдалось в холодный сезон.

Атмосферные осадки. Годовая сумма осадков за период 1976–2006 гг. в целом по территории России увеличивалась (7,2 мм/10 лет). Однако в характере региональных изменений осадков наблюдались значительные различия. Наиболее заметными были увеличение осадков весеннего сезона (16,8 мм/10 лет) в Западной Сибири, на северо-востоке Восточной Сибири, Дальнем Востоке и на Европейской территории России и их уменьшение зимой на северо-востоке Сибири, в том числе в Магаданской области, на севере Хабаровского края и на востоке Чукотского автономного округа. Показатели, характеризующие экстремальные осадки, указывают преимущественно на слабое увеличение повторяемости интенсивных осадков и уменьшение максимальной продолжительности сухих периодов.

Облачность. Во второй половине XX века на большей части территории России происходило увеличение доли облаков вертикального развития (кучевых и кучево-дождевых), уменьшалась доля слоисто-дождевой облачности, увеличивалась доля облаков верхнего яруса.

Сток рек. Анализ годового стока рек за 1978–2005 гг. показал, что по отношению к стоку за период 1946–1977 гг. на реках западной части Европейской территории России, левобережных притоках Волги произошло увеличение годового стока на 15–40%. Оно больше среднего (на 10–15%) в верхней части

бассейна Северной Двины, в верховьях Днепра, на левобережных притоках Дона. На Азиатской территории России (АТР) увеличение стока (на 20–40%) отмечалось на левых притоках Тобола и Иртыша. Увеличение водности наблюдалось также в бассейне Енисея (8%) и на значительной части бассейна Лены, особенно в последнее десятилетие XX в. Сток в бассейнах рек северо-востока Азиатско-Тихоокеанского региона увеличился на 5–15%.

Снежный покров. Площадь снежного покрова в Северном полушарии, по данным спутниковых измерений, за последние 30 лет значительно сократилась, особенно весной и летом. В западных областях Европейской территории России, в Забайкалье и на Чукотке обнаружена тенденция уменьшения высоты снежного покрова. Основной причиной этих изменений стало повышение температуры приземного воздуха. Однако в некоторых регионах с очень низкой среднегодовой температурой наблюдалось увеличение высоты снежного покрова, что объясняется увеличением количества осадков.

На большей части территории России число дней с высотой снежного покрова более 20 см увеличилось. На всем Арктическом побережье – от Кольского полуострова до Таймыра включительно – коэффициенты линейного тренда этой характеристики составляют 6–8 суток/10 лет. Такие же значения отмечаются на Урале, в восточных областях Европейской территории России и на юге Западной Сибири и Амурской области.

Многолетняя мерзлота. Во второй половине XX в., особенно в его последней четверти, на многих участках зоны многолетней мерзлоты происходило увеличение температуры верхнего слоя многолетнемерзлых пород, в отдельных регионах отмечалось увеличение глубины сезонного протаивания. Температура многолетней мерзлоты на севере Западной Сибири увеличилась в среднем на 1,0 °С, на северо-востоке Европейской территории России на 0,8–1,0 °С.

Морской лед в Арктике. Изменение площади морского льда является индикатором изменений климата Арктики. Данные спутниковых наблюдений указывают на наличие устойчивой тенденции сокращения площади морского льда за последние два десятилетия. За последние 28 лет с начала спутниковых наблюдений (1979 г.) минимальная площадь сезонного льда, которая достигается в сентябре каждого года, сокращалась на 9% за десятилетие. В сентябре 2007 г. она достигла абсолютного минимума – 4,3 млн км².

Изменения содержания парниковых газов и аэрозоля в атмосфере

Хозяйственная деятельность оказывает существенное влияние на содержание парниковых газов в атмосфере. Среди них:

— **диоксид углерода (CO₂)** является наиболее важным по влиянию на климат парниковым газом. За последние 250 лет наблюдалось беспрецедентное по скорости увеличение его концентрации в атмосфере на 35%. В 2005 г. она составила 379 млн⁻¹;

— **метан (CH₄)** является вторым по значимости парниковым газом после CO₂; его концентрация увеличилась в 2,5 раза по сравнению с доиндустриальным периодом и составила 1774 млрд⁻¹ в 2005 г.;

— **закись азота (N_2O)**, ее концентрация увеличилась на 18% к 2005 г. по сравнению с доиндустриальным периодом и составила 319 млрд⁻¹; в настоящее время примерно 40% количества N_2O , поступающего в атмосферу, обусловлено хозяйственной деятельностью (удобрения, животноводство, химическая промышленность).

Радиационное воздействие парниковых газов и аэрозоля на глобальную атмосферу

Воздействие на радиационный режим атмосферы – основной механизм антропогенного влияния на глобальную климатическую систему. Вклад парниковых газов атмосферы составляет основную часть этого воздействия.

С началом индустриального периода распашка земель и вырубка лесов ускорились, и к концу XX в. сельскохозяйственные угодья и пашни стали занимать 35–39% всей площади суши, а доля, занятая лесами, сократилась на 20–24%. Радиационное воздействие, связанное с хозяйственным использованием земель, оценивается в 0,15–0,20 Вт/м².

Антропогенный вклад в потепление климата

Данные наблюдений за климатом России указывают на повышение температуры приземного воздуха, начавшееся с середины 1970-х годов. Результаты совместного анализа наблюдений и модельных расчетов дают согласованную картину потепления и позволяют сделать следующие выводы:

— крайне маловероятно, что изменения климата, наблюдавшиеся за последние 50 лет, происходили без внешнего воздействия;

— с высокой степенью вероятности можно утверждать, что, начиная с середины XX века, наблюдаемое увеличение концентраций антропогенных парниковых газов обусловило большую часть глобального потепления.

Вместе с тем глобальное потепление происходит на фоне межгодовой естественной изменчивости климата, которая особенно значительна в средних и высоких широтах и часто превышает антропогенный сигнал на пространственных масштабах меньше субконтинентального.

Ожидаемые изменения климата на территории России в XXI в.

Достоверность прогнозов будущих изменений климата зависит от многих факторов, каждый из которых вносит некоторую долю неопределенности. Основными источниками неопределенностей являются:

— принципиальные сложности прогноза развития энергетики и технологий в мире на длительный период и связанные с ними неопределенности оценок будущих концентраций парниковых газов и других радиационно-активных примесей в атмосфере;

— невозможность априорного учета естественных внешних воздействий на климат, таких как будущие извержения вулканов и изменения потока солнечной радиации на верхней границе атмосферы;

— недостаточное знание и соответственно неточности описаний в физико-математических моделях климатически значимых процессов и обратных связей.

МГЭИК разработала сценарии эмиссии парниковых газов и аэрозоля в атмосферу в XXI в. с учетом демографических, экономических, технологических и других факторов. Согласно «жесткому» сценарию к 2050 г. концентрации основных парниковых газов диоксида углерода (CO₂) и метана (CH₄) увеличатся в 1,51 раза и закиси азота (N₂O) в 1,21 раза по сравнению с их концентрациями в 1990 г.

Температура приземного воздуха. Повышение среднегодовой температуры на территории России ожидается значительно большим, чем на всем земном шаре. К 2020 г. ее увеличение превысит $(1,1 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, а в середине века (2041–2060 гг.) повышение будет еще большим $(2,6 \pm 0,7)^\circ\text{C}$, особенно зимой $(3,4 \pm 0,8)^\circ\text{C}$.

К середине века произойдет повышение наиболее низких в году суточных минимумов температуры на 4–6 °C. Увеличение суточных максимумов температуры не превысит 3 °C. Таким образом, уменьшится годовая разность между самой высокой и самой низкой суточной температурой в году на всей территории России и, особенно, на Европейской части России. В Сибири и на Дальнем Востоке сократится число дней с морозом на 10–15, а на Европейской части России – на 15–30.

Атмосферные осадки. Зимой ожидается увеличение осадков на всей территории России, а летом знак изменения осадков зависит от региона. К середине века годовая сумма осадков уменьшится на юге Европейской части России и на юге Сибири. Существенное увеличение количества осадков ожидается в Восточной Сибири при их более редкой повторяемости. При этом летом следует ожидать увеличения осадков большой интенсивности практически на всей территории России, особенно в южных регионах России.

Годовой сток рек. Ожидается дальнейшее увеличение водных ресурсов в регионах, где уже существует достаточное или избыточное увлажнение, и их уменьшение в регионах, где водообеспеченность является предельной или недостаточной в настоящее время. Наибольшее увеличение стока ожидается на водосборах северных и сибирских рек. На водосборах южных рек (Днепр, Дон) сток будет уменьшаться вследствие уменьшения годовых сумм осадков и увеличения испарения весной и летом. Лишь на водосборах Волги и Урала изменения стока будут незначимы до конца века.

Снежный покров суши. При потеплении климата ожидается сокращение площади снежного покрова на значительной части территории страны. Увеличение сумм осадков зимой на Европейской территории России будет происходить в основном вследствие увеличения жидкой фазы, в то время как в Западной и Восточной Сибири основную долю осадков составит твердая фаза. В результате на Европейской территории России следует ожидать сокращения массы снега зимой и увеличения зимнего стока, а в Западной и Восточной Сибири, наоборот, накопления массы снега зимой и его интенсивного таяния весной.

Морской лед в полярном бассейне. Значительное сокращение площади ледяного покрова будет неуклонно происходить в течение всего XXI в. Максимальная площадь морского льда (в марте) будет сокращаться в течение XXI в. на 2% за десятилетие, а минимальная (в сентябре) – на 7% за десятилетие по

отношению к площади льда за базовый период (1910–1959 гг.) при более быстром уменьшении площади многолетнего морского льда в Арктике по сравнению с площадью сезонного льда.

Природные экосистемы суши

В условиях меняющегося климата в XX в. в ряде регионов произошли заметные сдвиги сроков фенологических событий у растений, в том числе разворачивания листьев (рис. 1), и животных (например, прилета птиц) и границ растительных зон в пространстве, а также изменения структуры экосистем.

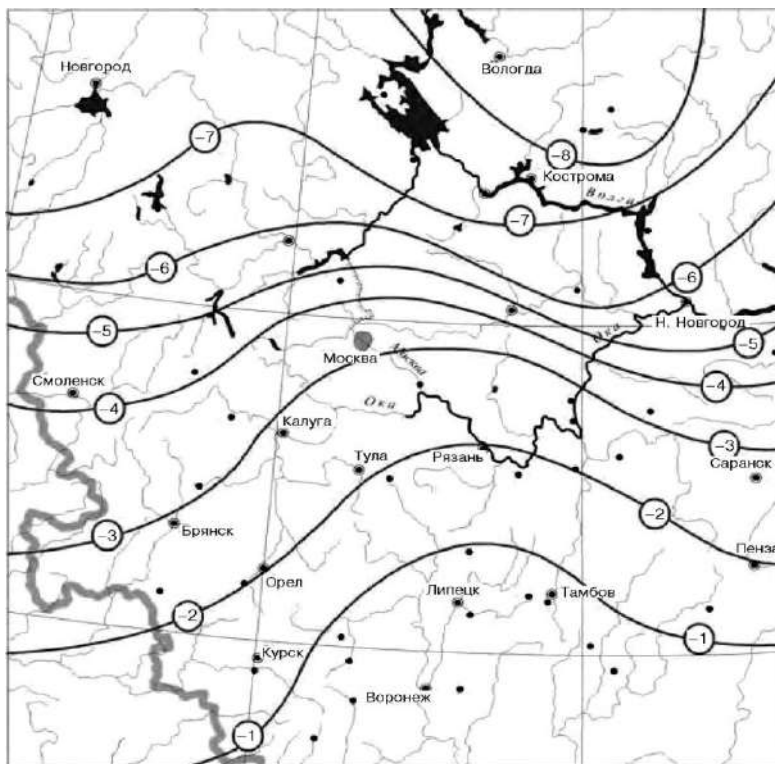


Рис. 1. Изолинии сдвига сроков разворачивания первых листьев у березы бородавчатой на ЕТР за период 1970–2000 гг., сутки (точками показаны пункты фенологических наблюдений)

При дальнейшем потеплении в XXI в. эти тенденции сохранятся. Границы растительных зон будут сдвигаться к северу. При этом на Европейской территории России лесная зона будет расширяться как к северу, так и, возможно, при гумидном потеплении (т. е. при потеплении, сопровождающемся увеличением увлажнения) к югу, а в Сибири площадь лесов может сократиться при одновременном увеличении флористического разнообразия. Потенциально изменения могут приводить к рассогласованию межвидовых взаимодействий в экосистемах, изменению границ растительных зон и высотных поясов растительности в горах, а также изменению структуры экосистем. Заповедники и другие особо охраняемые территории могут частично утратить свое природоохранное значение вследствие таких климатогенных изменений.

На большей части территории России в последней четверти XX в. – начале XXI в. изменения климата были таковы, что при неизменных прочих условиях среды первичная продукция экосистем увеличивалась. В то же время в ряде регионов (на разных широтах) фактические значения радиального прироста деревьев во второй половине XX в. уменьшились по сравнению с его серединой.

Содержание углерода в почвах в последней четверти XX в. – начале XXI в. при неизменных прочих условиях среды увеличивалось. В XXI в. при умеренном потеплении преобладающая часть почв России сможет продолжать накапливать углерод при сохранении достаточного уровня увлажненности почв.

Засушливые земли России были подвержены в XX в. преимущественно антропогенному опустыниванию. При развитии аридного потепления на Европейской территории России к концу XXI в. засушливость климата возрастет в лесостепи, степи и полупустыне. Более сухими станут степи Краснодарского края и Ростовской области. Чрезмерное увеличение хозяйственной нагрузки на аридные земли в условиях меняющегося климата может создать предпосылки для катастрофического локального опустынивания.

Криосфера суши

Во второй половине XX в., особенно в его последней четверти, в условиях заметного потепления изменился термический режим многолетней мерзлоты, что сказалось как на границах ее распространения, так и на механических свойствах многолетнемерзлых почвогрунтов. На протяжении XX столетия южная граница многолетней мерзлоты смещалась на 1–2° широты в периоды похолодания 1960–1970-х гг. и последующего потепления.

Деградация многолетней мерзлоты под влиянием потепления климата в XXI в. будет проявляться прежде всего в увеличении мощности сезонно-талого слоя и повышении температуры многолетнемерзлых грунтов. В некоторых районах может произойти отрыв замерзающей части сезонноталого слоя от глубинных толщ многолетней мерзлоты. Изменение глубины сезонного протаивания, также как и глубины сезонного промерзания, существенно зависит от типа грунта, толщины снежного покрова и температуры на поверхности.

К середине XXI в. южная граница многолетней мерзлоты сместится к северу: в Западной Сибири – в области интенсивного оттаивания многолетнемерзлых пород – через 20–25 лет на 30–80 км, а к 2050 г. – на 150–200 км.

Эти изменения многолетней мерзлоты, занимающей более 60% территории России, оказывают заметное влияние на состояние экосистем, расположенных на многолетней мерзлоте, приводят к уменьшению несущей способности почвогрунтов, а также усиливают поступление метана с земной поверхности в атмосферу. Однако ожидаемая в XXI в. дополнительная эмиссия метана из болот, расположенных в России в зоне многолетней мерзлоты, не приведет к заметному воздействию на глобальный климат. На территории России во второй половине XX в. деградация оледенения арктических островов и горного оледенения стала доминирующей тенденцией. В горах это наблюдалось в отношении ледников Кавказа, Урала, Алтая, северо-востока Сибири и Камчатки. В XXI в. в условиях продолжающегося потепления климата эта тенденция сохранится.

Моря

Северные моря (Балтийское море, арктические моря, Берингово море). Распространение льдов в арктических морях евразийского шельфа оказывает прямое влияние на морскую хозяйственную деятельность. В связи с потеплением в XX в. в целом площадь льдов уменьшилась. Смещение границы льдов к северу не было, однако, повсеместным. Например, в восточном секторе Арктики граница многолетних льдов сместилась в последнее двадцатилетие XX в. к югу в среднем на 300 км по сравнению с предшествующим двадцатилетием.

В условиях потепления в 2001–2005 гг. существенно улучшились ледовые условия плавания по Северному морскому пути в конце теплого сезона – в августе и сентябре – по высокоширотным трассам к северу от арктических архипелагов Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, Новосибирские острова. Однако более частое появление айсбергов увеличивает риск для морских перевозок и рыбного промысла. Произошедшие изменения климата оказали негативное влияние на берега северных морей (активизация эрозионных процессов) и прибрежную инфраструктуру.

Экосистемы северных морей в условиях меняющегося климата в XX в. претерпели заметные изменения. Они касались микробиологических показателей, фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, ихтиофауны, а также популяций морских птиц и млекопитающих. В конце XX в. в связи с сокращением площади морских льдов значительно ухудшились условия обитания белого медведя.

При дальнейшем потеплении в XXI в. общей тенденцией будет уменьшение ледовитости северных морей, хотя будут наблюдаться отдельные периоды ее увеличения и сокращения в региональном масштабе. В периоды потепления возможны увеличение числа айсбергов, деградация припайных льдов и эрозия береговой линии. В ряде регионов в условиях плавания по Северному морскому пути будут наблюдаться циклические изменения, связанные с периодами уменьшения и увеличения ледовитости. Так, до 2015 г. сохранится вероятность формирования сложных и очень сложных ледовых условий в проливах Вилькицкого и Шокальского, а также в проливах Дмитрия Лаптева, Санникова и Лонга. В 2020–2030-х гг. возможно увеличение ледовитости на Баренцевом и Карском морях.

В XXI в. в условиях меняющегося климата ожидаются дальнейшие сдвиги ареалов многих морских видов к северу и изменение биологического разнообразия и численности популяций. Изменения климата окажут существенное влияние на условия рыбного промысла на северных морях.

Южные моря (Черное, Азовское, Каспийское). На южных морях в конце XX – начале XXI века существенно менялись их основные физические и химические климатообусловленные параметры (термический режим, уровень, соленость), а также концентрация хлорофилла.

Повышение уровня Черного моря прослеживается с начала 1920-х г. С середины 1980-х оно стало более интенсивным (около 2 см в год). В целом в конце XX – начале XXI в. средняя годовая температура поверхности Черного моря повысилась. В XX в. наблюдалась долговременная тенденция к увеличению стока Дуная.

Уровень Азовского моря стал интенсивно увеличиваться с начала 1990-х г. Температура поверхности моря с 1920-х г. до начала 1980-х в среднем медленно повышалась, а затем ее увеличение стало в несколько раз более интенсивным. В XX в. наблюдались периоды существенного повышения солености моря вследствие зарегулирования стока рек и климатических причин. Однако с начала 1990-х г. региональные проявления климатических изменений привели к уменьшению солености Азовского моря. В XX в. до 1970 г. температура поверхности Каспия медленно повышалась, а в конце века скорость ее повышения увеличилась в 5–10 раз.

Значительные многолетние изменения солености наблюдались в основном в мелководном Северном Каспии, где они обусловлены, главным образом, изменениями стока Волги. В конце XX – начале XXI в. наблюдались колебания концентрации хлорофилла.

Уровень Каспия претерпевал значительные колебания в XX в., примерно от –29 до –25,7 м в Балтийской системе высот. Его сильное понижение к 1977 г. и существенное повышение к 1995 г. привели к заметному экологическому и экономическому ущербу.

Повышение уровня Каспия выше отметки –26 м может оказать существенное негативное влияние на населенные пункты и хозяйственные объекты, привести к негативным изменениям ландшафта в прибрежной полосе шириной до 30 км.

Сельское хозяйство

В период 1975–2004 гг. изменения теплообеспеченности и термических условий зимовки сельскохозяйственных растений, увлажненности сельскохозяйственных земель и континентальности климата были позитивными для сельскохозяйственного производства в регионах России, обеспечивающих производство около 85% товарного зерна. Это, несмотря на неблагоприятные для сельского хозяйства во вторую половину рассматриваемого периода социально-экономические обстоятельства, обусловило положительный тренд урожайности зерновых и зернобобовых культур в 70% субъектов Российской Федерации.

В конце XX в. наблюдалась, в особенности на юге Европейской территории России и Западной Сибири, активизация ряда насекомых – вредителей сельскохозяйственных растений, жизненный цикл которых существенно зависит от климата, в том числе саранчовых и колорадского жука. Увеличение их численности и расширение ареалов были сопряжены со значительной потерей урожая. При дальнейшем потеплении в России может возрасти неблагоприятное воздействие насекомых – вредителей сельскохозяйственных культур – на валовые сборы продукции растениеводства. В том числе создадутся предпосылки для дальнейшего распространения саранчовых в Ставропольском крае, Калмыкии, Волгоградской, Астраханской, Саратовской и Ростовской областях, а также для их укоренения в ряде регионов Сибири.

Реакция урожайности сельскохозяйственных растений на дальнейшее потепление будет зависеть от характера изменения увлажнения:

— при уменьшении увлажнения на Европейской территории России урожайность зерновых и кормовых культур будет практически везде уменьшаться, кроме севера и северо-запада;

— при увеличении увлажнения урожайность в среднем по России будет расти, по крайней мере до середины XXI в. В дальнейшем урожайность зерновых в Черноземной зоне будет ниже современного уровня на 10–13%, а в Нечерноземной зоне превысит современную на 11–29%. На юге Сибири при сохранении современного уровня агротехники и географического распределения посевов урожайность зерновых культур может снизиться на 20–25%.

При дальнейшем потеплении существенно увеличится общая площадь земледельческой зоны России, появятся возможности для расширения посевов теплолюбивых сельскохозяйственных культур. Так, граница выращивания среднеспелых сортов кукурузы на зерно и позднеспелых сортов подсолнечника продвинется к северу до линии Москва – Владимир – Йошкар-Ола – Челябинск. Окажется возможным расширение посевов сахарной свеклы до линии Иваново – Ижевск – Курган. Создадутся условия для развития субтропического земледелия в некоторых южных регионах.

Здоровье населения

Изменения климата влияют на состояние здоровья людей, в том числе на распространение ряда заболеваний. В городах России, где были проведены специальные исследования (в том числе в Москве и Твери), наблюдалось негативное воздействие волн тепла (продолжительных периодов экстремально высокой температуры) на уровень заболеваемости и смертности в отдельных группах населения. В последнее десятилетие повторяемость и выраженность волн тепла увеличились.

В XXI в. в условиях, когда волны тепла будут наблюдаться чаще, а максимальные значения температуры будут увеличиваться, ситуация для групп риска ухудшится. Сочетание волн тепла с повышенным загрязнением атмосферного воздуха при неблагоприятных метеорологических условиях может усилить негативное воздействие. Возможно ухудшение ситуации и с качеством воды в некоторых регионах, в том числе в Калмыкии, Дагестане, Карачаево-Черкесии.

Изменение климата может приводить к изменению условий распространения определенных инфекционных и паразитарных болезней человека и животных. Среди них клещевой энцефалит, иксодовый клещевой боррелиоз, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, крымская геморрагическая лихорадка, лихорадка Западного Нила, малярия. В последние три десятилетия XX в., заболеваемость этими болезнями увеличилась, ареалы некоторых из них расширились.

Ожидается, что в условиях дальнейшего потепления в течение всего XXI в. эти тенденции сохранятся, а для некоторых заболеваний усилятся.

Возможно возникновение проблем, связанных с воздействием меняющегося климата на здоровье и традиционный уклад жизни населения в Арктике, в

том числе из-за изменения ареалов обитания некоторых биологических видов, добыча которых является чрезвычайно важной для местного населения.

Последствия экстремальных метеорологических явлений

В России отмечаются более 30 видов опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ). Их общее число за год в конце XX – начале XXI в. в среднем увеличилось. Из них 52% наблюдались на Европейской территории России и 48% на Азиатской территории России. Наиболее подвержены возникновениям разных ОЯ Северо-Кавказский и Волго-Вятский экономические районы, Сахалинская, Кемеровская, Ульяновская, Пензенская, Ивановская, Липецкая, Белгородская, Калининградская области и Республика Татарстан.

По оценкам Всемирной метеорологической организации, Международного банка реконструкции и развития и других международных организаций, в настоящее время отмечается устойчивая тенденция увеличения материальных потерь и уязвимости общества из-за усиливающегося воздействия опасных природных явлений. За период 1991–2005 гг. в России в среднем ежегодное увеличение числа ОЯ составляет 6,3%. Эта тенденция сохранится и в дальнейшем.

Засухи. В последнее тридцатилетие XX – начала XXI в. обширные общие засухи (атмосферная и почвенная одновременно) на территории России отмечались в 1972, 1975, 1979, 1981, 1995, 1998 и 2002 гг. Засухи 1975 и 1981 гг. охватили все зернопроизводящие районы страны и не имели аналогов с 1891 г. Недобор валового сбора зерна в целом по стране составил около 23% среднего сбора. Однако в долговременном плане – за XX в. – определенной тенденции в изменении влагообеспеченности территорий не обнаружено.

Перспективные оценки региональных изменений климата в рамках некоторых сценариев указывают на возможность уменьшения в XXI в. в весенне-летний период влагосодержания почв и формирования более засушливых условий практически на всей Европейской территории России. При условии существенного повышения температуры воздуха, уменьшения количества осадков, увеличения повторяемости экстремально высокой температуры и экстремально малого количества осадков, в частности, на водосборах Дона и Днепра, увеличится повторяемость почвенной засухи в южных регионах России.

Лесные пожары. Возникновению причиняющих значительный ущерб лесных пожаров способствует установившаяся на длительное время сухая и жаркая погода. Однако первопричина около 70% лесных пожаров – нарушение людьми правил пожарной безопасности в лесу. Прямые потери от лесных пожаров (стоимость сгоревших и поврежденных древостоев, лесной продукции и др.) в 2004 г. составили почти 20 млрд руб. Число учтенных лесных пожаров в России в конце XX – начале XXI в. увеличилось. Число суток в году с пожароопасностью «высокой и больше» заметно увеличилось, особенно в центре Европейской территории России, на юге Западной Сибири и Дальнего Востока.

К 2015 г. увеличение числа дней с пожароопасной обстановкой составит до 5 суток за сезон для большей части территории страны. При этом произойдет как увеличение числа суток с пожароопасной обстановкой высокой интен-

сивности, так и пожароопасной обстановкой средней интенсивности. Наибольшее увеличение продолжительности пожароопасной обстановки (более чем на 7 суток за сезон) ожидается на юге Ханты-Мансийского АО, в Курганской, Омской, Новосибирской, Кемеровской и Томской областях, в Красноярском и Алтайском краях, Республике Саха (Якутия).

Наводнения. Во многих экономических районах России в начале XXI в. повторяемость катастрофических наводнений, обусловленных высокими паводками и половодьями, увеличилась на 15% по сравнению с последним десятилетием XX в., в особенности на горных реках Северного Кавказа, в Восточной Сибири и на юге Дальнего Востока. Произошло увеличение повторяемости нагонных наводнений на р. Неве в Санкт-Петербурге.

При сохранении современных тенденций изменения климата в XXI в. следует ожидать увеличения числа наводнений на реках значительной части территории России. В связи с прогнозируемым увеличением осадков увеличится вероятность наводнений при дождевых паводках на малых и средних реках европейской части России, особенно на Северном Кавказе, а также на Дальнем Востоке. Риск опасных наводнений во время весенних половодий к 2015 г. возрастет в районах, где максимальные расходы воды весной в реках сопровождаются формированием заторов льда (Архангельская область, Республика Коми, Уральский регион, Восточная Сибирь, северо-восток азиатской части России). Увеличится вероятность нагонных наводнений в устьях больших рек, впадающих в Азовское и Балтийское моря.

Сели и лавины. При сохранении современной тенденции к потеплению в XXI в. на северном склоне Большого Кавказа увеличится продолжительность селеопасного периода в среднем на 47–50 суток, увеличится объем горных пород, участвующих в формировании селевых потоков, на 20–30% возрастут объемы селевых потоков.

К середине XXI в. на северном склоне Большого Кавказа сократится продолжительность лавиноопасного периода года и площадь лавиноопасной территории на высотах 1500–2000 м. Увеличится повторяемость крупных катастрофических лавин на высотах более 3000 м.

Заключение

Опубликованные в 2007 г. выводы МГЭИК о том, что основной причиной наблюдаемого в последние десятилетия глобального потепления климата является интенсификация хозяйственной деятельности человека, вызвали озабоченность широких слоев общественности, представителей бизнеса, науки и правительств большинства стран мира.

С этими выводами МГЭИК хорошо согласуются и оценки российских ученых, приведенные в настоящем Оценочном докладе, которые свидетельствуют в том числе и о значимом воздействии изменений климата на природную среду и социально-экономическую деятельность Российской Федерации как в целом по стране, так и применительно к ее отдельным регионам.

Большая часть территории России находится в области значительного наблюдаемого и прогнозируемого изменения климата. При этом вследствие зна-

чительных природно обусловленных особенностей изменения климата на территории России проявляются и будут проявляться в дальнейшем крайне неравномерно.

Наблюдаемые и прогнозируемые изменения климата могут приводить как к благоприятным, так и к негативным последствиям. С одной стороны, изменение климата будет способствовать смещению к северу зоны комфортного проживания людей, уменьшению продолжительности отопительного периода и увеличению возможностей сельскохозяйственного производства в регионах с достаточным увлажнением. Глобальное потепление благоприятно повлияет на ледовую обстановку в арктических морях, способствуя расширению возможностей морского транспорта и облегчению освоения арктического шельфа.

С другой стороны, прогнозируется уменьшение водных ресурсов в регионах, где уже сейчас наблюдается их дефицит. Усиление сезонного протаивания многолетней мерзлоты создает угрозу объектам инфраструктуры – коммуникациям, зданиям и техническим сооружениям, включая нефте- и газопроводы.

Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата могут увеличивать вероятность экстремальных гидрометеорологических явлений, в том числе наводнений, селей и лавин в горных районах, засух, усиления пожароопасности в лесах, которые могут вызвать значительные негативные последствия для населения, хозяйственной деятельности и природного комплекса.

Вследствие глобального потепления существенные изменения произойдут в природных экосистемах. Ожидается расширение области распространения некоторых болезней человека, вызываемых переносчиками, а также некоторых насекомых – опасных вредителей сельскохозяйственных культур.

Для комплексной оценки наблюдаемых и прогнозируемых изменений климата необходимо дальнейшее развитие научных исследований в области изменений климата, их последствий и возможностей адаптаций как в целом по стране, так и на региональном уровне.

Особое значение имеет развитие систем раннего обнаружения и прогнозирования экстремальных гидрометеорологических явлений, способных привести к значительным негативным социально-экономическим и экологическим последствиям.

Необходимо расширение работ по созданию технологий, способствующих уменьшению глобального изменения климата, а также работ, направленных на повышение энергосбережения, развитие возобновляемых источников энергии и разработку технологий улавливания и захоронения антропогенных парниковых газов.

Существенная зависимость природного комплекса России и ее экономики от климатических факторов, большая неоднородность наблюдаемых и ожидаемых последствий изменения климата для населения и социально-экономической деятельности, а также участие Российской Федерации в международных усилиях, направленных на уменьшение антропогенного воздействия на глобальный климат, требуют серьезного научного обоснования политики страны в области изменения климата. Ее необходимыми элементами являются меры по уменьшению антропогенного воздействия на климатическую систему и меры

по адаптации к меняющемуся климату – предотвращение или снижение негативных и использование благоприятных последствий изменения климата. Наиболее масштабные меры в области изменения климата должны регулироваться государственными решениями, тем более, что значительная часть таких решений связана с взаимодействием Российской Федерации с международным сообществом.

1.4. Климат Кировской области [3]

Климат Кировской области определяется её положением на северо-востоке европейской части России, большой протяженностью с севера на юг, неоднородностью рельефа. Краем умеренных контрастов называют Вятскую землю за умеренно-континентальный климат с продолжительной многоснежной зимой и коротким умеренно-теплым летом.

Область находится под влиянием западного переноса воздушных масс. В течение года здесь, как и над большей частью Европейской территории России, преобладает континентальный воздух умеренных широт. Равнинный, слабо всхолмленный рельеф и отсутствие горных преград на севере, юге и западе способствует свободному проникновению воздушных потоков. Область подвержена как влиянию влажных циклонов с Атлантического океана, так и холодных воздушных масс из Арктики. Изредка сюда могут проникать тропические воздушные массы из пустынь Средней Азии. В течение года область более подвержена циклонической деятельности, чем антициклонической.

Кировская область весь год находится в зоне активной циклонической деятельности, вследствие чего её территория круглый год подвергается влиянию ветров западных и юго-западных направлений. В зимний период на большей части территории области преобладают южные и юго-западные ветры, а в летнее время – западные, северные и северо-западные.

Вследствие того, что область расположена между 56° и 61° с. ш., она испытывает недостаток солнечного тепла. Это обусловлено низкими величинами суммарной солнечной радиации, как в летний период, так и в целом за год – 90 ккал/см^2 . За три месяца, с мая по июль, поступает около 70% от годовых величин суммарной солнечной радиации. В эти три месяца на долю радиационного баланса приходится около 50% месячных сумм суммарной радиации. Максимальная сумма годового количества суммарной радиации наблюдается с мая по июль и составляет $7\text{--}8 \text{ ккал/см}^2$ ($300\text{--}350 \text{ МДж/м}^2$). Максимальных величин радиационный баланс достигает в июле. Период с положительным радиационным балансом составляет только семь месяцев (апрель-октябрь), а в течение зимних пяти месяцев (ноябрь-март) он отрицательный.

Продолжительность солнечного сияния значительно отличается на севере и юге области. Основными факторами, которые обуславливают этот показатель, являются широта места, время года и облачность. Эти факторы и обусловили различия этого показателя: на севере области он до 200 часов меньше, чем на юге. Для п. Подосиновец (север области) продолжительность солнечного сияния составляет 1665 часов в год, а для г. Малмыж (юг области) – 1888 час.

Континентальность климата области четко прослеживается в суточном, месячном, сезонном и годовом ходе температуры воздуха. Среднегодовая изотерма 1,5 °С делит территорию Кировской области пополам, проходя по линии Даровской – Киров – Уни. Средняя годовая температура воздуха для северной части области (п. Опарино) составляет 1,1 °С, в центре (г. Киров) она равна 1,6 °С, на юге (г. Вятские Поляны) – 2,9 °С. Колебания средней годовой температуры от года к году за последние 20–25 лет достигали от 1 до 4 °С.

Среднемесячные температуры воздуха на территории области, несмотря на значительные её размеры, колеблются слабо (табл. 1).

На севере средняя температура января составляет –14,4 °С, июля +16,4 °С, а на юге – 13,8 °С и +19,1 °С соответственно. По средним месячным значениям самым теплым месяцем является июль (17–18 °С), самым холодным – январь (около – 14 °С).

Средняя годовая амплитуда температур воздуха по области равна 30–33 °С, амплитуда абсолютных температур составляет 81–90 °С. Абсолютный максимум температуры воздуха не превышает 38 °С, абсолютный минимум – минус 50 °С. Показатели самых высоких и самых низких температур, зафиксированных для метеостанции Киров, приведены в табл. 2.

Таблица 1

Среднемесячная температура воздуха на территории Кировской области

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Котельнич	–12,7	–11,7	–6,0	3,6	11,0	15,8	17,6	14,7	9,3	1,9	–5,1	–9,1
Кумены	–12,0	–11,9	–6,0	3,7	10,9	16,1	17,2	14,9	9,3	1,9	–5,4	–10,5
Нолинск	–12,5	–10,3	–6,0	3,8	11,8	16,6	18,4	15,3	10,0	2,1	–5,0	–10,3
Киров	–12,4	–11,2	–4,2	3,8	11,3	16,1	17,9	15,0	9,3	1,8	–5,2	–10,2

Таблица 2

Средняя месячная температура, абсолютный максимум и абсолютный минимум температуры воздуха ст. Киров (1891–1995 гг.)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Ср. мес. t	–14,4	–12,9	–6,7	2,2	10,0	15,4	17,9	15,3	9,0	1,5	–5,7	11,8	1,6
Абс. макс	4 1971	4 1958	12 1983	27 1950	32 1966	37 1921	35 1938	36 1920	29 1982	22 1974	11 1967	4 1982	37 1921
Абс. мин	–41 1941	–41 1929	–34 1902	–21 1963	–11 1926	–2 1967	3 1947	0 1955	–8 1903	–23 1920	–34 1933	–45 1978	–45 1978

Суммы положительных температур, которые являются показателем теплообеспеченности, на юге области достигают 2500 °С, в центральных районах – 1700–1900 °С, а на севере снижаются до 1500 °С.

Переход среднесуточных температур воздуха через 10 °С на севере области происходит 16–20 мая и 5–6 сентября, на юге – 9 мая и 15 сентября соответственно. Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха

выше +15 °С на севере составляет 55 дней, в центральной части – 65 дней, а в южных районах – 75–85 дней.

В связи с преобладанием циклонической деятельности, Кировская область находится в зоне избыточного увлажнения. Среднее годовое количество осадков составляет 500–680 мм, и оно колеблется по районам. Так на севере области их выпадает 590–680 мм, а в южных районах – 500–550 мм. Максимальное годовое количество осадков 700–780 мм, минимальное – 390 мм (1975 г.). С ноября по март осадки выпадают в виде снега. За холодный период обычно выпадает 180–210 мм, за теплый – 420–445 мм. Самым дождливым месяцем является июль (80–90 мм), самым сухим – февраль (26–28 мм). Наиболее влажный район располагается на северо-востоке области, в верхнем течении рек Вятки и Камы.

Влажность воздуха в Кировской области в среднем составляет 75–79%, что несколько больше, чем в соседней Нижегородской области и Республике Татарстан.

Близость к Северному Ледовитому океану и отсутствие на севере значительных орографических барьеров для проникновения полярных воздушных масс обуславливает возможность вторжения холодного воздуха. Отсюда – сильные морозы зимой, заморозки и резкие похолодания в летние месяцы. Средняя продолжительность устойчивых морозов закономерно изменяется с севера на юг области: в п. Кай она доходит до 148 дней, для п. Нагорск равняется 142, г. Кирова – 137, г. Яранска – 132, г. Вятских Полян – 128 дням.

Устойчивый снежный покров залегает на севере и северо-востоке на протяжении 170–175 дней, на юге – до 150 дней. Обычно на севере он устанавливается раньше, к 9–12 декабря, а на юге – 15–17 декабря. Высота его при этом в среднем по области равна 55–60 см, максимальные высоты могут быть до 1–1,1 м.

Заморозки, которые характерны для всей области, в среднем в южных районах заканчиваются 15–20 мая, 21–25 мая – в центральных, 26–30 мая – в северных. Но в отдельные годы они могут случаться даже в летние месяцы, вызывая падение температуры в июле до –1 °С.

Характеристика основных климатических показателей различных районов Кировской области показана в (табл. 3).

Таблица 3

Климатические показатели районов Кировской области

Климатические показатели	С-запад (Опарино)	С-Восток (Омутнинск)	Центр (Киров)	Юг (В. Поляны)
Средняя годовая t воздуха, °С	1,1	1,2	1,6	2,9
Средняя t января, °С	–14,4	–14,8	–14,4	–13,8
Средняя t июля, °С	16,4	17,0	17,9	19,1
Абсолютный максимум t воздуха, °С	35 (1938 г.)	35 (1936г.)	37 (1936г.)	38 (1960г.)
Абсолютный минимум t воздуха, °С	–46 (1978 г.)	–49 (1978 г.)	–45 (1978 г.)	–48 (1979 г.)
Среднее годовое количество осадков, мм	661	666	582	506

Благодаря неоднородности климатических показателей по территории области, в ее пределах выделяют три агроклиматические зоны: северную центральную и южную.

Задания:

1. Определите, к какой агроклиматической зоне относится ваша местность, меняется ли климат по мнению старожилов?
2. Составьте дневник наблюдений за погодой. Сопоставьте метеоданные за несколько лет.

1.5. Современные изменения климатических условий и ресурсов Кировской области

Как уже неоднократно указывалось многими авторами, глобальные климатические изменения на планете проявляются по-разному. Поэтому особое значение для населения, экономики и других отраслей имеют региональные климатические исследования. Кировская область по климату отличается от многих других территорий европейской части России, так как из-за своей большой протяженности находится в трех подзонах: подзоне средней тайги (северная часть области), подзоне южной тайги (средняя часть) и подзоне хвойно-широколиственных лесов (южная часть). В этом ключе нами преимущественно и проводились исследования климатических изменений за разные периоды с 1881 по 1960 г. и с 1960 по 2010 г.

Межгодовые изменения атмосферного давления и ветер

Выяснено, что в зимние месяцы (январь, февраль) в связи с усилением в последние годы циклонической деятельности, прослеживаются слабые тренды падения давления. В среднем за год за период с 1998 по 2007 г. в сравнении с аналогичным периодом с 1968 по 1977 г., давление снизилось примерно на 1,0–1,2 гПа. Величина средних многолетних месячных и годовых скоростей ветра за период с 1968–2007 гг. по сравнению с периодом до 1962 г. уменьшилась в последнее десятилетие в среднем от 0,6 м/с в южной, до 1 м/с, в северной зоне. На этом фоне чаще стали усиления ветра до 20 м/с и более на МС Котельнич и Шабалино.

Температура воздуха

Как известно, в середине 70-х гг. XX столетия в глобальном масштабе произошел устойчивый переход к аномалии температуры воздуха выше 0 °С относительно базового периода 1961–1990 гг. Аналогичная ситуация сложилась в целом по России и, в частности, на территории Кировской области.

Для выделения систематической составляющей изменений температуры для центральных месяцев сезонов были построены линейные тренды для ряда метеостанций.

Статистическая значимость линейного тренда оценивалась с помощью критерия Стьюдента и по величине квадрата коэффициента корреляции R^2 (коэффициент детерминации).

Расчеты показали, что наиболее значительные положительные изменения температурного режима происходят в зимний период (табл. 4, 5). На втором месте весна и очень, слабые изменения летом. Причем, в августе данные имеют отрицательные значения, т. е. он стал не теплее.

Таблица 4

Разности средних месячных и годовых температур воздуха
за периоды 1966–2007 гг. и 1881–1960 гг.

Станции и зоны	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Северная зона	0,4	1	2,6	1,3	0,7	0,3	0,3	–0,3	0,3	0,4	0,5	1,2	0,7
Центральная зона	1	1,2	2,5	1,6	0,9	0,3	0,3	–0,2	0,2	0,5	0,9	1,4	0,9
Южная зона	1,2	1,3	2,2	1,5	0,7	0,1	0,1	–0,3	0,1	0,3	0,8	1,4	0,8

Таблица 5

Разности средних сезонных температур воздуха
за периоды 1966–2007 гг. и 1881–1960 гг.

Станции и зоны	Холодный период, зима XI – III	Весна IV – V	Лето VI – VIII	Осень IX – X	Теплый период IV – X
Северная зона	1,2	1	0,1	0,3	0,4
Центральная зона	1,4	1,2	0,1	0,4	0,5
Южная зона	1,4	1,1	0	0,2	0,4

Временная изменчивость количества осадков

Временная изменчивость, характеризуемая значением среднего квадратического отклонения (σ), так же как и средние месячные суммы осадков, имеет хорошо выраженный годовой ход, с минимумом в феврале от 10 мм на ст. Кильмезь до 19 мм на ст. Лальск и максимумом в июле от 35 мм на ст. Яранск до 49 мм на ст. Даровское. Однако для количества атмосферных осадков, величины, принимающей только положительные значения, более полно характеризует временную изменчивость коэффициент вариации, поскольку он представляет собой отношение (σ) к среднему значению, выраженное в процентах. В среднем для Кировской области коэффициент вариации сумм осадков в течение года меняется от минимума в декабре (40%) до максимума в апреле (56%).

По территории Кировской области значения коэффициента вариации распределяются различно в зависимости от сезона. В среднем за год наименьшая изменчивость сумм осадков наблюдается на северо-востоке и востоке области, наибольшая – на западе и юго-западе. В холодный период года (ноябрь-март) минимальные значения коэффициента вариации или наименьшая изменчивость осадков, наблюдаются в районе ст. Фаленки – Кумены – Верхошижемье – Нолинск – Кильмезь, в котором коэффициент вариации меньше 20%. В теплый период (апрель-октябрь) осадки наименее изменчивы на севере и востоке области, где коэффициент вариации не превышает 17%. В центральной части и на западе области коэффициент вариации больше 20%.

В целом за последние 50 лет во всех зонах области количество осадков увеличивается в среднем за год на 60–85 мм (табл. 6).

Таблица 6

Разности средних многолетних сумм осадков (мм)
за периоды 1966–2007 гг. и 1881–1960 гг.

Станции, зоны	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Северная зона	8	2	3	7	10	9	9	4	0	10	8	8	79
Центральная зона	11	4	4	6	4	10	8	2	4	11	11	11	86
Южная зона	6	3	1	5	2	8	9	4	5	9	8	2	63

При этом наибольшие среднегодовые суммы осадков отмечались в Верхошижемье (центральная зона) – 714 мм, наименьшее на юго-востоке (Вятские Поляны – 504 мм) и больше всего их выпадает в теплый период (IV – X).

Выводы:

1. За последние 50 лет на фоне роста температуры воздуха увеличивается и количество выпавших осадков.
2. В зимний период снежный покров устанавливается на 4–9 дней раньше.
3. Высота снежного покрова в северной и центральной зоне в среднем увеличилась на 5–10 см (50–70 см). Среднее число дней со снежным покровом в этих зонах за последние годы мало изменилась и равно от 160–175 (на юге) до 175 (на севере).

В целом зима стала примерно на 7–13 дней короче, теплее, многоснежнее. Весна начинается в первой неделе апреля и стала теплее на 1–1,5°. лето обычное по теплу, но длиннее на полмесяца. Осень теплее.

Вегетационный период также стал продолжительнее на 5–8 дней и составляет 157–161 день (табл. 7). Продолжительность периода увеличилась как за счет раннего начала весны (23–26 апреля), так и позднего окончания осенью (30 сентября – 2 октября). Период активного роста сельскохозяйственных культур стал длиннее на 2–5 дней, а на возвышенных формах рельефа северо-восточной части зоны – на 7–9 дней и составляет 111–117 дней. Увеличение продолжительности периода активных температур не происходит на фоне увеличения продолжительности вегетационного периода, т. е. теплый период становится длиннее, но не теплее. Данный вывод имеет серьезное положительное значение для районирования сортов сельхозкультур и в целом для развития сельскохозяйственного производства, а также более раннего по срокам начала полевых работ, заготовки кормов и уборки урожая. Потепление климата позволит на 7–10 дней позже начать и на столько же раньше закончить отопительный период, что даст значительную экономию денежных средств, равную 80–100 млн рублей в год. Кроме того, теплый апрель и продолжительная осень увеличивают возможность продолжительности строительно-ремонтных работ на открытом воздухе примерно на 30–40 дней.

Таблица 7

Разности средних сумм активных температур воздуха выше критических пределов 0, 5, 10 °С за периоды 1968–2007 гг. и 1891–1960 гг.

Зоны	Разности сумм		
	сумм выше 0 °С	сумм выше 5 °С	сумм выше 10 °С
Северная	118	115	75
Центральная	108	138	105
Южная	97	109	100

Биоклиматические ресурсы

Расчеты эффективной температуры показали, что комфортная погода по области устанавливается с мая по сентябрь, причем летом таких дней от 9 до 14 в месяц.

Согласно индексу Бодмана, зима в северной части умеренно суровая, по остальной территории от мало суровой до умеренно суровой.

И в целом биоклиматические условия позволяют успешно использовать собственные рекреационные ресурсы, которыми богата Кировская область.

Опасные (ОЯ) и неблагоприятные погодные условия (НЯ)

Количество НЯ, ОЯ за последние 30 лет в среднем выросли на 30%. НЯ бывают ежегодно 530–580 случаев. ОЯ за период с 1968 по 2008 г. было 627 случаев, в среднем 15,2 за год (особенно сильная жара была летом в 1972 и 2010 гг., по территории области отмечались засухи и пожары).

Гидрологические ресурсы

Наложение моделей изменений и колебаний температуры воздуха, осадков и годового стока р. Вятки позволили сделать вывод: увеличение годового стока происходит на фоне повышения температуры воздуха и осадков. При этом увеличился сток и в период зимней межени. Маловодный же период отмечается, как при повышенном, так и пониженном температурном режиме, но в те десятилетия, когда осадков выпадало мало. С высокой степенью точности можно предположить, что многолетние колебания стока происходят примерно через 50 лет. Таким образом, многоводный период по нашим расчетам может длиться еще примерно до 2030 г. При этом возможный ущерб от наводнений ежегодно может составить до 100 млн рублей.

1.6. Необычные природные явления на территории Вятского края [4]

Для области характерны многие опасные явления погоды: заморозки, гололед, метели, туманы, суховеи, град, ливни, шквалы, ураганы, тромбы.

Процессы, происходящие во всех сферах Земли – воздушной, водной, каменной, живой, включая социальную, определяются состоянием Солнца. К необычным погодным явлениям, происходящим на территории Кировской области, можно отнести полярные сияния, смерчи, зимние грозы, снегопады летом, наступление весны осенью.

Полярные сияния: это самое восхитительное и величественное атмосферное явление, обусловленное воздействием мощных потоков «солнечного ветра» на геомагнитное поле Земли и разреженные слои атмосферы.

Сияния обычно возникают через день-два после вспышек на Солнце. 1 ноября 1968 г. полярное сияние в п. Лунданка Подосиновского района наблюдалось через 32 часа после очень мощной вспышки на Солнце, зарегистрированной накануне, 31 октября, в 9 час. 43 мин. После такой же мощной солнечной вспышки в ночь с 4 на 5 сентября 1957 г. жители области (в частности г. Уржума) любовались полярными сполохами одновременно с жителями столицы и Московской области, где сияние продолжалось полчаса и отличалось большим разнообразием цветов. Возникшее сияние распространяется на запад со скоростью 1 км/с.

21 февраля 1950 г. жители г. Кирова, Шабалинского, Даровского, Фаленского районов наблюдали, как в полночь весь горизонт покраснел, и стало очень светло, а затем «небо светилось и переливалось разными цветами, среди которых преобладали красный и желтый оттенки. Красный отблеск передвигавшихся по небу столбов падал на снег, и он также казался красным» [5].

В ночь на 5 сентября 1957 г. северное сияние наблюдалось в г. Уржуме в редкой для наших широт красивейшей форме короны, когда у наблюдателя создается впечатление, что он находится как бы внутри полупрозрачного шатра, светящиеся полосы которого загораются на горизонте и с громадной быстротой достигают зенита. Корона все время пульсирует и меняет окраску полос на зеленую, красную, голубую.

Сияние в форме короны наблюдали во втором часу ночи 9 марта 1970 г. в г. Кирове [6]: «Зрелище было изумительное по красоте: всю северную половину небосвода, усыпанную звездами, украшала корона тускло-белого цвета. Она все время меняла форму. Её вертикальные белые полосы то перемещались в горизонтальном направлении, то просто исчезали, чтобы через какое-то мгновение проявиться уже в другом месте. И по всем этим светящимся столбам с разных мест одна за другой убегали ввысь белые стремительные волны, как будто кто-то из-за горизонта с силой швырял в небо снежную пыль, и она улетала в самую высокую точку, туда, где висел перевернутый ковш Большой Медведицы. Это было красиво и величественно...».

Смерч – вращательное движение воздуха вокруг оси, перпендикулярной к поверхности Земли, зарождающееся в грозовом облаке и спускающееся к земной поверхности в виде столба или хобота, воронкообразно суженного книзу. Вращение такой воздушной воронки может достигать скорости звука. Внутри воронки происходит снижение атмосферного давления, в результате чего наполненные воздухом замкнутые предметы, попадая внутрь воронки, взрываются. Оказавшиеся на пути смерча (по «стенке» воронки) поднимаются ввысь. Высота смерча достигает сотен, реже – тысячи и более метров. Средняя скорость поступательного движения смерча 50–60 км/ч (от 0 до 240 км/ч). Отмеченный разрушениями путь смерча на земле у нас обычно не превышает нескольких километров.

Вертикальный вихрь – восходящее спиральное вращение воздуха вокруг вертикальной оси. В отличие от смерча зарождается не в облаке, а у земной по-

верхности в сильно нагретом воздухе часто при совершенно безоблачном небе. Вихри меньше по высоте и значительно слабее смерчей. Они бывают воздушные (невидимые), пыльные, снежные, огненно-дымовые (при сильных пожарах, например, лесных). Возникают смерчи и вихри при местном контрасте температур, образующимся в результате нагревания приземных слоев воздуха огнем во время пожаров или Солнцем при тихой, безветренной погоде.

В отличие от них *грозовой шквал* представляет собой кратковременное резкое усиление ветра при скачкообразном перепаде атмосферного давления на границе воздушных фронтов.

По материалам местной печати, бури, и ураганы отмечались в 1848, 1894, 1871, 1895, 1900, 1904, 1912, 1915, 1929, 1930, 1961, 1965, 1968, 1981, 1984, 1995, 1996 г.

«29 мая 1900 г. в 14 часов в 5–12 верстах от г. Яранска пронесся смерч в виде воронки от земли до облаков. Несясь с юго-запада, смерч все разрушал по пути на расстоянии 4-х верст по Котельничскому тракту. Повреждены здания, деревья. Опрокинута в омут водяная мельница с 600 пудами хлеба» [7].

«31 августа 1984 г. после восьми часов вечера ураганной силы ветер пронесся над южной частью г. Зуевки. Смерч ворвался в город с запада, со стороны пруда, подняв над ним столб воды, потом разметал крыши с ближайших к пруду построек, и устремился по городским улицам, ломая деревья, вырывая опоры электролиний, срывая кровлю с домов. Покинув город, смерч прошелся по его окрестностям, перевернув стоявший трактор «Беларусь» и посрывав крыши с жилых домов и животноводческого комплекса пригородного колхоза» [8].

«Зимние грозы» – изредка возникают в зимнее время, например, при быстром поступлении холодного воздуха во время продолжительной оттепели. И тогда над заснеженной Вятской землей сверкают молнии и гром грохочет. Из сообщений местной прессы, зимние грозы отмечались у нас в следующие годы: 1857, 1951 (30 ноября), 1954, 1955 (29 марта), 1957 (16 ноября и 10 декабря), 1958, 1961 (4 декабря), 1962 (16 февраля), 1972, 1985, 1990, 1997 (14 марта).

«30 ноября 1951 г. в 16 часов над с. Ильинским Кырчанского (ныне Немского, А.С.) района во время обильного снегопада произошел грозовой разряд. Ударом молнии была повреждена верхняя часть церковной колокольни. Возник пожар» [9].

«4 декабря 1961 г. в 2 часа ночи было слышно несколько раскатов грома. Накануне было очень тепло, временами шел дождь, а после грозы заметно похолодало, образовался гололед» [10].

Снегопады летом возникают тогда, когда холодные воздушные массы с Северного Ледовитого океана проникают на территорию области и посыпают снегом июньскую зелень.

В июне снег на Вятке выпадал в 1551 г., 4 июня 1930 г., 22 и 23 июня 1957 г., 6 июня 1979 г. (центральные и северные районы), 22 июня 1983 г. (Юрьянский и другие северные районы), 6 июня 1992 г. (центральные районы). В 1997 г. снег выпал в г. Кирове 18 мая.

«В 1551 г. перед первыми числами июня в самое жаркое время вдруг выпал по всей стране глубокий снег и сделалась жестокая стужа, продолжавшаяся около двух недель» [11].

4 июня 1930 г. в г. Вятке установился снеговой покров мощностью до 8 см. Похолодание длилось с 1 по 6 июня. По ночам температура воздуха опускалась до -2° . Полностью вымерзли все теплолюбивые культуры: помидоры, тыквы, огурцы. Свернулись листья у яблони, почернели у бузины. Пострадали ягодные кустарники и некоторые деревья. Наблюдалась массовая гибель птиц, особенно стрижей и ласточек. Школьники в с. Макарье собрали и захоронили около 70 стрижей [12].

Осенью весна. Поскольку долгота дня в августе-сентябре такая же, как в марте-апреле, то при необычно теплой погоде в августе-сентябре наблюдается вторичное цветение растений и ложное брачное поведение у животных.

Ранняя весна, необычайно-жаркое и продолжительное лето и теплая осень 1995 г. обусловили необычайно высокие суммы эффективных температур и исключительно продолжительный вегетационный период, вызвав вторичное зацветание многих растений, а поздней осенью – набухание почек и распускание листьев смородины и других кустарников. В октябре на одном из приусадебных участков в п. Фаленки поспела малина (урожай составил стакан спелых ягод), на другом – клубника, в Оричах тоже собирали второй урожай клубники. В с. Богородском зацвели ирга и яблоня, в Сунском районе в начале октября собирали грузди, подосиновики, подберезовики.

«Весенняя» долгота дня при теплой погоде осенью провоцирует пробуждение инстинкта размножения у многих животных. В августе по-весеннему вдруг оживляются воробьи, до драк начинают ссориться из-за скворечников скворцы, токовать глухари и рябчики, всю «бормочут» тетерева. Как правило, брачное наваждение осенью случается лишь у самцов, и все их хлопоты бывают напрасными. Только у рябчиков осенний брачный настрой приводит к образованию постоянных супружеских пар, которые всю зиму держаться вместе, а весной приступают к размножению.

Задания:

1. Были ли в вашей местности необычные погодные явления (опросы старожилов, архивные материалы, старые публикации)?
2. Подготовьте кроссворд на тему «Необычные природные явления».

1.7. Погода и человек

Ваше самочувствие нередко зависит от погоды и существует большое количество методов и способов, чтобы оценить это влияние. Если Вы неравнодушны к своему здоровью и хотите знать, как оно зависит от условий погоды, мы предлагаем Вам один из самых простых и удобных способов. Речь идет о «метеорологическом индексе здоровья» (сокращенно он называется МИЗ). Он покажет, как погода наступившего дня будет влиять на Ваше самочувствие. Это поможет Вам правильно спланировать свою физическую и деловую активность в течение дня, сконцентрироваться на наиболее важных делах и успешно справиться с ними. Чтобы определить «метеорологический индекс здоровья», от Вас потребуются простые действия:

– прослушать по радио или телевидению информацию о погоде и записать привычные всем метеорологические данные о температуре воздуха, атмосферном давлении, относительной влажности воздуха и скорости ветра;

– посмотреть в окно и выяснить, есть ли облачность и осадки. Предлагаемый метод определения зависимости комфортности самочувствия человека от основных метеорологических величин может быть полезен как для отдельного человека, так и для широких групп населения. Он не только расширяет общий кругозор населения, отражает связь человека с природой, но и может быть рекомендован для профилактических действий и т. п.

Как определить метеорологический индекс здоровья (МИЗ)? [13]

Определите свой коэффициент влияния погоды К на самочувствие:

Не реагирую на погоду – 1,0.

Иногда реагирую на погоду – 0,9.

Часто реагирую на погоду – 0,8.

Всегда реагирую на погоду – 0,7.

Прослушайте сообщение о погоде, которое передается по радио, и запишите данные о температуре воздуха, атмосферном давлении, относительной влажности и скорости ветра. По этим данным с помощью рис. 2–5 определите баллы комфортности.

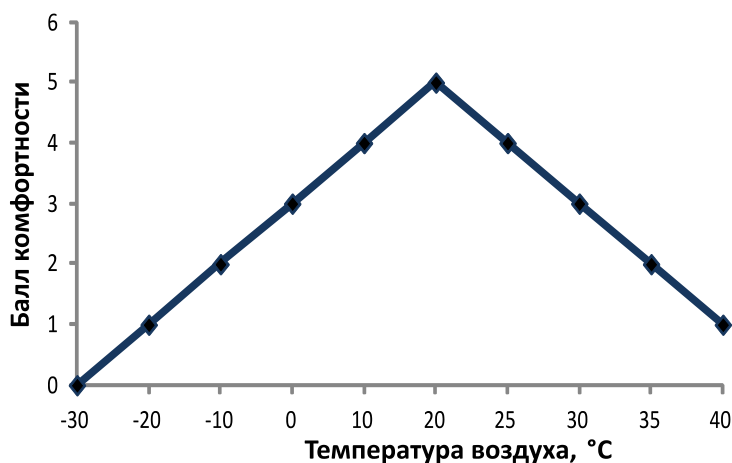


Рис. 2. Зависимость комфортности от температуры воздуха

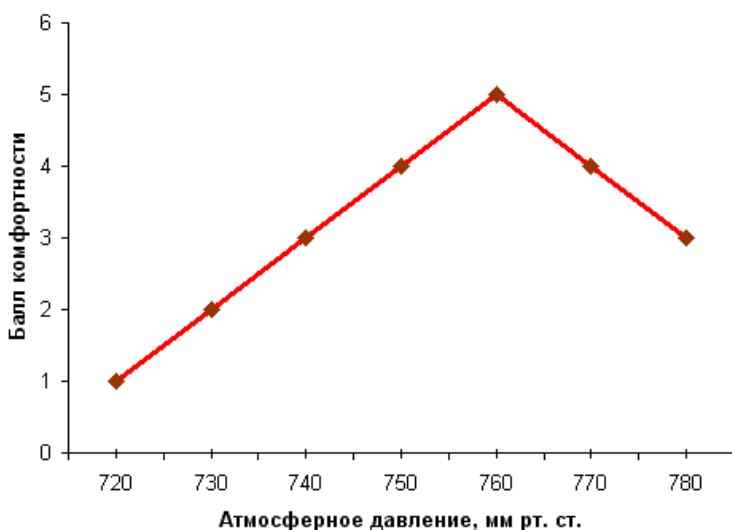


Рис. 3. Зависимость комфортности от атмосферного давления

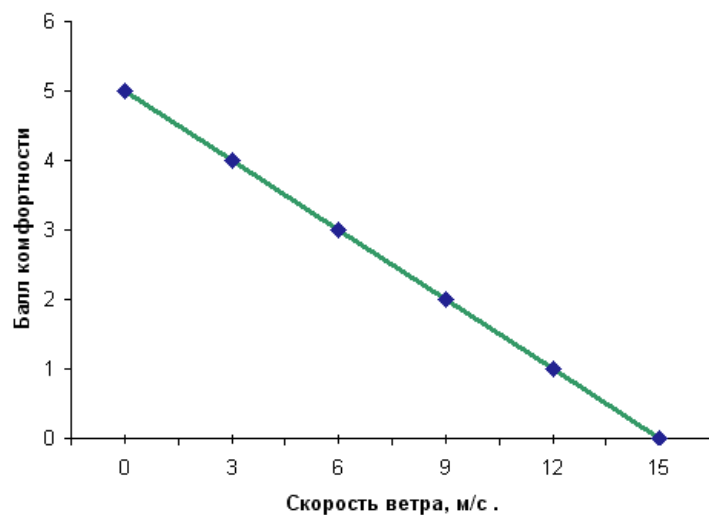


Рис. 4. Зависимость комфортности от скорости ветра

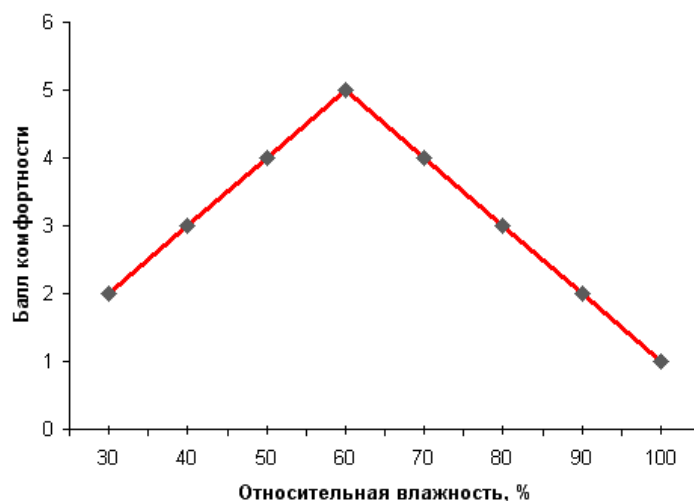


Рис. 5. Зависимость комфортности от относительной влажности

Посмотрите в окно и определите баллы комфортности по графикам облачности и осадков (рис. 6, 7).

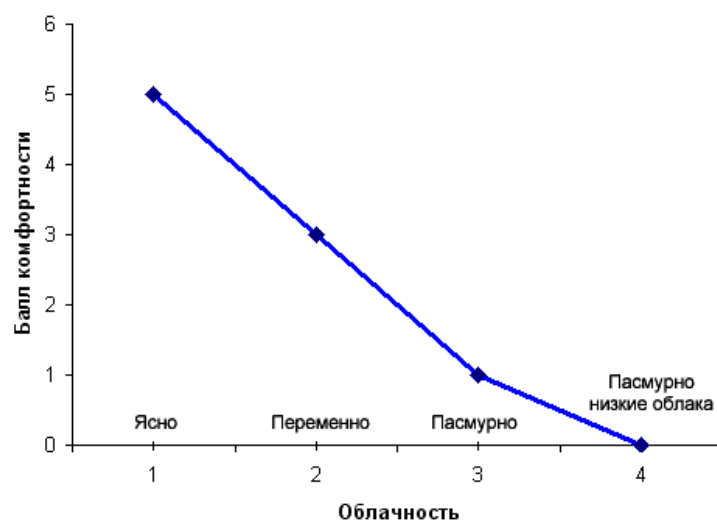


Рис. 6. Зависимость комфортности от облачности

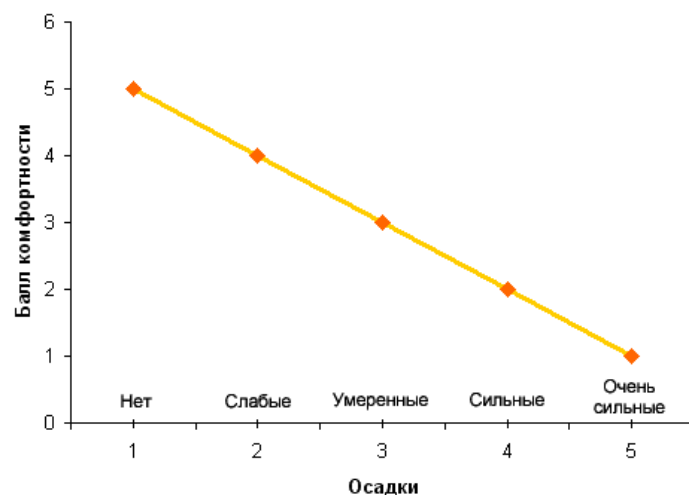


Рис. 7. Зависимость комфортности от количества осадков

Если есть данные о погоде за вчерашний день, то вычислите разность значений температуры воздуха и атмосферного давления за вчерашний и сегодняшний дни и определите баллы комфортности по рис. 8 и 9. Если данных о вчерашней погоде нет, рис. 8 и 9 не используются.

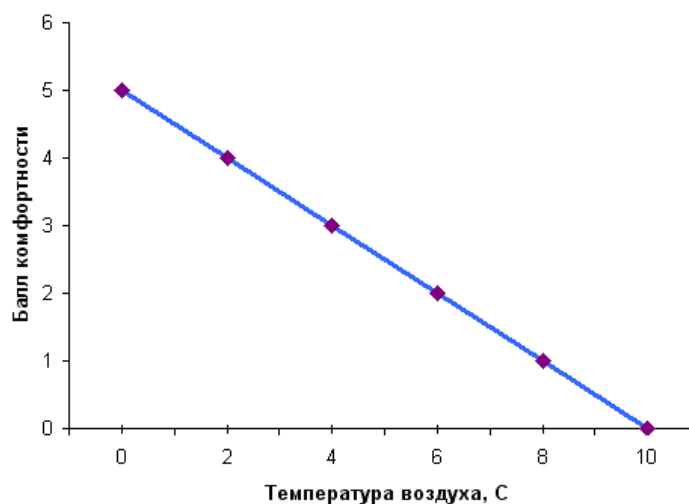


Рис. 8. Зависимость комфортности от разности температуры воздуха

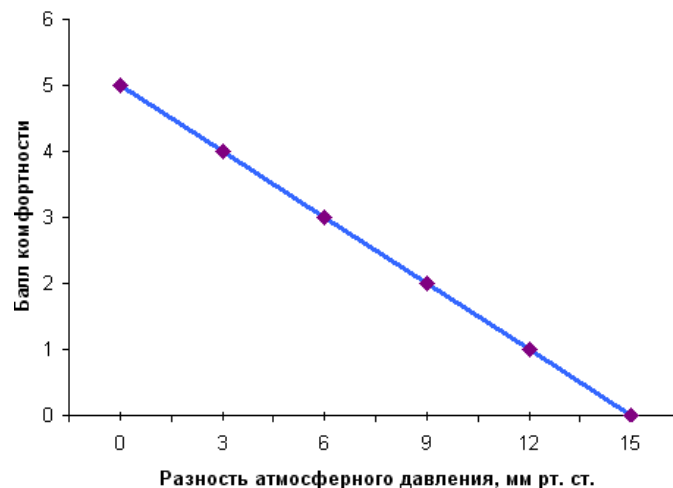


Рис. 9. Зависимость комфортности от разности атмосферного давления

Сложите баллы комфортности, по полученной сумме баллов и коэффициенту влияния К определите МИЗ на сегодняшний день по табл. 8.

Таблица 8

Данные для определения метеорологического индекса здоровья

Сумма баллов	К			
	1,0	0,9	0,8	0,7
10	10	9	8	7
11	11	10	9	8
12	12	11	10	8
13	13	12	10	9
14	14	13	11	10
15	15	14	12	10
16	16	14	13	11
17	17	15	14	12
18	18	16	14	13
19	19	17	15	13
20	20	18	16	14
21	21	19	17	15
22	22	20	18	15
23	23	21	18	16
24	24	22	19	17
25	25	22	20	18
26	26	23	21	18
27	27	24	22	19
28	28	25	22	20
29	29	26	23	20
30	30	27	24	21
31	31	28	25	22
32	32	29	26	22
33	33	30	26	23
34	34	31	27	24
35	35	32	28	24
36	36	32	29	25
37	37	33	30	26
38	38	34	30	27
39	39	35	31	27
40	40	36	32	28

По значению МИЗ на одной из шкал в зависимости от того, учитывали Вы или не учитывали вчерашнюю погоду, определите влияние сегодняшней погоды на Ваш организм (рис. 10, 11).

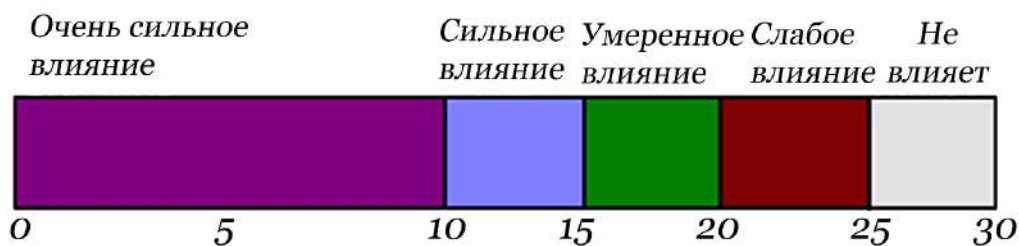


Рис. 10. Шкала для оценки влияния сегодняшней погоды на организм без учета вчерашней погоды

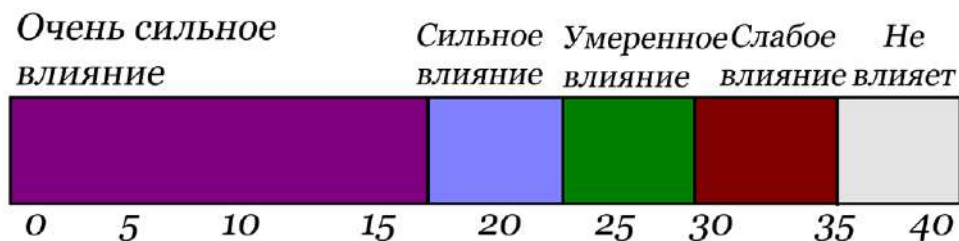


Рис. 11. Шкала для оценки влияния сегодняшней погоды на организм с учетом вчерашней погоды

При умеренном влиянии будьте внимательны, при сильном – будьте осторожны, при очень сильном влиянии – поберегите себя!

Выбираем коэффициент влияния K . Будем считать, что Вы часто реагируете на погоду, т. е. $K = 0,8$. Сообщение о погоде: температура воздуха 11°C , атмосферное давление 740 мм рт. ст., скорость ветра 5 м/с, относительная влажность 97% . Погода из окна: на улице пасмурно (облака высокие), идет слабый дождь. Вчера температура воздуха была 15°C , атмосферное давление 746 мм рт. ст. По рис. 2–9 определяем баллы комфортности: по температуре воздуха – 4 , по атмосферному давлению – 4 , по скорости ветра – 3 , по относительной влажности воздуха – 1 , по облачности – 1 , по осадкам – 4 , по разности температур – 3 ($15 - 11 = 4$), по разности значений давления – 3 ($746 - 740 = 6$). Сумма баллов равна 22 . По таблице определяем МИЗ. Сумма баллов 22 , $K = 0,8$, $\text{МИЗ} = 18$. По нижней шкале с учетом вчерашней погоды определяем, что сегодняшняя погода оказывает на Ваше самочувствие сильное влияние и Вам нужно быть осторожным.

Каждый человек может установить свой балл комфортности для любой величины. Например, температуре воздуха 30°C на диаграмме (рис. 2) соответствует балл 3 . Однако одному при такой температуре будет слишком жарко, и он поставит вместо 3 баллов 1 , а другому эта температура покажется комфортной, и он поставит 5 баллов и т. д. Таким образом, можно научиться определять индивидуальный метеорологический индекс здоровья.

1.8. Методические материалы для учителя

1.8.1. Конкурсная программа «Климатическая переменка»

(для учащихся старших классов)

Авторы: педагогический коллектив МОУ СОШ им. С.С. Ракитиной г. Мураши Мурашинского района Кировской области.

1-й конкурс «Конкурс приветствий»

Задание:

Каждая команда по очереди должна представить название своей команды; девиз и объяснить, почему выбран такой, выбрать; капитана.

Название и девиз команды должны быть связаны с темой. Все элементы представления команды готовят заранее.

Конкурс оценивается по 3 критериям: от 1 до 5 баллов каждый.

Критерии оценки:

- название команды: оригинальность, соответствие теме;
- девиз команды: оригинальность, соответствие теме;
- слаженная работа команды (участие всех игроков).

Члены жюри выставляют оценки командам независимо друг от друга и объявляют сумму баллов по 3 критериям. Затем считается средний балл из трех оценок трех членов жюри. Максимум в этом конкурсе команда может получить 15 баллов.

2-й конкурс «Блиц-опрос»

За каждый правильный ответ команде начисляется 3 балла. Побеждает команда, давшая большее количество правильных ответов.

Вопросы:

1. В какой европейской стране более 20% энергии в год вырабатывается на ветряных установках – в Германии или в Дании? **В Дании.**

2. Что было принято раньше – Рамочная конвенция ООН об изменении климата или Киотский протокол? **Рамочная конвенция ООН об изменении климата.** Она была принята в 1992 г., а Киотский протокол – в 1997 г.

3. Изменение климата в России заметнее летом или зимой? **Зимой.**

4. В каком городе эффективнее использовать энергию солнца – в Осло или в Каире? **В Каире.**

5. Какая страна занимает первое место в мире по площади лесов – Россия или Бразилия? **Россия.** Площадь лесов в России составляет 22% от их площади в мире и 45% от территории страны. Второе место принадлежит Канаде.

6. Какое жилище эскимосы не могут построить без снега – юрту или иглу? **Иглу.**

7. Кто из известных политических деятелей США получил в 2007 г. Нобелевскую премию мира «за вклад в борьбу с изменением климата» – бывший президент Альберт Гор или бывший президент Билл Клинтон? **Альберт Гор.** Он также получил Оскар в 2007 г. за лучший документальный фильм «Неудобная правда».

8. Первый период действия Киотского протокола рассчитан на 5 или 10 лет? **На 5 – с 2008 по 2012 г.**

9. Где построена первая в мире приливная электростанция, работающая на энергии приливов и отливов – во Франции или в России? **Во Франции** на реке Ранс в 1966 г. В России построена вторая – в 1968 г.

10. Основная климатическая проблема, с которой столкнутся южные регионы европейской части России, – это нехватка воды или, наоборот, переувлажнение? **Нехватка воды.**

11. Где в России расположены действующие геотермальные электростанции на Кавказе или на Камчатке? **На Камчатке.**

12. В какой стране был принят Киотский протокол – в США или Японии? **В Японии.**

13. Что изучает наука палеоклиматология – изменение климата в прошлом или настоящем? **Изменения в прошлом.**

14. Кто из известных американских актеров в 2007 г. снял фильм «Земля», посвященный глобальным экологическим проблемам – Бред Питт или Леонардо ди Каприо? **Леонардо ди Каприо.**

15. Какая из стран пострадает больше, если уровень океана поднимется более чем на полметра – Швейцария или Нидерланды? **Нидерланды.**

16. Ежегодный объем выбросов парниковых газов в России увеличивается или сокращается с 2000 г.? **Увеличивается**, хотя все равно остается на 30% ниже уровня 1990 г.

17. Кто больше пострадает в Арктике от изменения климата – пингвины или белые медведи? **Белые медведи**, пингвины живут в Антарктиде.

18. Может ли изменение климата привести к распространению малярии – да или нет? **Да**, из-за повышения температуры переносчики болезней будут перемещаться из тропиков в умеренные широты.

19. Метан – парниковый газ – да или нет? **Да.**

20. Правда ли, что в России потепление происходит быстрее, чем в среднем по миру – да или нет? **Да.**

Вопросы повышенной сложности:

1. Какая компания в 1997 г. впервые запустила массовое производство экологичного автомобиля с гибридным двигателем – Вольво или Тойота? **Тойота (+1 балл, если участник назовет марку)**, автомобиль марки Тойота Приус.

2. Правда ли, что в некоторых районах Земли, наоборот, происходит похолодание? **Да**, например, в Северной Атлантике. Поэтому правильнее говорить о глобальном изменении климата, а не глобальном потеплении.

3. В какой стране построена самая большая в мире по мощности солнечная электростанция – в Саудовской Аравии или в Португалии? **В Португалии.**

4. К 2020 г. Европейский союз планирует повысить долю возобновляемых источников в общем производстве электроэнергии до 10 или 20%? **До 20%.** Это часть пакета мер ЕС «20–20–20», предусматривающего также повышение энергоэффективности на 20%, снижение выбросов парниковых газов на 20% и повышение доли биотоплива до 10% к 2020 г.

5. Какой парниковый газ выделяется при таянии вечной мерзлоты – метан или закись азота? **Метан.**

6. Крупнейший производитель геотермальной энергии в мире – Исландия или США? **США.**

7. Диоксид серы – парниковый газ – да или нет? **Нет.**

8. На Филиппинах около трети электроэнергии производится за счет геотермальной или солнечной энергии? **Геотермальной энергии.**

9. В какой европейской столице в декабре этого года пройдет 15-я международная конференция ООН по изменению климата, на которой страны должны принять решение о новом «пост-Киотском» соглашении – в Париже или Копенгагене? **В Копенгагене.**

10. В какой стране принят первый в мире закон об изменении климата – Великобритании или в США? **В Великобритании в конце 2008 г.**

3-й конкурс «Интеллектуальный марафон»

Командам дается 3 минуты на ответ. По истечении 3 минут команды сдают ответы на листках. За каждый правильный ответ команде начисляется 2 балла. За каждый неправильный ответ с команды «снимается» 1 балл.

Вопросы:

1. В Киотском протоколе Европейское сообщество выступает как отдельная сторона. Перечислите страны, которые входят в состав ЕС на сегодняшний день.

2. Одно из проявлений глобального изменения климата – рост числа опасных погодных явлений. В России за последние 15 лет ежегодное число увеличилось в два раза. Перечислите опасные погодные явления, которые происходят на территории России.

3. В 1971 г. ООН была выделена отдельная группа наименее развитых стран, отличающихся чрезвычайной нищетой населения и слаборазвитой экономикой, которая во многом зависит от погодных условий. Изменение климата усугубляет положение этих стран, хотя их вклад в глобальные вопросы парниковых газов минимален. Назовите наименее развитые страны мира.

4-й конкурс «Творческое задание»

Командам предлагается проблема, которую они должны решить за 15 мин, а затем презентовать результаты. Командам будет задана похожая ситуация, но отличающаяся деталями.

Ситуация:

Представьте, что сегодня открытие международной конференции по проблеме изменения климата. Команды представляют на ней разные страны. Вам необходимо подготовить приветственную речь для президента вашей страны. В своей речи президент должен:

– представить свою страну (придумать ее название, описать природно-географические и социально-экономические особенности);

– рассказать, с какими проблемами сталкивается страна в связи с глобальным изменением климата, и какие ответные меры предпринимает правительство;

– предложить другим странам, что можно сделать, чтобы сообща решить проблему изменения климата.

Капитаны команд вытягивают карточки с различными вариантами заданий:

А) маленькое островное государство в Тихом океане;

Б) государство в центральной Африке;

В) промышленно-развитая страна Северной Европы.

Конкурс оценивается по 4 критериям: от 1 до 10 баллов каждый.

Критерии оценки: полностью ли выполнено задание; раскрытие темы изменение климата; знание географических, социально-экономических особенностей разных типов стран; творческий подход.

Максимальное количество баллов – 40.

Конкурс для зрителей

Конкурс можно провести во время подведения итогов, можно во время подготовки детьми творческого задания. Выигравший зритель получает приз.

Вопросы для зрителей:

1. В каком году Россия ратифицировала Киотский протокол? **4 ноября 2004 г.**

2. Какая страна занимает сейчас первое место в мире по выбросам парниковых газов? **Китай.**

3. В какой из областей России находится единственная в нашей стране приливная электростанция? **В Мурманской области (в 1968 г. экспериментальная Кислогубская ПЭС).**

4. Какой город США сильно пострадал от урагана Катрина в 2005 г.? **Новый Орлеан.**

5. В каком городе в 1992 г. проходил всемирный саммит по устойчивому развитию, на котором была принята Рамочная Конвенция ООН об изменении климата? **В Рио-де-Жанейро.**

1.8.2. Растения-синоптики

Кроме вышеперечисленных признаков предсказать погоду могут некоторые растения. Они заранее реагируют на изменение погоды.

Фиалка душистая перед дождем прячет свои фиолетовые лепестки, так как влага губительна для нее. Так же ведут себя цикорий обыкновенный, сердечник луговой, звездчатка, выюнок полевой, кувшинка белая. Их цветки закрываются перед дождем и ненастьем. По берегам рек, на других влажных местах растет чистяк весенний. В ясную погоду его цветок открыт. Но едва солнце спрячется за тучи, как яркие лепестки сгибаются к середине, прикрывая тычинки.

Настоящим барометром считается ветреница дубравная. В ясную солнечную погоду ее бело-розовые цветки радуют глаз. Но если вы заметили, что еще днем, когда светит солнце, ее лепестки начинают складываться, значит надо ждать ухудшения погоды.

Среди массы зелени ярко светят «фонарики» чистотела. Но вот они начали тускнеть, стали еле заметны. Растение сигнализирует: скоро будет дождь.

В мае – июне луга покрыты желтым ковром одуванчиков. Это растение тоже заблаговременно предсказывает погоду. Представьте, что утром, проходя

мимо знакомого луга, вы не узнаете его: желтый «ковер» почти исчез, цветки одуванчика сжались в плотный шарик, укрылись зелеными обертками. Солнце уже поднялось, греет вроде бы по-прежнему. А одуванчик не спешит раскрывать свой цветок. Секрет прост: близится гроза.

Одуванчик может предсказать погоду и после того, как отцветет, когда на его стройной ножке появится пушистый шарик. Сорвите такой шарик и дуньте на него. Множество пушинок легко срываются и поднимаются в воздух. Так бывает в ясную хорошую погоду. А перед дождем, когда влажность воздуха повышается, пушинки нелегко сдунуть, они словно приклеены.

По-своему реагирует на погодные изменения клевер луговой. Его трехлопастные листики перед ненастьем складываются. А задолго перед улучшением погоды, когда небо еще пасмурное, они распрямляются.

В сухую погоду листья костяники, а также бессмертника обычно закручены. А при повышении влажности они раскручиваются или загибаются вверх. Это – предупреждение о приближающемся ненастье.

Если ветки елки и можжевельника, устремленные в ясную и сухую погоду вверх, начинают опускаться – ждите ненастья.

Некоторые растения о предстоящем изменении погоды предупреждают выделением пахучих веществ. К ним относятся горицвет весенний, дрема луговая, белая и желтая акация, донник лекарственный.

Есть и такие растения, которые уже за несколько дней до дождя начинают «плакать» – выделять из себя излишнюю воду. Так, примерно за три дня до начала дождя начинает «плакать» клен. Капельки воды появляются перед дождем на листьях камыша, ивы. Влажными становятся листья осокора, черемухи.

Растения «синоптики» редко ошибаются. Однако и здесь не надо полагаться на одну приметку, а постарайтесь сопоставить сразу несколько. В таком случае прогноз будет более точным.

Самыми древними предсказателями погоды, пожалуй, были постоянные спутники человека – растения.

Люди давно заметили, что акация желтая и белая, смородина черная и красная, жимолость лесная, донник белый и лекарственный, бобы русские (конские) и некоторые другие растения в период их цветения перед дождем имеют наиболее сильный аромат, в это время их цветки охотно посещают пчелы, шмели и другие насекомые. Объясняется это тем, что с повышением влажности воздуха (а это происходит перед дождем) у цветков этих растений усиливается выделение нектара. Из растений, выделяющих нектар перед дождем, известна и широко распространенная на лугах дрема белая. Днем у этого растения цветки прикрыты, как бы «дремлют», а раскрываются только вечером – опыляют их ночные насекомые, в основном бабочки. Но привлекает дрема насекомых не каждый вечер, а только перед дождем (интенсивное выделение нектара происходит даже за 10–12 ч до перемены ясной погоды). При обильном посещении этого растения насекомыми-опылителями следует ожидать дождя. Если же с вечера дрема раскрыла цветки, но бабочки на них долго не задерживаются – значит, нектара нет и ненастье сменится хорошей погодой. Аналогично реаги-

руют на перемену влажности воздуха и цветки адониса весеннего – ценного лекарственного растения, применяемого в кардиологии.

У большинства растений интенсивное выделение нектара наблюдается при влажности воздуха 60–80%. В таком виде этот лакомый сок наиболее доступен для насекомых-опылителей. Сильно сгущенный нектар насекомые не могут засосать, чем и объясняется плохой лет пчел (а следовательно, и слабая опыляемость цветков у растений – перекрестноопылителей) в период длительной засухи. Однако и длительные дожди не приносят пользы растениям-медоносам, так как при этом задерживается развитие цветков и уменьшается выделение нектара. У растений с открытыми цветками (липа, иван-чай, малина) дождь даже вымывает нектар.

Цветущие растения могут помочь нам предсказать дождь и преждевременным закрытием цветков. За несколько часов до смены ясной погоды закрываются (или не распускаются в обычное для них время) цветки у таких широко известных растений, как одуванчик лекарственный, звездчатка средняя (мокрица), кувшинка белая, шиповник коричный, роза морщинистая и собачья, ноготки лекарственные, шток-роза, различные виды осок. Эта реакция растений тоже является надежным показателем повышения влажности воздуха, так как она направлена на принятие заблаговременных мер по предохранению нектара и пыльцы цветков от вымывания дождем. По этим же растениям можно определить и окончание ненастья, когда, несмотря на облачную погоду, их цветки начинают раскрываться. Соцветия чертополоха курчавого и лопуха паутинистого, листочки обертки которых заканчиваются шиловидными выростами с загнутыми на концах крючками, тоже служат надежными барометрами: к хорошей ясной погоде колючки на их цветочных головках «ощетиниваются», раздвигаясь по сторонам, а перед дождем – смыкаются и становятся неколючими и менее цепкими.

К ненастью понижают цветки у чистотела большого, сердечника лугового, ветреницы дубравной, перелески благородной, фиалки (трехцветной, полевой, душистой, удивительной), маргаритки многолетней, крупки дубравной.

Предстоящую дождливую погоду можно предугадать и по состоянию листьев у некоторых растений. Так, например, если у клевера лугового и кислицы обыкновенной в хорошую погоду дольки тройчатых листьев находятся в одной плоскости, то перед дождем они складываются «домиком», как бы образуя трехскатную крышу. Попробуйте завести у себя в квартире живой барометр в виде кустика кислицы. Для этого надо посадить в глиняный цветочный горшок это растение вместе с почвой, на которой оно росло в естественных условиях хвойного леса. Только для правильного прогноза растение надо держать при слабом рассеянном освещении, ведь оно любит тень. Иначе на прямом солнечном освещении кислица будет складывать дольки листьев не перед плохой погодой, а вследствие перегрева листовых пластинок. Тройчатые листья костяники перед хорошей погодой закручиваются книзу, а за 15–20 ч до выпадения дождя они загибаются вверх, иногда даже свертываются в трубочку.

Однако рассказ о растениях-барометрах будет неполным, если не осветить еще одно их свойство – «плач» перед дождем. Выделение капелек воды на

листьях, называемое **гуттацией**, происходит в том случае, когда при высоком насыщении атмосферного воздуха водяными парами корни растений поглощают воды больше, чем ее испаряют. Под воздействием корневого давления капельки воды выделяются через устьичные отверстия и стекают с кончиков листьев. Чаще всего гуттация наблюдается ранним утром, в пасмурную безветренную погоду и перед дождем. Она является достоверным синоптическим признаком, свидетельствующим о высокой относительной влажности воздуха. К таким растениям «плаксам» относятся культивируемые в комнатных и оранжерейных условиях монстера восхитительная, канна, бальзамин африканский, а также произрастающие по берегам водоемов и на мелководьях дербенник иволистный («плакун-трава»), стрелолист обыкновенный, частуха подорожниковая, ежеголовник прямой, телоре обыкновенный. «Рекордсменами» в этой группе растений являются каштан конский и клен платановидный, так как их листья начинают «плакать» за 2–4 суток до дождя. Зимой такие комнатные растения, как калла (белокрыльник), своей обильной гуттацией даже предсказывают оттепели.

Основными показателями в долгосрочных прогнозах являются признаки пробуждения живой природы после зимнего покоя. Так, например, если весной первой распускает свои листья береза, следует ожидать теплого лета, а если раньше березы распускаются листья у ольхи, – лето будет холодным и дождливым. Дружное и интенсивное (обильное) выделение сока у березы предвещает ненастную летнюю погоду.

Осенью по березе можно предугадать сроки наступления весны: если листья начинают желтеть с верхушки кроны, – весна будет ранней, а если снизу – поздней. Обильные урожаи яблок, рябины, желудей сулят суровую морозную зиму.

По выращенному на огороде репчатому луку можно предугадать зимнюю погоду прямо дома: если два-три наружных сухих слоя кожуры луковицы тонкие и легко рвутся, погода будет относительно теплой, а если кожура грубая и прочная – следует ожидать суровую зиму.

Самодельные предсказатели погоды

Еловая ветка – барометр. Используя способность хвойных деревьев опускать свои ветви перед дождем и поднимать их перед ясной погодой, жители сибирской тайги издавна по состоянию кроны елей довольно точно определяют предстоящую погоду. Способность реагировать на изменение погоды сохраняется и у сухих еловых ветвей, что позволяет делать из них простейшие долго работающие барометры. Для этого берут 25–30-сантиметровый отрезок ствола молодой ели вместе с веткой длиной 30–35 см, очищают ее от коры и прикрепляют выпиленную часть ствола к какой-нибудь отвесной опоре (лучше к стене здания). Ветка должна находиться в таком состоянии, чтобы при опускании вниз ее свободного конца перед ненастьем и поднятии вверх при устойчивой ясной погоде она перемещалась параллельно стене-экрану, не задевая ее. Возле конца «ветки-стрелки» на стену прикрепляют фанерную, металлическую или пластмассовую шкалу с делением через 1 см. Спустя некоторое время, когда

прибор покажет свои возможности, шкалу можно будет разметить на показатели: «ясно», «переменно», «дождь», как и на обычном барометре-анероиде. Многолетние наблюдения показали, что при длине ветки 32 см амплитуда ее отклонений может достигать 11 см. Существенные изменения погоды это нехитрое приспособление предсказывает за 8–12 ч, иногда и за более длительный срок.

Гигрометр из семян с остью. У семян некоторых растений имеются ости, которые быстро и чутко реагируют на изменение влажности воздуха: при высокой влажности они распрямляются (раскручиваются), а в сухом воздухе закручиваются спиралью. Поэтому из них можно изготовить простейший, но чувствительный гигрометр. Для этого наиболее пригоден плодик с остью такого повсеместно распространенного на пашне однолетнего невысокого сорного растения, как аистник цикутный. Если в центре кружочка из картона диаметром 5–6 см проколоть иглой отверстие и закрепить в нем каплей клея нижний конец плодика (семя), то в сухую погоду его серпообразное острие будет отклоняться по окружности против хода часовой стрелки (влево), а при повышении влажности – обратно (вправо).

Диапозитив-гигрометр. Довольно точный предсказатель погоды можно изготовить из диапозитива. Для этого надо сфотографировать какой-нибудь летний ландшафт. Желательно, чтобы на негативе была изображена растительность с рекой или озером. Позитивный отпечаток следует сделать на фотопластинке. После проявления, фиксирования и промывки опускают диапозитив на 15 мин в 10%-й раствор азотнокислого кобальта и высушивают его не промывая. По сухой эмульсии изображенные на нем деревья, кустарники и траву окрашивают желтой акварельной краской, например гуммигутом. Окантовывают диапозитив и подвешивают между рамами окна. С приближением погожей сухой погоды небо и вода на прозрачном фотоснимке заголубеют, растительность станет зеленой. Но как только погода начнет ухудшаться, природа поблекнет: небо и вода посереют, а листья и стебли станут желтыми.

Барометр из бессмертников. Для предсказания погоды можно использовать и букет цветов. Если хорошо высушенные цветки бессмертников на стеблях обработать раствором из 200 г воды, 4 г глицерина и 30 г хлористого кобальта, букет сухоцветов перед ненастью будет приобретать желтую окраску, а с наступлением ясной солнечной погоды цветки становятся ярко-зелеными.

2. ФЕНОЛОГИЯ

2.1. Фенология как наука. Место фенологии в системе естественных наук. Значение и задачи фенологии и фенологического мониторинга

Одной из существенных составных частей экологического регионального мониторинга является фенологический мониторинг – это фенологические (сезонные) наблюдения жизнедеятельности живых организмов и неживой природной среды.

Термин «фенология» предложен бельгийским ботаником Ш. Моррганом и состоит из двух греческих слов: *фейномен* – явление, *логос* – наука.

Фенология имеет дело с явлениями живой и неживой природы. Их отличительной чертой является упорядоченность во времени и периодическая ежегодная повторяемость. Для каждого сезона года (весна, лето, осень, зима) наблюдается специфический комплекс явлений. Эти явления называются периодическими, или сезонными. Итак, фенология – это система знаний о сезонных явлениях природы, сроках их наступления и причинах, определяющих эти сроки.

Основу фенологических знаний образуют фенологические наблюдения, дающие сведения о сроках (календарных датах) наступления конкретных сезонных явлений.

Фенология утвердилась как пограничная дисциплина на стыке биологии и географии. В биологическом плане ее интересовали закономерности сезонного развития живых организмов и их сообществ, в географическом – те же закономерности в их связи с физико-географическими условиями, определяемыми широтой, долготой и высотой местности.

В наиболее общем понимании фенология изучает процессы развития и в этом смысле стоит в одном ряду с другими науками биологического и географического направлений, исследующих проблему развития. Из биологических наук фенология ближе всего примыкает к экологии и в известном смысле может рассматриваться как раздел этой синтезирующей науки. Из наук физико-географического комплекса она теснее всего связана с климатологией и метеорологией.

В зависимости от предмета фенологических исследований, наряду с общей фенологией, выделяются ее частные разделы: например, фитофенология (фенология растений), зоофенология (фенология животных) и даже – орнитофенология (фенология птиц), энтофенология (фенология насекомых) и др. Во всех подразделениях фенологии, связанных со специализацией, наибольшее значение имеет выявление закономерностей взаимосвязей фенологических явлений и причин, их вызывающих. Наличие такой главной задачи позволяет считать фенологию неотъемлемой частью экологии, имеющей огромное значение для народного хозяйства и для разработки методологических вопросов естествознания.

Истоки фенологии и мониторинга уходят корнями в далёкую давность, когда итоги наблюдений отражались народом в приметах на погоду и урожай. Позднее, во второй половине XVIII века, появились коллективные наблюдения за изменением природы по сезонам года. Не только за рубежом, но и в бывшем СССР отечественные учёные под руководством Географического общества АН СССР создали единую систему региональных (областных, краевых) фенологических сетей. С распадом бывшего Союза не стало и единой централизованной фенологической сети.

Из региональных фенологических сетей продолжает функционировать Кировская областная фенологическая сеть, созданная в 1936 г. С 1980 г. руководство Кировской областной фенологической сетью осуществляет известный фенолог России Альберт Николаевич Соловьёв. При желании вести фенологические наблюдения нужно уведомить сотрудников Вятского регионального фенологического центра по адресу: 610000, г. Киров, ул. Энгельса, 79, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства (ВНИИОЗ) им. проф. Б.М. Житкова, сектор биомониторинга, региональный фенологический центр. Там же можно попросить «Программу фенологических наблюдений», бланки фенокарточек и бланк регистрационной карточки фенолога. По мере заполнения фенологом карточки и поступления их в центр сотрудники его регулярно высылают новые бланки карточек.

Значение фенологии в жизни и деятельности человека весьма велико. Работа всех видов транспорта, пушное хозяйство и промысел, рыбозаводство и рыбный промысел, паразитологические работы в области здравоохранения, и особенно сельское и лесное хозяйство с их сезонными работами по всей стране, остро нуждаются в организации фенологических наблюдений и фенопрогнозирования.

Фенология нужна в борьбе за высокие урожаи, для определения сроков пахоты, сева, уборки урожая и других полевых работ, носящих ярко выраженный сезонный характер. Для борьбы с сельскохозяйственными вредителями необходимо знать сроки их развития, а также стадии роста и развития поврежденных культур.

В связи с переходом животноводства на промышленную основу потребовались животные, устойчивые к заболеваниям, стрессам, адаптированные к механическому доению, содержанию в ограниченном пространстве, к суровым климатическим условиям. И здесь фенологические наблюдения должны содействовать разрешению поставленных задач.

«Главной задачей фенологического мониторинга всегда было и остаётся многолетнее накопление данных по срокам наступления сезонных явлений в одних и тех же географических пунктах» [15].

Значение фенологического мониторинга следует рассматривать в четырёх основных аспектах: 1. Значение в народном хозяйстве. 2. Значение в экологическом образовании и воспитании всего населения (главным образом школьников, студентов, молодёжи). 3. Фенологический мониторинг углубляет знания о природе, формирует мировоззрение человека. 4. Фенологический мониторинг – неотъемлемая часть регионального экологического мониторинга.

В настоящее время отношение человека в природе становится серьезной мировоззренческой проблемой. Необходимо формирование нового «экологического мышления у молодежи», и главным в этой задаче является разрушение привычек потребительского отношения к природе.

Без знаний экологии, без умения и навыков наблюдать природу, замечать в ней негативные изменения, искать и исключать их причину, предвидеть сроки наступления фенологических (сезонных) явлений природы нельзя строить природоохранную работу. Наступление сезонных явлений можно использовать также в качестве фенологического индикатора техногенного загрязнения.

2.2. Закономерности и причины сезонных изменений

Основу фенологических знаний образуют фенологические наблюдения, дающие сведения о сроках (календарных датах) наступления конкретных сезонных явлений. Сначала необходимо знать о причинах сезонных изменений на поверхности земли. Этот раздел подробно изложен в книге Г.Э. Шульца «Общая фенология» [16]. Как проявляются некоторые причины на территории Кировской области? Для ответа на вопрос необходимо вспомнить знания, полученные в курсах биологических и географических дисциплин.

Жизнедеятельность живых организмов (растений и животных) зависит от нескольких факторов: периодически прибывающей и убывающей длительности светлого времени суток, годового хода температуры и др.

Длительность светлого времени суток – величина более или менее постоянная для каждого календарного дня в определенном месте Земного шара. Например, если день – светлое время суток, 1 сентября продолжается 15 ч. 49 мин., то такой же длины день 1 сентября был в предыдущем и будет в последующие годы.

На севере области – в Подосиновце, Пинюге светлое время дня 1 сентября длится дольше – 16 ч. На юге области в Вятских Полянах этот день короче, чем в Кирове – 15 ч. 30 мин., а в Москве еще короче – 15 ч. 25 мин. Самый длинный день в г. Киров – 21 июня. Он продолжается здесь 19 ч 45 мин. Начиная с этого времени, светлое время суток становится короче. Самый короткий день в г. Киров 8 ч. 57 мин. – 21 декабря. После 21 декабря длительность светлого времени суток постепенно увеличивается.

Весной и осенью при одинаковой температуре воздуха фенологические наблюдения имеют противоположную направленность. У большинства птиц весенний удлиняющийся день вызывает развитие половых желез и появление половых инстинктов. Осеннее сокращение дня вызывает линьку, накопление запасов жира и стремление к перелету.

Если выращивать сеянцы березы в теплице при высокой температуре и естественном освещении, осенью они впадают в состояние покоя и сбрасывают листву. То же происходит и с другими растениями, не только с березой. При искусственном круглосуточном освещении или при продолжительности дня более 15 ч. сеянцы березы в теплице растут непрерывно и листвы не сбрасывают. При сокращении освещения до 10–12 ч. в сутки рост сеянцев прекращается, они сбрасывают листву и переходят в состояние зимнего покоя.

Реакция организмов на продолжительность дня (фотопериодизм) – важное приспособление, регулирующее сезонные явления у самых различных организмов.

Если длительность светлого времени суток – величина более или менее постоянная для каждого календарного дня в определенном месте Земного шара, то годовой ход температуры подвержен значительным колебаниям. 1 сентября может быть теплым или холодным. Это зависит не от длительности светлого времени суток, а от того, какие воздушные массы пришли на данную территорию: холодные – из Арктики, теплые и влажные – с Атлантического океана или теплые и сухие – из жарких пустынь юго-востока. Поэтому и будут колебаться сроки сезонных явлений. Например, в 1975 г. черемуха зацвела в Кирове 4 мая, на 18 дней раньше обычного, в 1945 г. – только 12 июня, в 1941 г. – даже 15 июня, в 1991 г. – 8 мая (на 14 дней раньше обычного).

Как видно, два основных фактора воздействуют на живые организмы, вызывая осеннее угасание жизненных процессов, а весной усиление и повышение жизнедеятельности, забегание вперед в теплые периоды и отставание в сроках развития – в холодные.

В процессе естественного отбора все организмы, обитающие на данной территории, за столетия и тысячелетия приспособились к происходящим на ней сезонным изменениям и сами включились в периодическую ритмику природы.

У каждого организма выработался свой цикл развития, обязательно связанный и согласованный с циклами развития других организмов данной местности. Например, фиалки зацветают в окрестностях г. Кирова рано (около 29 апреля), когда нежные цветки хорошо заметны среди бурой прошлогодней травы, пока не поднялась окружающая их травянистая растительность и не скрыла от шмелей, пчел, бабочек, которые опыляют цветки. Цикл развития фиалок приспособлен к опылению насекомыми именно в этот ранний период весны. Он выработался в процессе естественного отбора в данной местности. Еще пример. Развитие майского жука происходит в земле. Взрослый жук, вышедший из куколки, не видит, что происходит на поверхности земли, не видит, есть ли для него корм – листья березы. И все же он выбирается из земли, когда на территории Кировской области разворачиваются листья березы.

В каждой местности сезонные изменения в природе происходят в определенной последовательности. Весной сначала прилетают грачи, потом начинают петь жаворонки, позднее появляются стаи журавлей, еще позже прилетают кукушки. Подобная последовательность наблюдается и в мире растений. Первое цветущее травянистое растение в окрестностях г. Киров – мать-и-мачеха. За ней зацветают медуница, калужница, земляника. Черемуха обычно зацветает раньше сирени. Малина поспевает всегда позже земляники. Особое значение имеет сумма эффективных температур – это разность между среднесуточной температурой воздуха и температурным биологическим минимумом (порогом развития), равным $+5^{\circ}$. Например, при среднесуточной температуре $+9^{\circ}$ эффективная температура составит $+4^{\circ}$. Суммой эффективных температур за фенологический период какого-либо вида называется сумма положительных значений

среднесуточных температур воздуха за данный период. Сумму эффективных температур рассчитывают по формуле [17]:

$$X = (T - C) \cdot t,$$

где X – сумма эффективных температур, T – температура окружающей среды, C – температура порога развития, t – количество часов или дней с температурой, превышающей порог развития.

Установлено, например, что одуванчик зацветает при сумме эффективных температур, равной 80° , черемуха – 125° , шиповник – 250° и т. д. Вот почему шиповник не зацветет раньше черемухи, а сирень – раньше черемухи, т. е. для каждого вида нужно определенное количество тепла извне.

В каждой местности свои сроки наступления сезонных явлений, отличные от сроков наступления тех же явлений в другой местности. Кировская область раскинулась на большой территории (120,7 тыс. км²). Ее северная граница удалена от южной на 570, а западная от восточной – на 440 км. Поэтому сроки наступления одних и тех же явлений на севере и юге отличаются довольно значительно. Например, в Лальске черемуха зацветает в среднем 25 мая, а в Санчурске – 15. Осень в пос. Опарино начинается 11 августа, а в Санчурске – 22, в Малмыже и Вятских Полянах – только 26, т. е. на 15 дней позже, чем на севере области.

Фенологи подсчитали: весна продвигается по территории Кировской области со скоростью (в направлении с юга на север) в среднем около 30 км в сутки.

Фенодаты зависят от характера местности и местных условий (рельефа, экспозиции, удаленности от моря и пр.).

Известен закон Хопкинса: чем севернее, восточнее и выше местность, тем позже наступление весны и раньше – осени.

На территории Европы сроки наступления сезонных событий изменяются на каждый градус широты на три дня.

Соединяя на карте точки с одинаковыми фенодатами, получают изолинии, отражающие фронт продвижения весны и наступления очередных сезонных явлений. Это имеет большое значение для планирования многих хозяйственных мероприятий, в частности, сельхозработ [17].

Известно, что освещенность и нагрев поверхности Земли солнечными лучами закономерно изменяются вследствие постоянного наклона земной оси к плоскости эклиптики при вращении нашей планеты вокруг Солнца. В северном полушарии максимальный приток солнечной радиации отмечается 22 июня (день летнего солнцестояния), когда угол падения солнечных лучей, т. е. высота стояния Солнца над горизонтом наибольшая. Менее всего тепла и света – 22 декабря, в день зимнего солнцестояния.

21 марта и 23 сентября – дни весеннего и осеннего равноденствия – Солнце находится в зените над экватором и равномерно освещает оба полушария до полюсов – день и ночь равны.

Указанные даты являются основой астрономических сезонов года: с 21 марта – астрономическая весна, 22 июня – астрономическое лето, 23 сентября – астрономическая осень, 22 декабря – астрономическая зима.

Однако распределение воды и суши на поверхности Земли неоднородно. Характер территории (горы, равнины, леса, пустыни) перераспределяет приток тепла, и поэтому в каждой местности свои особенности годового хода погоды, свой фенологический год, по срокам не совпадающий с астрономическим.

Объект наблюдений. Микропопуляции конкретных видов растений и животных, растительные сообщества, ландшафты, а также элементы неживой природы, претерпевающие в течение года циклические изменения.

Сезонное явление. То состояние объекта, в каком он предстает перед нами в момент (день) наблюдения. Например, начало цветения сирени, прилет передовых грачей и т. д.

Фенодата (фенологическая дата). Основной информационный элемент фенологического изучения природы. Конкретная календарная дата наступления отмечаемого сезонного явления. Например, 8 июня 2003 г. – зацветание шиповника коричневого.

2.3. Методика региональных фенологических наблюдений в природе

2.3.1. Программы фенологических наблюдений

В литературе немало указаний как вести фенологические наблюдения (список публикации в конце). Рекомендуем остановить внимание на пособиях и «Программах фенологических наблюдений в Кировской области» [15, 17, 18].

Для получения объективного представления об особенностях сезонного развития природы отдельных территорий составляются общие системные программы фенологических наблюдений, учитывающие их географическую специфику. Такие программы состоят из 4 разделов: гидрометеорологические явления; явления в мире растений; явления в мире животных; сельскохозяйственная фенология.

Существуют программы наблюдений, имеющих специализированный характер. Они включают лишь те объекты и явления, учет которых должен обеспечить решение конкретной задачи. Например, при составлении календарей, лесовода, грибовода, рыбовода, пчеловода, садовода, календарь лекарственных трав и т. д.

В общие геосистемные программы включаются те фенологические объекты, которые широко распространены, отчётливо проявляются, легко определяются, претерпевающие в течение года циклические изменения. В эти программы внесены объекты гидрометеорологических явлений; растения; сельскохозяйственные культуры; животные; грибы; сезонные аспекты ландшафтов.

2.3.2. Наблюдение гидрометеорологических явлений [17]

Фенологам необходимо отмечать общее состояние погоды в дни выхода в природу. Можно пользоваться данными метеослужбы. Рекомендуется отмечать даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха в весеннее время через 0, 5 и 10° и в летне-осеннее время – через 10, 5, 0 и – 5°.

Замерзание реки (название). Отмечается день, когда движение льда полностью прекратилось.

Установление постоянного снежного покрова. Отмечается день, когда выпал снег и до весны не растаял. Отметить этот день можно лишь путем систематических наблюдений за предзимними снегопадами.

Появление первых проталин на полях. Отмечается дата, когда впервые на открытых участках среди снежного покрова стали хорошо заметными пятна обнаженной земли.

Начало интенсивного таяния снега.

Вскрытие реки (название). Записывается день обнаружения крупных трещин на льду.

Начало ледохода. Впервые замечают, что измельченные льдины сплошным потоком идут по реке (заметно на крупной реке).

Конец ледохода. Река полностью освободилась ото льда.

Исчезновение сплошного снегового покрова. Полный сход снежного покрова на открытом месте.

Первая гроза. Электрические разряды в атмосфере в виде молнии, сопровождающиеся громом. Указывается, была ли гроза близкой или отдаленной. От сильно удаленных гроз могут доноситься только приглушенные раскаты грома.

Первый заморозок в воздухе. Определяется в утренние часы по наличию инея или по появлению ледяной корки на мелких лужах.

Первый снежный покров. Отмечается дата снегопада, образовавшего сплошной снежный покров, хотя бы на несколько часов. Мокрый снег или снег с дождем, не образующие сплошного покрова, в расчет не принимаются.

2.3.3. Наблюдения за растениями [17]

Деревья и кустарники. Выбирают наиболее часто встречающиеся в данной местности виды. Они указаны в программе.

На постоянно наблюдаемые деревья или кустарники рекомендуется повесить заметные этикетки. Деревья должны быть здоровыми и нормально развивающимися.

Наблюдения будут только тогда иметь определенную научную и практическую ценность, если будут проводиться из года в год на одних и тех же экземплярах растений, по единой программе и методике. Не менее ценны, они будут и в том случае, если их проводить на правильной основе во время экскурсий или турпоходов школьников. В этом случае на протяжении маршрута отмечается состояние растений и животных. Изменение состояния деревьев и кустарников хорошо заметны по сезонам года.

Весной и летом рекомендуется наблюдать следующие явления:

Сокодвижение у березы. Начало сокодвижения отмечается по появлению из раны капельки сока. Оно начинается у березы бородавчатой, когда дневная температура перейдет через 5 °С. Необходимо обращать внимание школьников на недопустимость глубоких надрезов стволов, так как обильное течение сока ослабляет растение.

Набухание почек – появление на почечных чешуйках в результате их роста более светлых полосок, уголков, пятнышек.

Распускание почек – появление кончиков листьев между чешуйками.

Развертывание первых листьев – почки раскрылись, листочки стали разворачиваться, но листовые пластинки еще не разгладились. Лиственные леса в этот период издали кажутся подернутыми «зеленой дымкой». Началом цветения – у ветроопыляемых растений (ольха, лещина, тополь, осина, ясень, береза, ель, сосна, лиственница, дуб, облепиха и др.) считается высыпание пыльцы из лопнувших пыльников при дуновении ветра или встряхивании ветки; у растений с хорошо выраженным околоцветником (вишня, груша, яблоня, черемуха, боярышник, рябина, липа и др.) началом цветения считается появление на 2–3 экземплярах нескольких цветков с вполне раскрывшимся венчиком.

Конец цветения – на растениях не осталось раскрытых цветков, лепестки завяли и осыпаются; у ветроопыляемых растений соцветия перестали выделять пыльцу и в массе опадают.

Плодоношение. У растений с сочными плодами (вишня, смородина, малина, черемуха, рябина, груша, яблоня и др.) считается, что плоды созрели, если они становятся мягкими, приобретают определенную окраску, становятся съедобными.

У пород с сухими несъедобными плодами определить на глаз созревание трудно, поэтому наблюдают их рассеивание. Появление, например, семян ели на снегу и является признаком их рассеивания.

Массовое плодоношение – момент, когда возможен сбор плодов и семян для хозяйственных целей.

Деревья и кустарники осенью отличаются следующими явлениями:

Начало раскраски листвы – дата, когда были замечены первые по-осеннему раскрашенные листочки (хвоинки) или целые веточки (прядки).

Начало листопада – день опадения первых по-осеннему окрашенных листьев (или хвои).

Полная раскраска листвы отмечается датой, когда все листья приобрели осеннюю окраску. Небольшое количество зеленоватых листьев во внимание не принимается.

Конец листопада – день, когда крона дерева или кустарника полностью обнажилась от листвы. Небольшая часть листьев на вершинах крон в расчет не принимается.

Даты наступления различных фаз у деревьев и кустарников рекомендуем вносить в таблицу (для сравнения развития отдельных видов и во избежание пропусков в наблюдениях) [18].

Оценка урожайности (плодоношения) деревьев, кустарников и ягодников производится во время массового цветения или плодоношения в баллах по шкале В. Г. Каппера:

0 – полный неурожай. Шишек, плодов и семян нет.

1 – очень плохой урожай. Шишки, плоды и семена в очень небольшом количестве на единичных экземплярах растений.

2 – слабый урожай. Равномерное и удовлетворительное плодоношение на большинстве экземпляров растений.

3 – средний урожай. Плоды и семена в значительных количествах на свободно живущих растениях и в удовлетворительных количествах – на растениях в насаждениях.

4 – хороший урожай. Хорошее плодоношение у большинства растений.

5 – отличный урожай. Обильное плодоношение почти у всех растений.

Шкала глазомерной оценки плодоношения ягодников, по А. Н. Формозову

По этой шкале определяют интенсивность цветения и плодоношения у земляники, малины, черники, брусники, клюквы и др.

0 – ягод нет совершенно.

1 – очень плохой урожай – единичные ягоды у небольшого количества растений.

2 – слабый урожай – единичные ягоды. Небольшие группы ягод встречаются довольно часто. Подавляющее большинство участков ягод не имеет.

3 – средний урожай – местами имеется значительное количество ягод, но большинство участков имеет единичные ягоды или вовсе лишены их.

4 – хороший урожай – участки с большим количеством ягод занимают не менее 50% встречающихся площадей ягодников.

5 – очень хороший урожай – повсеместное обильное плодоношение. Участки со слабым урожаем очень редки или отсутствуют.

2.3.4. Наблюдение за сельскохозяйственными культурами [17]

Отмечают сроки прохождения основных фенофаз, а также таких сельскохозяйственных работ, как начало пахоты, начало сева зерновых культур и их уборки, сроки посадки и уборки картофеля, дату начала сенокоса.

Минимальное количество растений, которое требуется осмотреть для определения процента вступивших в ожидаемую фазу – 40. Подсчеты проводят так: в четырех местах участка просматриваются подряд 10 растений, не отличающихся от окружающих по своему общему состоянию, и отмечается, сколько из них вступило в ожидаемую фазу. Количество вступивших в фазу из каждого десятка суммируется, после чего вычисляется процент этой суммы от 40. Началом фазы считается ее появление у 10% растений. Отмечают следующие фазы сезонного развития:

Появление первых всходов. На поверхности почвы наблюдаемого участка поля появляются первые развернувшиеся листочки, ростки или семядоли культуры.

Массовое появление всходов – появление всходов на большей части участка.

Начало колошения. Отмечается в день, когда у 10% растений колосья наполовину выдвинулись из влагалищ верхних листьев.

Массовое колошение – появление колосьев на большинстве развитых стеблей.

Начало цветения у злаков – снаружи колосьев на отдельных растениях в разных концах поля появятся лопнувшие пыльники.

Начало созревания и массовое созревание семян: молочная спелость – зерно достигает размеров спелого, зеленой окраски, легко раздавливается паль-

цами; восковая спелость – зерно становится желтым, содержимое его при раздавливании извлекается с трудом, легко скатывается в шарик и почти не прилипает к пальцам, режется ножом как воск и при сгибании сначала дает изгиб, а затем ломается; полная спелость – зерно твердое, не изгибается, а содержимое оболочки не выдавливается.

2.3.5. Наблюдения за животными [17]

Насекомые. Прямой практический интерес вызывают наблюдения за насекомыми-медоносами и опылителями, а также насекомыми-вредителями сельскохозяйственных растений. Наблюдения насекомых ведутся параллельно с наблюдениями растений. Необходимо фиксировать следующие периодические явления.

Появление взрослых особей (имаго). Первое появление (начало активности имаго) – замечены первые подвижные особи данного вида в местах его обычного пребывания. Массовое появление – резкое увеличение численности особей вида.

Начало откладки яиц – день обнаружения первого яйца или кладки яиц.

Начало отрождения личинок – день обнаружения личинок.

Начало окукливания – дата первого обнаружения куколок данного вида насекомых.

Массовое появление паразитов человека и животных и заметное их уменьшение.

Появление массовых вредителей сельскохозяйственных культур и лесов (бабочек капустницы, репницы, боярышницы, непарного шелкопряда, сосновой пяденицы, майского хруща).

Птицы. В рамках рекомендуемой программы от некоторых фенологов требуется в основном установление дат прилета (пролета) и отлета птиц.

Для наблюдения за птицами выбираются специальные маршруты, ежегодно посещаемые в нужные периоды (во время перелетов, зимних наблюдений). Для рано прилетающих птиц – это речные долины, поля, опушки леса, сады, парки. Наблюдения лучше всего вести в утренние часы (птицы активны и поют чаще). Первых рано прилетающих птиц надо ждать с появлением первых признаков весны – потеплением воздуха и появлением первых проталин на южных склонах. Наблюдения за отлетом и осенним прилетом птиц надо начинать с августа.

Начало прилета или отлета – замечены первые единичные особи или первая пролетная группа (стая) данного вида. Отмечать можно и по голосу (песня жаворонка, кукование кукушки, песня соловья).

Массовый (валовой) прилет или пролет – численность птиц данного вида резко увеличилась.

Отлёт (пролёт). Для стайных пролётных птиц (гуси, журавли и др.) отмечается дата первой пролётной стаи, массовый пролёт, окончание пролёта (день, после которого пролётные стаи больше не встречались).

2.3.6. Сезонные явления в мире грибов [17]

Общие фенологические наблюдения предусматривают отличать развитие съедобных человеком грибов (белый гриб, подосиновик, подберёзовик, масленок, волнушка, рыжик, груздь, опенок осенний): появление первых единичных грибов; начало промыслового сбора; конец промыслового сбора. При наличии нескольких периодов плодоношения («слоёв») за сезон наступление каждого отмечается отдельно (Соловьёв, 2005). Отмечают также появление паразитирующих грибов на высших растениях (мучнисторосяных, ржавчинных, головнёвых).

2.3.7. Сезонные аспекты ландшафтов

В «Программе и методике регионального фенологического мониторинга» А.Н. Соловьёва [15] рекомендуется сезонное наблюдение аспектов ландшафтов.

Общий аспект ландшафта (его облик в целом): *зимний* (заснеженный) белый аспект; *весенние аспекты* – пёстрый и «голой природы» после схода снега, но до развития листвы у растений; *летний зелёный аспект*; *аспект золотой осени*; *голый с белыми пятнами первого снега* аспект предзимья.

Частный аспект (внешний вид растительного сообщества; в вегетационный период создаётся при массовом цветении фоновых видов растений):

ранневесенний жёлтый аспект – мать-и-мачеха, затем одуванчик лекарственный; вдоль берегов водоёмов – калужница болотная; к концу весны – купальница европейская, лютики; *зеленовато-жёлтый аспект* – цветущая свербига, позднее – донник лекарственный;

белый аспект – нивяник обыкновенный в первой половине лета, купырь лесной, сныть обыкновенная, донник белый;

малиновый аспект – смолка клейкая по сухим лугам и опушкам леса; по сырым лугам яркий *лилово-розовый аспект* – горец змеиный, рачок шейки;

с середины лета *пурпурно-розовый аспект* – иван-чай;

светло-лиловый аспект – герань лесная по лесным опушкам и полянам;

сине-фиолетовый аспект – герань луговая по влажным лугам;

фиолетовый аспект – колокольчик раскидистый на суходолах;

белый аспект – ромашка пахучая и др. в населённых пунктах; со второй половины лета и до конца осени *жёлтый аспект* – пижма обыкновенная, *зеленовато-жёлтый* по скошенным лугам осенью кульбаба осенняя.

В агроценозах *весенний зелёный аспект* дают озимые, а позднее – *летний жёлтый* – спелые посевы зерновых культур.

2.4. Рекомендации для начинающих фенологов [17, 19–22]

2.4.1. Принципы, основные понятия и термины в фенологии

Надо иметь в виду, что существуют следующие принципы, которые лежат в основе организации фенологического мониторинга. Это: принцип локализации (точная привязка наблюдений к конкретной местности); принцип постоянства (ежегодная повторяемость наблюдений в одной и той же местности и за одними и теми же объектами); принцип регулярности (достаточная частота на-

блюдений); принцип сопоставимости (обеспечивается единством методики определения сроков наступления сезонных явлений и единым пониманием определения этапов развития фенологических фаз – начало; разгар и окончание); принцип тезаврации (централизованное накопление фенологической информации по региону); принцип статистической достоверности (математическая обработка); принцип объективности (дублирование наблюдений несколькими наблюдателями по одному и тому же графическому пункту).

Имеют место основные понятия и термины в фенологии.

Фенофаза (фенологическая фаза) – продолжительность времени (в днях) между отдельными фазами развития объекта.

Фенологический интервал – промежуток времени (в днях) между датами наступления любых двух сезонных явлений, независимо от того, относятся они к одному или разным объектам.

Феноиндикатор (фенологический индикатор) – сезонное явление, наступление которого используется в качестве указателя вероятного срока другого или других сезонных явлений.

Классическим методом фенологических наблюдений является визуальное наблюдение, проводимое на выделенных участках. Именно с выбора участка или фенологической тропы (маршрута не менее нескольких сот метров) и начинается организация фенонаблюдений. Размер участков: для полевых культур – площадь 1 га, на лугу – 5×5 м, в саду – ряд деревьев или кустарников не менее 5 экземпляров одного сорта, в лесу – площадь с 15–20 деревьями, произрастающими в сходных экологических условиях.

Участок или маршрут должен иметь возможность его частого посещения в течение года или многих лет (например, от дома до школы), потому что регулярность наблюдений – важнейшее условие для получения точных фенодат. Участок должен быть типичным для окружающей местности по рельефу и растительности. Предпочтительнее вести наблюдения над популяциями, а не над единичными экземплярами. За начало явления, фазы рекомендуется принимать день, когда в фазу вступило 5–10% состава популяции. За начало массового наступления фенофазы принято считать тот момент, после которого в фазу вступило не менее 40–50% состава популяции. Окончание фенофазы – все особи популяции прошли соответствующую фазу развития.

Наблюдения рекомендуется проводить по сезонам года, и в сезон как можно чаще (не реже одного раза в 2–3 дня), лучше в утренние часы, когда зацветает большинство растений и наиболее жизнедеятельны птицы.

Результаты фенологических наблюдений записываются в фенологический дневник по форме: название географического пункта, число и месяц, наблюдаемые явления, примечание. Например: г. Киров, 12.06. 1998 г. Начало зацветания шиповника.

Нужно стремиться к тому, чтобы записи в дневнике были точными. Для изучения лучше выбрать меньше объектов, но провести более тщательно все нужные наблюдения. Можно распределить маршруты и объекты между группами фенологов и тогда легче выполнять запланированную программу.

Материалы по итогам наблюдений в природе вносятся в записную книжку. Особо важные сведения включаются в экопаспорт.

2.4.2. Обработка и использование результатов фенологических наблюдений

Проверка и исправление исходных данных

В силу разных причин некоторые фенодаты, в особенности в первые годы наблюдений, могут оказаться ошибочными. Чаще всего ошибки бывают от недостаточной опытности наблюдателя, стремления быть первыми в наблюдениях. Все ошибочные, то есть сомнительные, даты должны быть отбракованы, так как в противном случае они внесут искажения в составление календаря природы. Очень резкое выделение какой-либо даты в ряду аналогичных дат многолетнего ряда всегда вызывает сомнение.

Существует несколько способов проверки правильности фенодат.

1. Надо сравнить положение проверяемой даты в ряду с ее положением в наблюдениях других лет (если они имеются). Например, если отмечена дата прилета грачей в одном из наблюдаемых лет 1 марта, а в другие годы 17, 21, 18, 19, 20 марта, то, естественно, дата «1 марта» вызывает сомнение и в расчет не принимается.

2. Какая из дат неправильна, определяется сопоставлением ее с близкими датами методом интервалов. Есть правило: «в пределах однородных экологических групп сезонных явлений интервалы между следующими друг за другом явлениями в данной географической местности менее изменчивы, чем ежегодные календарные даты их наступления». Примеры такого сравнения: желтая акация зацветает раньше рябины или в близкие с рябиной сроки, но не позже ее; грачи не прилетают позже жаворонков и т. д.

3. Географический метод: сопоставление рядов одного феноявления в двух разных географических пунктах в сходной местности, но при этом один пункт из двух должен быть предварительно хорошо выверен.

Если начало одного и того же явления природы в одной и той же местности разными фенологами отмечается в разные сроки, то для фенологического годового обзора выбирается наиболее ранняя из указанных, но выверенная дата.

Обработка и использование результатов фенологических наблюдений

По окончании каждого периода и сезона можно подвести итоги движения весны, лета, осени, зимы; установить, например, был ли данный период благоприятным для развития сельскохозяйственных культур, для сельскохозяйственных работ; сравнить ход периода или сезона с предыдущим годом. Если данные собирались в течение трёх или более лет, то можно составить *календарь природы*.

Различают календари природы отраслевые и характеризующие сезонную динамику геосистемы в целом. Отраслевые календари содержат сведения о многолетних средних сроках наступления в данном районе сезонных явлений, работ и мероприятий, связанных с одной из отраслей народного хозяйства (на-

пример, календарь полевода, лесовода, пчеловода и т. д.). Календари природы, характеризующие природную динамику местного ландшафта в целом, обычно называются просто календарями природы.

Важной датой в календаре является средняя дата. Чтобы получить ее, нужно сложить даты наступления интересующего явления за все годы наблюдений, если оно в эти годы происходило в одном месяце, и полученную сумму разделить на количество лет. Приведем пример: зацветание шиповника коричневого в г. Кирове за период с 1990 по 1996 гг. происходило в июне в следующие числа – 12, 10, 13, 14, 12, 15, 9. В сумме эти числа составляют 85. Полученную сумму делим на число лет наблюдений, т. е. на 7, получается 14,3. Значит, средняя дата зацветания шиповника в г. Кирове – 14 июня.

Чем больше лет наблюдений, тем точнее средняя дата. Если ряд суммируемых дат относится не к одному, а к 2 (иногда 3) календарным месяцам, то нужно перейти к единому исчислению. Вычислим, для примера, среднюю дату прилета скворца. За последние 6 лет скворцы прилетали в пункт N в следующие числа: 27.03, 5.04, 4.04, 5.04, 27.03, 27.03. Складываем сначала даты прилета скворцов в марте: $27 + 27 + 27 = 81$. К каждой дате апреля прибавляем по 31 дню, т. к. в марте 31 день; получаем: $(5 + 31) + (4 + 31) + (5 + 31) = 107$. Складываем обе суммы, получаем: $81 + 107 = 188$. Эту сумму нужно разделить на 6 (количество лет наблюдений), получаем 31,3. Значит, средняя дата прилета скворцов в N за шестилетний период наблюдений – 31 марта. Средние даты, вычисленные для каждого явления, располагают в хронологическом порядке и соответственно этому порядку размещают ряды фактических дат за все годы наблюдений, выделив крайние – самую раннюю и самую позднюю. Это и будет календарь природы населенного пункта, содержащий разностороннюю информацию о ходе сезонного развития местной природы.

Календарь природы данной местности, если он правильно составлен и содержит большое количество объектов, имеет большое значение и может быть использован для разных целей (учебных, научных, практических). С помощью календаря природы возможно фенопрогнозирование. Оно строится на основе анализа изменчивости феноинтервалов.

2.4.3. Фенологический год

Для удобства изучения фенологических явлений в каждой природной зоне год делят на сезоны, сезоны – на периоды. Так, например, для лесной зоны северо-востока европейской территории России (Кировская область) схема фенологической (естественной) периодизации года имеет следующий вид.

Зима. Первозимье (с ледостава на крупной реке). Среднезимье (с установления ледовой переправы через реку). Предвесенье (с первой капли с крыш в морозный день) – начало нового фенологического года.

Весна. Снежная весна (позимье – с начала интенсивного таяния снега). Пестрая весна (с появления проталин на ровных местах). Голая весна (оживление весны – с полного освобождения полей от снега и вскрытия крупной реки). Зеленая весна (разгар весны, пролетье – с зеленения черемухи).

Лето. Перволетье (с зацветания шиповника коричневого). Полное лето (краснолетье – с зацветания липы). Спад лета (с начала созревания ягод брусники и появления первых желтых листьев у лип).

Осень. Начальная осень. Первоосень (с появления желтых листьев у большинства деревьев и кустарников). Золотая осень (с образования полной осенней окраски у большинства деревьев и кустарников). Глубокая (голая) осень (с окончания листопада у большинства деревьев и кустарников). Предзимье (с окончания листопада у сирени и лиственницы).

Каждый регион имеет свой календарь основных фенологических дат. Для северо-востока Европейской части России характерны индикационные явления наступления сезонов и периодов, которые приведены в табл. 9.

Таблица 9

Основные сезонные явления, знаменующие начало сезона и периода года

Сезоны и периоды фенологического года	Сезонные явления	Дата
Предвесенье	1. Первая капель	
Весна	2. Начало интенсивного таяния снега	
Пестрая весна	3. Появление проталин на ровных местах	
Голая весна	4. Полное освобождение полей от снега и вскрытие крупной реки	
Зеленая весна	5. Зеленение черемухи	
Лето	6. Установление среднесуточной температуры воздуха выше 15 °С	
Перволетье	7. Зацветание шиповника	
Краснолетье	8. Зацветание липы	
Спад лета	9. Начало созревания ягод брусники 10. Появление первых желтых листьев у лип и берез	
Осень		
Начальная осень	11. Установление среднесуточной температуры воздуха ниже 15 °С. 12. Появление желтых листьев у большинства деревьев и кустарников	
Золотая осень	13. Образование полной осенней окраски у большинства деревьев и кустарников	
Глубокая осень	14. Окончание листопада у большинства деревьев и кустарников	
Предзимье	15. Установление среднесуточной температуры воздуха ниже 0 °С	
Зима		
Первозимье	16. Образование ледостава на крупной реке. Устойчивый снежный покров	
Среднезимье	17. Установление ледовой переправы через реку	

2.5. Примерная программа фенологических наблюдений для школьников

Данная программа включает сравнительно небольшое количество хорошо заметных объектов и явлений своего региона, лесной зоны. Программа может быть расширена и дополнена в соответствии с физико-географическими условиями и хозяйственной деятельностью человека на определённой территории.

Примерная (общая) программа фенологических наблюдений для школьников

Зима. Замерзание реки (название). Установление снежного постоянного покрова. Первая капель с крыш в морозный день. Первая песня большой синицы («чи-чи-ку... чи-чи-ку» или «ци-фи... ци-фи»). Массовое осыпание семян липы. Массовое осыпание семян ели. Массовое осыпание семян сосны. Первая барабанная дробь дятла.

Весна. Появление «барашков» на иве. Появление воронок на снегу около деревьев. Появление первых проталин на полях. Прилет передовых грачей. Грачи сели на гнезда. Начало интенсивного таяния снега. Прилет передовых скворцов. Первая песня жаворонка. Начало сокодвижения у березы. Появление бабочки крапивницы. Первые стаи уток-крякв. Исчезновение сплошного снежного покрова. Прилет первых трясогузок. Начало цветения мать-и-мачехи. Появление комаров-толкунов. Вскрытие реки (название). Начало ледохода. Первые стаи гусей. Конец ледохода. Первые стаи журавлей. Зацветание ольхи серой. Появление бабочек-лимонниц. Появление клопов-солдатиков. Появление дождевых червей на поверхности почвы (оставляют кучки экскрементов). Появление муравьев на муравейниках. Начали урчать бурые травяные лягушки. Появление икры лягушек. Появление шмелей. Начало выставки ульев на пасеку. Начало весенней пахоты. Зеленение (начало вегетации) озимых. Первое кукование кукушки. Начало сева ранних зерновых культур. Зацветание (пыление) осины. Набухание почек сирени, березы, лиственницы, тополя, рябины, липы. Распускание почек сирени, черемухи, лиственницы, рябины, акации, липы. Зеленение крыжовника (развертываются листочки, но еще не расправились), черной смородины. Зацветание фиалки холмовой (душистой). Первая гроза. Зеленение черемухи ранней, сирени, березы, рябины, лиственницы, тополя, яблони, акации желтой, липы. Выгон скота на пастбище. Зацветание тополя, лиственницы, березы, черемухи ранней, вишни (сорт), акации желтой, яблони (сорт), сосны, черемухи поздней, сирени, рябины, бузины. Зацветание калужницы, одуванчика, сурепки, кислицы заячьей, земляники, черники, брусники, купальницы. Зацветание крыжовника, смородины красной, смородины черной. Появление майских жуков. Первая песня соловья. Прилег ласточек-касаток, городских и береговых стрижей. Появление комаров-кусак. Первый крик коростеля (монотонный, скрипучий). Вылет стрекоз.

Лето. Зацветание шиповника. Появление слепней. Пожелтение полей от лютика едкого. Зацветание поповника (или ромашки луговой), появление боярышниц (крупной бабочки с белыми полупрозрачными крыльями с черными жилками). Вылетели птенцы у скворца. Зацветание тимopheевки. Тополь начал «пушить». Зацветание ржи озимой, василька синего во ржи. Вылет крупных

стрекоз (кормысло большое, кормысло голубое и др.). Первый сбор маслят. Первые плоды земляники. Первый сбор подберезовиков (обабок). Появление жуков светляков. Зацветание иван-чая. Застрекотали кузнечики. Первый сбор подосиновиков (красноголовок). Начало сенокоса. Зацветание липы. Первый сбор белых грибов, рыжиков, груздей. Первые плоды смородины красной, черники, смородины черной, малины лесной, черемухи, костяники, брусники. Начало уборки озимой ржи.

Осень. Первые желтые листья на березах, липах, черемухах, рябинах, тополях, осинах. Появление желтых листьев на большинстве деревьев и кустарников. Начало листопада у липы, черемухи, березы, осины, тополя. Первые стаи журавлей на пролете. Появление летающей паутины. Первые стаи гусей на осеннем пролете. Появление свиристелей. Первые стаи уток на пролете. Первый заморозок в воздухе. Полная осенняя окраска листвы у липы, рябины, черемухи, тополя, березы, осины. Полная осенняя окраска у большинства деревьев и кустарников (исключая сирень, лиственницу, подрезанные тополя). Появление сорок около жилья. Начало пожелтения хвои у лиственницы. Окончание листопада у липы, черемухи, тополя, осины, рябины, березы. Последняя стая журавлей, скворцов, гусей, грачей, уток. Окончание массового листопада у большинства деревьев и кустарников. Начало листопада у лиственницы, сирени, первый снежный покров. Прекращение выпаса в поле. Окончание листопада у сирени, у лиственницы.

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК [32–38]

3.1. Опасность и риск

Термин «опасность» описывает наличие процессов и явлений, несущих угрозу человеку, обществу или природной системе в случае их реализации.

Опасность характеризует возможность взрыва, наводнения, выброса загрязняющих веществ и т. п. В этом смысле опасность может рассматриваться как постоянно присутствующая угроза. Опасность является вероятностной категорией, которая может меняться в пространстве и во времени. Под характеристикой опасности, связанной с конкретным событием следует понимать вероятность проявления этого события в данном месте и в данное время. Реализация опасности связана с появлением отрицательных последствий: смерти или заболевания людей, загрязнения воздуха свыше ПДК, исчезновения вида и т. п. Количественной мерой опасности с учётом её последствий является риск.

Риск – вероятность неблагоприятных для человека последствий в результате реализации опасности.

Оценка риска связана с оценкой ущерба. Чем больше ожидаемый ущерб, тем значительнее риск. Кроме того, риск будет тем больше, чем больше вероятность проявления соответствующей опасности.

Поэтому риск R может быть определен как произведение вероятности опасности рассматриваемого события или процесса P на ущерб Q :

$$R = P \cdot Q.$$

Таким образом, понятие «риск» объединяет два понятия – «вероятность опасности» и «ущерб».

Отсюда, риск – это мера ожидаемой неудачи в той или иной деятельности, опасность наступления неблагоприятных последствий, изменений во внешней среде, которые могут вызвать потери ресурсов, убыток, опасность.

3.2. Классификация рисков

В современной научной литературе рассматривается несколько разновидностей риска, каждая из которых имеет свои особенности.

1. По причинам возникновения риска:

природные риски – риски, связанные с природными явлениями: землетрясениями, наводнениями, ураганами, оползнями, цунами, вулканической активностью и т. п.;

техногенные (технические) риски – риски, связанные с опасностями, исходящими от технических объектов: авариями, взрывами, пожарами и т. п.;

экологические риски – риски, связанные с изменениями в окружающей природной среде;

коммерческие риски – риски, связанные с опасностью потерь в результате финансово-хозяйственной деятельности;

экономические (эколого-экономические) риски – риски экономических потерь, ущербов, которые могут иметь место у объектов различного уровня общественной организации вследствие ухудшения состояния (качества) окружающей природной среды (экологических нарушений).

2. По применению понятия риска в анализе и управлении рисками:

индивидуальный риск – риск поражения отдельного индивидуума в результате воздействия факторов опасности;

социальный риск – риск поражения определенных групп людей, подвергающихся воздействиям определённого вида при реализации соответствующих опасностей;

потенциальный территориальный риск – пространственное распределение частоты реализации негативного воздействия определённого уровня.

3. По степени приемлемости:

неприемлемый риск – риск, имеющий уровень, устанавливаемый административными или регулирующими органами как максимальный, выше которого необходимо принимать меры по его устранению (уровень индивидуального риска от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-6}$);

приемлемый риск – риск, имеющий уровень, с которым общество в целом готово мириться ради получения определенных благ или выгод в результате своей деятельности (уровень индивидуального риска $1 \cdot 10^{-6}$, что означает гибель (заболевание) одного человека из миллиона людей, подвергающихся данной опасности);

пренебрежимый риск – риск, имеющий уровень индивидуального риска, не вызывающий беспокойства индивидуума, если речь идет об индивидуальном риске (уровень индивидуального риска менее $1 \cdot 10^{-7}$).

Характеристика некоторых видов риска представлена в табл. 10.

Таблица 10

Характеристика некоторых видов риска

Вид риска	Объект риска	Источник риска	Нежелательное событие
Индивидуальный	Человек	Условия жизнедеятельности человека	Заболевание, травма, инвалидность, смерть
Технический	Технические системы и объекты	Техническое несовершенство, нарушение правил эксплуатации технических систем и объектов	Авария, взрыв, катастрофа, пожар, разрушение
Экологический	Экологические системы	Антропогенное вмешательство в природную среду, техногенные чрезвычайные ситуации	Антропогенные экологические катастрофы, стихийные бедствия
Социальный	Социальные группы	Чрезвычайная ситуация, снижение качества жизни	Групповые травмы, заболевания, гибель людей, рост смертности

Вид риска	Объект риска	Источник риска	Нежелательное событие
Экономический	Материальные ресурсы	Повышенная опасность производства или природной среды	Увеличение затрат на безопасность, ущерб от недостаточной защищенности

3.3. Экологический риск

Экологический риск – оценка вероятности и степени опасности негативных изменений в составе, строении и функционировании природных и природно-антропогенных систем в результате естественных и антропогенно обусловленных событий и процессов в природной среде обитания.

Перечень экологических рисков, наиболее значимых для нашей страны, предложен А.В. Яблоковым:

- экологический риск промышленных аварий и катастроф (1 раз в день в России происходят крупные разрывы трубопроводов, 1 раз в неделю – крупные железнодорожные катастрофы, 1 раз в месяц – аварии на промышленном производстве с серьезными экологическими последствиями, 1 раз в полгода – сверхкрупные аварии типа Томска-7 или пожара на КАМАЗе, ликвидация последствий которых требует миллиардов рублей);

- экологический риск, связанный с радиоактивным загрязнением среды (в том числе от РАО и от АЭС);

- экологический риск, связанный с загрязнением поверхностных и подземных водоемов, питьевой воды;

- экологический риск, связанный с конверсией оборонных отраслей промышленности и военной деятельности (в т. ч. с уничтожением химического и ядерного оружия, ракет, значительной части из почти 2 млн т обычных боеприпасов);

- экологический риск, связанный с образованием, транспортировкой и захоронением опасных промышленных отходов;

- экологический риск, связанный с принятием крупномасштабных проектов природопользования (например, освоением новых нефтяных и газовых месторождений на суше и море, крупномасштабное транспортное строительство, в том числе крупных морских портов в Лужской губе и скоростной железной дороги Москва – Санкт-Петербург);

- экологический риск развития традиционной, атомной и других видов энергетики;

- экологические риски в основных отраслях промышленности, на транспорте, в сельском и других отраслях народного хозяйства.

Кроме этих, сравнительно часто обсуждаемых экологических опасностей, важно оценить и целый ряд других нетрадиционных рисков:

- экологический риск истощения, расхищения растительных и животных природных ресурсов (рыбных, лесных, охотничьих);

- экологический риск, связанный с широкомасштабным освоением космоса;
- экологические риски, связанные с внешнеэкономической деятельностью;
- экологические риски приватизации и развития негосударственных форм собственности;
- экологический риск, связанный с подтоплением территорий;
- экологический риск, связанный с утратой плодородия почв;
- экологический риск потери влажных местообитаний (и в т. ч. болот);
- экологический риск, связанный с сокращением рекреационной емкости территории;
- экологический риск, связанный с сокращением и исчезновением лечебно-курортных зон;
- экологический риск от сочетания действия порознь неопасных доз и концентраций различных загрязнителей (например, радиации и пестицидов);
- экологический риск сверхмалых доз загрязнителей;
- экологический риск, связанный с глобальным изменением климата;
- экологический риск от истощения озонового слоя;
- экологический риск утери биоразнообразия.

Уже этот, явно неполный, перечень дает представление о масштабах проблемы. С практической точки зрения решение проблем экологического риска для обеспечения национальной безопасности сводится к решению двух последовательных задач:

1. Сравнительной оценке всех значимых экологических рисков (как в целом для страны, так и для крупных экономико-географических регионов).
2. Определению механизмов управления каждым конкретным экологическим риском с целью его снижения до приемлемого уровня.

3.4. Подходы к оценке риска

Оценка риска – процесс, используемый для определения величины (меры) риска анализируемой опасности для здоровья человека, материальных ценностей, окружающей природной среды и других ситуаций, связанных с реализацией опасности.

Возникновение «рисковых» ситуаций обуславливается рядом необходимых условий:

- наличием источников опасности;
- наличием факторов риска (вещества, физических аспектов) и определенного уровня их интенсивности;
- подверженность людей и объектов окружающей среды факторам риска.

Система оценки риска имеет своей целью выявление объективной картины риска на определенной территории, включая структуризацию факторов опасности, возможных последствий их действия, количественных оценок риска и ущербов применительно к здоровью населения и окружающей среде. Эта

система может рассматриваться как инструмент, используемый для выявления проблем, связанных с риском, их описания и структуризации.

В своей основе она предполагает выполнение ряда достаточно четких последовательных процедур (рис. 12), направленных:

- на идентификацию риска;
- на оценку характера воздействия загрязнителей на человека и окружающую среду;
- на оценку последствий для человеческого организма воздействий загрязнителей;
- на характеристику риска.

Каждая из перечисленных процедур базируется на применении ряда формализованных и не вполне формализованных методов, позволяющих стандартизировать процесс получения результатов и избежать неоднозначности в их толковании.

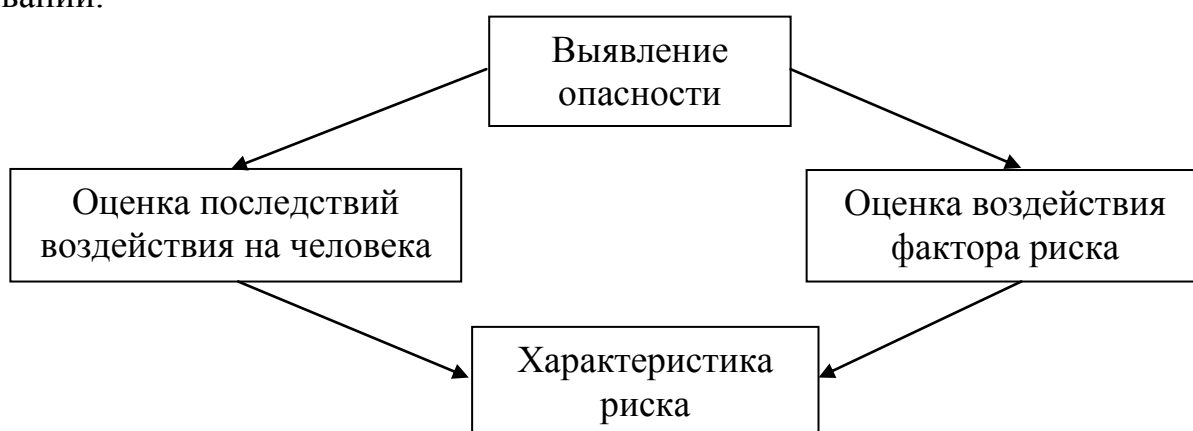


Рис. 12. Схема оценки риска

Подходы к оценке риска

Существуют четыре разных подхода к оценке риска.

Инженерный подход – опирается на статистику поломок и аварий, на вероятностный анализ безопасности: построение и расчет так называемых деревьев событий и деревьев отказов, в основе которых заложены ориентированные графы.

Модельный подход – построение моделей воздействия вредных факторов на человека и окружающую среду. Эти модели могут описывать как последствия обычной работы предприятий, так и ущерб от аварий на них.

Модельный подход используется для построения моделей распространения опасных воздействий, которые образуются в ходе штатной работы предприятий, так и в результате нештатных ситуаций (аварий). Эти модели могут описывать как пространственное распределение негативных воздействий, так и величины риска токсических эффектов.

При оценке риска для здоровья человека основное внимание уделено подходам к моделям для расчета риска токсических эффектов (канцерогенного, неканцерогенного, радиационного рисков), а для экосистем – моделям на основе критических нагрузок загрязнителей.

Экспертный подход в оценке риска используется в тех случаях, когда для расчетов не хватает надежных исходных данных. При экспертном подходе вероятности различных событий, связи между ними и последствия аварий определяют путем опроса опытных экспертов.

В настоящее время известно несколько десятков методов экспертных оценок, наиболее известный из них – коллективное обсуждение и согласование по методу Дельфи. Считается, что создателями метода экспертных оценок были дельфийские оракулы, то есть жрецы храма Аполлона у подножия горы Парнас в Греции. Их предсказание о том или ином событии в античной Греции сообщалось народу только после того, как все члены совета мудрецов ознакомились со всеми обстоятельствами дела и обсудили их со всех сторон.

Экспертная оценка и принятие экспертных решений по методу Дельфи проводится в следующем порядке:

а) формирование группы экспертов – крупных специалистов в той области, в которой находится данная проблема;

б) первичное заполнение экспертами подготовленных опросных листов, сопровождаемое предоставлением им всей имеющейся информации по проблеме (первый тур);

в) обработка опросных листов и письменное изложение её основных результатов;

г) ознакомление экспертов с результатами обработки опросных листов и вторичное заполнение ими аналогичных листов (второй тур) с указанием, что на те же вопросы должны быть даны новые ответы с учётом результатов первого тура. Таких туров может быть два или больше, в зависимости от степени согласованности ответов.

Социологический подход – исследуется отношение населения к разным видам риска, например с помощью социологических опросов. Однако не всегда данные социологических опросов совпадают с оценками экспертов и результатами расчетов, выполненных в рамках инженерного и модельного подходов в оценке риска. Отношение общества к экологическим проблемам может существенно меняться в результате реализации техногенных или природных опасностей. Так, например, после аварий на АЭС «Фукусима» в Японии по всему миру прошли митинги против ядерной энергетики, строительства и функционирования АЭС. Тогда как, риск аварий на АЭС значительно ниже, чем риск заболеваний, вызванных курением, или риск аварий на автотранспорте. Известно, что только в России на дорогах ежегодно погибает порядка 40 тыс. человек.

В табл. 11 приведены результаты оценки рисков разными группами людей.

Оценка рисков цивилизации общественным мнением в сравнении
с действительными величинами

Вид риска	Число смертей в год США	Номер приоритета			
		Действи- тельный	Студенты	Ученые	Домо- хозяйки
Курение	150000	1	3	4	4
Алкоголь	100000	2	7	5	6
Автомобили	5500	3	5	3	2
Оружие	17000	4	2	1	3
Мотоциклы	3000	5	6	2	5
Плавание	3000	6	16	13	13
Поезда	1950	7	13	15	15
Строительство	1000	8	10	10	10
Охота	800	9	12	9	11
Домашнее хозяйство	200	10	15	16	16
Пожары	195	12	9	6	9
Полиция	160	12	8	7	7
Самолеты	130	13	11	14	12
Атомная энергетика	100	14	1	8	1
Коньки	18	15	14	12	14
Пестициды	0	16	4	11	8

Как видно из таблицы, в некоторых случаях оценка риска разными группами людей различается. Опрошенные недооценивают реальную опасность курения, студенты и домохозяйки существенно переоценивают опасность атомных электростанций, ставя риск от АЭС на первое место, тогда как в действительности АЭС по опасности находятся лишь на 14-м месте.

3.5. Оценка экологического риска

Оценка риска включает в себя частоту (вероятность) нанесения вреда окружающей среде и количественную характеристику уровня потенциальной экологической опасности.

Объект оценки риска – окружающую среду – можно разделить на три составляющих: природные и природно-антропогенные объекты; антропогенные объекты; человек.

Соответственно в общем экологическом риске можно выделить три составляющие:

1. Экосистемную: риск нанесения ущерба природной среде, природным или природно-антропогенным объектам.
2. Антропогенную: риск нанесения ущерба наземной инфраструктуре.
3. Санитарно-гигиеническую: риск нанесения ущерба здоровью людей.

Ущерб здоровью людей может быть нанесен в результате ряда событий: риск поражения населения при авариях на химически опасных объектах; риск токсических эффектов; риск воздействия ионизирующего излучения.

Оценка риска для компонентов природной среды и природных объектов

В качестве критерия оценки может использоваться стоимость вреда или ущерба, нанесенного компонентам природной среды в случае реализации экологической опасности.

Потенциальная экологическая опасность негативного воздействия на окружающую природную среду проявляется в потенциальном вреде, который может иметь денежное выражение.

Потенциальный вред природной среде рассчитывают на основании действующих нормативных, правовых и инструктивно-методических документов, кадастровой оценки природных ресурсов, а также такс для исчисления размера взыскания платежей за ущерб животному и растительному миру. При расчете величины вреда учитывают продолжительность негативного воздействия на окружающую природную среду, соответствующие коэффициенты, учитывающие экологические факторы, состояние водных объектов РФ, а также изменение уровня цен.

В качестве составных компонентов потенциального вреда природной среде рассматривают:

- вред от загрязнения атмосферного воздуха;
- вред от загрязнения поверхностных и подземных вод;
- вред от загрязнения земель;
- вред, наносимый лесными пожарами;
- вред от гибели животных и растений, включенных в Красную книгу РФ.

Оценка риска для наземной инфраструктуры

Потенциальная экологическая опасность воздействия на наземную инфраструктуру также проявляется в потенциальном вреде, имеющем денежное выражение.

В общем случае потенциальная экологическая опасность нанесения ущерба наземной инфраструктуре состоит в нанесении вреда (разрушении, взрыве, пожаре, выводе из строя) промышленным и сельскохозяйственным объектам, линиям электропередач, а также газо- и нефтепроводам. Ущерб промышленным объектам рассчитывают в соответствии с нормативным документом РД 03-496-02. «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах».

Оценка риска нанесения ущерба здоровью людей

Получило широкое распространение выражение последствий риска количеством фатальных случаев (смертей) или заболеваний в единицу времени.

В 1996 г. Кунрейтер и Слович предложили несколько иных способов выражения риска смерти, которые представляют следующий ряд:

- количество смертей на один миллион населения;

- количество смертей на один миллион населения в пределах зоны определенного радиуса с центром в месте источника опасного воздействия;
- количество смертей на единицу концентрации токсиканта в окружающей среде;
- количество смертей, обусловленных функционированием данного объекта;
- количество смертей на одну тонну токсиканта, поступившего в организмы людей;
- количество смертей на одну тонну вещества, выработанного на данном объекте;
- количество смертей на один миллион долларов вырабатываемого вещества;
- сокращение ожидаемой продолжительности жизни, вызванное опасностью.

Бернард Коэн предложил оценивать и сравнивать риски по величине, называемой *сокращением ожидаемой продолжительности жизни*. Эта величина показывает, на какой срок укорачивается, в среднем, жизнь индивидуума, подвергающегося данному риску. Преимущество ее использования состоит в наглядности – так, показатель смертности, выраженный величиной $1 \cdot 10^{-4}$, труднее для восприятия, нежели характеризующее тот же риск значение сокращения ожидаемой продолжительности жизни, равное, к примеру, 20 дням. Методика расчета предложена Б. Коэном, она основана на использовании детальных статистических данных США.

В табл. 12 приведены данные по сокращению ожидаемой продолжительности жизни в США, вызванные разными факторами.

Таблица 12

Сокращение ожидаемой продолжительности жизни в США,
вызываемое повседневной деятельностью, болезнями
и стихийными бедствиями (по Б. Коэну)

Причины риска	Сокращение ожидаемой продолжительности жизни, дни
Курение (мужчины, 1 пачка сигарет в день)	2300
Сердечно-сосудистые заболевания	2100
Работа в шахте (добыча угля)	1100
Рак	980
Избыточный вес (15 кг)	900
Инсульт	520
Алкоголь	230
Автомобильные аварии	180
Грипп и воспаление легких	130
Наркотики	100
Убийство	90
Несчастные случаи на работе	74

Причины риска	Сокращение ожидаемой продолжительности жизни, дни
СПИД	70
Радон в помещениях	35
Пожары и смертельные ожоги	27
Кофе (3 чашки в день)	26
Обеднение озонового слоя в стратосфере	22
Загрязнение атмосферного воздуха	10
Авиакатастрофы	1
Ураганы, торнадо	1
Наводнения	0,4
Землетрясения	0,2

3.6. Оценка риска токсических эффектов загрязняющих веществ [39]

Выделяют два вида загрязнителей:

1. Обладающие беспороговым действием – негативные эффекты, вызванные веществами данного типа, растут прямо пропорционально их дозе, которая в свою очередь прямо пропорциональна концентрации загрязнителя в воздухе, воде или продуктах питания. Примером данного вида загрязнителей являются канцерогены.

2. Обладающие пороговым действием, которые вызывают негативные последствия только тогда, когда величина дозы превзойдет некоторое пороговое значение. К данным загрязнителям относятся токсичные, но неканцерогенные вещества.

3.6.1. Оценка риска здоровью при воздействии пороговых токсикантов [39]

Доза загрязнителя D определяется произведением C – его концентрации в воздухе, воде или пищевых продуктах; v – скорость его поступления в организм; t – время поступления в организм.

$$D = C \cdot v \cdot t$$

Размерности показателей поступления токсикантов в организм человека приведены в табл. 13.

Таблица 13

Размерности показателей поступления токсикантов в организм человека

Показатель	Воздух	Вода	Продукты питания
C – концентрация	мг/м ³	мг/л	мг/кг
v – скорость, интенсивность поступления в организм	л/мин, м ³ /сутки	л/сутки	кг/день, кг/год

В табл. 14 приведены стандарты объёма воздуха и массы воды, поступающие в организм человека, принятые в РФ.

Таблица 14

Стандарты объема воздуха и массы воды, поступающие в организм человека

Контингент	Воздух	Вода
Население	$7,3 \cdot 10^6$ л/год = 20 м ³ /сут	730 л/год = 2 л/сут
Персонал	$2,5 \cdot 10^6$ л/год = 10 м ³ /день (если в году 250 рабочих дней)	0

В табл. 15 представлен средний годичный продуктовый рацион населения России.

Таблица 15

Потребление продуктов питания в среднем на душу населения в России

Виды продуктов	Потребляемое количество, кг/год
Хлебопродукты, всего	130,8
Бобовые	4,6
Мука пшеничная	19,5
Рис	3,7
Крупа (кроме риса)	5,2
Хлеб пшеничный	62,9
Макаронные изделия	5,2
Картофель	124,0
Овощи, всего	94,0
Капуста	28,1
Огурцы и помидоры	2,6
Столовые корнеплоды	37,5
Прочие овощи	25,9
Фрукты и ягоды, всего	19,4
Фрукты свежие	14,4
Фрукты сушеные	1,0
Сахар и кондитерские изделия	20,7
Мясопродукты, всего	26,6
Говядина	4,8
Баранина	0,9
Свинина	1,5
Колбасные изделия	0,8
Рыбопродукты, всего	11,7
Рыба свежая	10,9
Сельдь	0,8
Молочные продукты, всего	212,4
Молоко цельное	69,6
Молоко нежирное	53,5
Сметана и сливки	1,6
Масло животное	2,5
Творог	9,9

Виды продуктов	Потребляемое количество, кг/год
Сыр и брынза	2,3
Яйца (шт.)	151,4
Масло растительное, маргарин	10

При вдыхании токсиканта **из воздуха** среднесуточное его поступление m , отнесенное к 1 кг массы тела человека, рассчитывается по формуле:

$$m = C \cdot V \cdot f \cdot Tr / (P \cdot T) \text{ (мг/кг·сутки)},$$

где C – концентрация токсиканта в воздухе, мг/м³; V – объём воздуха, поступающего в легкие, м³/сутки (20 м³/сутки); f – количество дней в году, в течение которых происходит воздействие токсиканта; Tr – количество лет, в течение которых происходит воздействие токсиканта; P – средняя масса тела взрослого человека, равная 70 кг; T – усреднённое время воздействия токсиканта (средняя продолжительность возможного воздействия токсиканта за время жизни человека), принимаемое равным 30 годам (10 950 суток).

При поступлении токсиканта **с питьевой водой** среднесуточное поступление токсиканта (m) с водой на 1 кг массы тела человека определяется по формуле:

$$m = C \cdot v \cdot f \cdot Tr / (P \cdot T) \text{ (мг/кг·сутки)},$$

где C – концентрация токсиканта в питьевой воде, мг/л; v – скорость поступления воды в организм человека, л/сутки (2 л/сутки); f – количество дней в году, в течение которых происходит воздействие токсиканта; Tr – количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемая питьевая вода; P – средняя масса тела взрослого человека, равная 70 кг; T – усреднённое время воздействия токсиканта (средняя продолжительность возможного воздействия токсиканта за время жизни человека), принимаемое равным 30 годам (10 950 суток).

При поступлении токсиканта **с продуктами питания** среднесуточное поступление токсиканта с пищей (m), приведенное к 1 кг массы тела человека, вычисляют по формуле:

$$m = C \cdot M \cdot Tr / (P \cdot T) \text{ (мг/кг·сутки)},$$

где C – концентрация токсиканта в рассматриваемом пищевом продукте; M – количество продукта, потребляемого за один год; Tr – количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемый продукт; P – средняя масса тела взрослого человека, равная 70 кг; T – усредненное время воздействия токсиканта (средняя продолжительность возможного воздействия токсиканта за время жизни человека), принимаемое равным 30 годам (10 950 сут).

После вычисления среднесуточного потребления токсиканта, отнесенного к 1 кг массы тела, рассчитывается Индекс опасности – HQ .

$$HQ = m / H_D,$$

где H_D – пороговая мощность дозы.

Значения пороговой мощности дозы (H_D) при поступлении некоторых токсикантов-неканцерогенов с воздухом, водой и пищей приведены в табл. 16.

Таблица 16

Значения пороговой мощности дозы токсикантов-неканцерогенов (H_D),
мг/кг·сут

Токсиканты	Путь поступления в организм		
	с воздухом	с водой	с водой и пищей
Нитраты	—	—	1,6
Хром (III)	—	—	1,0
Цинк	—	—	0,3
Барий	—	—	0,2
Бор	—	—	0,2
Марганец	$1,4 \cdot 10^{-3}$	—	0,14
Хлор	—	—	0,1
Медь	—	—	0,04
Никель	—	—	0,02
Селен	—	—	$5 \cdot 10^{-3}$
Молибден	—	—	$5 \cdot 10^{-3}$
Серебро	—	—	$5 \cdot 10^{-3}$
Хром (VI)	—	—	$5 \cdot 10^{-3}$
Кадмий	—	—	$5 \cdot 10^{-4}$
Сурьма	—	—	$4 \cdot 10^{-4}$
Мышьяк	—	—	$3 \cdot 10^{-4}$
Ртуть (хлорид)	—	—	$3 \cdot 10^{-4}$
Талий (хлорид, карбонат)	—	—	$8 \cdot 10^{-5}$
Бензол	$9 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	—
Ртуть (металл)	$8,6 \cdot 10^{-5}$	—	—
Бериллий	$5,8 \cdot 10^{-6}$	—	—
Тетраэтилсвинец	$5,7 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	—
Этиленгликоль	—	2	—
Ацетон	—	0,9	—
Нефтепродукты	—	0,6	—
Фенол	—	0,6	—
Метанол	—	0,5	—
Формальдегид	—	0,2	—
Пентахлорфенол	—	$3 \cdot 10^{-2}$	—
Винилхлорид	—	$3 \cdot 10^{-3}$	—
Нитробензол	—	$5 \cdot 10^{-4}$	—
ДДТ	—	$5 \cdot 10^{-4}$	—
Диметилртуть	—	$1 \cdot 10^{-4}$	—

«—» — нет данных

$HQ < 1$ опасности нет. Риска угрозы жизни нет.

$HQ > 1$ существует опасность отравления, которая тем больше, чем больше HQ .

Если в воздухе, воде, пищевых продуктах содержатся несколько токсикантов, то индекс опасности равен сумме индексов опасностей отдельных токсикантов.

$$HQ_t = HQ_1 + HQ_2 + HQ_3 + \dots$$

$HQ_t < 1$ опасности нет. Риска угрозы жизни нет.

3.6.2. Оценка риска здоровью при воздействии беспороговых токсикантов (нерадиоактивных канцерогенов) [39]

Канцерогены – вещества, воздействие которых достоверно увеличивает частоту возникновения опухолей (доброкачественных и/или злокачественных) в популяциях человека и/или животных и/или сокращает время развития этих опухолей.

При оценке риска угрозы здоровью, обусловленного воздействием канцерогенных веществ, используют два положения:

1. У канцерогенов нет пороговой дозы, их действие начинается уже при самых малых количествах, попавших в организм человека.

2. Вероятность развития онкозаболевания (канцерогенный риск) прямо пропорциональна количеству (дозе) канцерогена, введенного в организм.

Линейный характер зависимости между канцерогенным риском и дозой канцерогенного вещества выражается формулой:

$$R = Fr \cdot D,$$

где R – индивидуальный канцерогенный риск (дополнительный риск онкологического заболевания, вызываемый поступлением данного канцерогена); D – доза канцерогена, попавшего в организм человека; Fr – коэффициент пропорциональности между риском и дозой (фактор риска). Единица фактора риска – $(\text{мг/кг} \cdot \text{сут})^{-1}$.

Фактор риска Fr показывает, насколько быстро возрастает вероятность онкозаболевания при увеличении дозы канцерогена, поступившего в организм человека с воздухом, водой или пищей.

Часто индивидуальный канцерогенный риск вычисляют по формуле:

$$R = Fr \cdot m,$$

где m – среднесуточное поступление канцерогена с воздухом, водой или пищей, отнесенное к 1 кг массы тела человека, в миллиграммах на килограмм в сутки ($\text{мг/кг} \cdot \text{сут}$).

Значение факторов риска определяется, как правило, в результате опытов на животных. В табл. 17 приведены значения факторов риска при поступлении в организм человека ряда нерадиоактивных канцерогенов.

Значения факторов риска канцерогенов при поступлении в организм человека

Канцерогены	Фактор риска, (мг/кг·сут) ⁻¹	
	путь поступления	
	воздух	вода, пища
Дихлорметан	$1,6 \cdot 10^{-3}$	–
Трихлорэтилен	$7 \cdot 10^{-3}$	0,4
Формальдегид	$2,1 \cdot 10^{-2}$	–
Свинец и его соединения	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$8,5 \cdot 10^{-3}$
Бензол	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$
Винилхлорид	$7,2 \cdot 10^{-2}$	1,9
Тетрахлорэтилен	0,15	0,54
Дихлорэтан	0,27	–
Хлорбензол	0,27	–
ДДТ	0,34	0,3
Никель (пыль в воздухе)	0,91	–
Полихлорированные бифенилы	2,0	5,0
Выхлопные газы дизельных двигателей	2,1	–
Кадмий и его соединения	6,3	0,38
Бензо(а)пирен	7,3	12,0
Бериллий (металл и оксид)	8,4	7,0
Мышьяк	12	–
Хром (VI)	42	–
Бериллий (сульфат)	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$
Диоксины (смесь)	$4,6 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^5$
Хлороформ	–	$3,1 \cdot 10^{-2}$
Пентахлорфенол	–	0,12
Мышьяк	–	0,75

«–» – нет данных

При поступлении канцерогена **с воздухом** среднесуточное поступление канцерогена (m), отнесенное к 1 кг массы тела человека, рассчитывается по формуле:

$$m = C \cdot V \cdot f \cdot T_p / (P \cdot T),$$

где C – концентрация канцерогена в воздухе (мг/м³); V – объем воздуха, поступающего через легкие в течение суток (м³/сут, считается, что взрослый человек вдыхает 20 м³ воздуха ежедневно); f – количество дней в году, в течение которых происходит воздействие канцерогена; T_p – количество лет, в течение которых происходит воздействие канцерогена; P – средняя масса тела взрослого человека, принимаемая равной 70 кг; T – усреднённое время воздействия канцерогена, в качестве которого принимается средняя продолжительность жизни человека, равная 70 годам (25 550 суток).

При поступлении канцерогена **с питьевой водой** среднесуточное поступление канцерогена (m) с водой на 1 кг массы тела человека определяется по формуле:

$$m = C \cdot v \cdot f \cdot T_p / (P \cdot T),$$

где C – концентрация канцерогена в питьевой воде (мг/л); v – скорость поступления воды в организм человека (л/сутки), для взрослого человека 2 л/сутки; T_p – количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемая питьевая вода; P – средняя масса тела взрослого человека, равная 70 кг; T – усреднённое время воздействия канцерогена, в качестве которого принимается средняя продолжительность жизни человека, равная 70 годам (25550 суток).

При поступлении канцерогена **с продуктами питания** среднесуточное поступление канцерогена с пищей (m), приведённое к 1 кг массы тела человека, вычисляют по формуле:

$$m = C \cdot M \cdot T_p / (P \cdot T),$$

где C – концентрация канцерогена в рассматриваемом пищевом продукте; M – количество продукта, потребляемого за один год; T_p – количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемый продукт; P – средняя масса тела взрослого человека, равная 70 кг; T – усреднённое время воздействия канцерогена, в качестве которого принимается средняя продолжительность жизни человека, равная 70 годам (25 550 суток).

После того как вычислено среднесуточное потребление канцерогена, приведённое к 1 кг массы тела, рассчитывают индивидуальный канцерогенный риск r по формуле:

$$r = m \cdot Fr,$$

где Fr – фактор риска, выражаемый в $(\text{мг/кг} \cdot \text{сут})^{-1}$, его значения приведены в табл. 5.

Если $r \leq 10^{-6}$, индивидуальный канцерогенный риск считается пренебрежимо малым. Верхний предел допустимого индивидуального канцерогенного риска принимается равным 10^{-4} .

Если $r > 10^{-4}$, индивидуальный риск считается недопустимым.

В случае воздействия нескольких канцерогенов полный риск выражается суммой отдельных рисков:

$$r_t = r_1 + r_2 + \dots$$

Коллективный канцерогенный риск R определяется формулами:

$$R = r \cdot N$$

$$R_t = r_t \cdot N,$$

где N – количество человек, подвергающихся данному риску.

3.6.3. Задачи на тему

«Оценка риска токсических эффектов загрязняющих веществ» [39]

Тема «Оценка риска угрозы здоровью
при воздействии пороговых токсикантов»

Задача 1. В одном из колодцев обнаружен тяжёлый металл – шестивалентный хром, причем его содержание в воде этого колодца в десять раз превысило значение ПДК хрома (VI) для питьевой воды (0,005 мг/л). Данным колодцем пользуются в течение 6 лет. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью.

<u>Дано:</u>	<u>Решение:</u>
ПДК (Cr^{6+}) = 0,005 мг/л	$m = C \cdot v \cdot f \cdot T_p / (P \cdot T)$ (мг/кг·сутки)
$C = 6\text{ПДК} = 6 \cdot 0,005 = 0,03$ мг/л	$m = \frac{0,03 \text{ мг/л} \cdot 2 \text{ л/сут} \cdot 365 \text{ сут/год} \cdot 6 \text{ лет}}{70 \text{ кг} \cdot 10\,950 \text{ сут}}$
$v = 2$ л/сут	$= 1,7 \cdot 10^{-4}$ (мг/кг·сутки)
$f = 365$ сут/год	
$T_p = 6$ лет	$HQ = m / H_D$
$P = 70$ кг	$HQ = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ (мг/кг·сутки)} / 5 \cdot 10^{-3}$
$T = 10\,950$ сут	$\text{(мг/кг·сутки)} = 0,034$
$H_D = 5 \cdot 10^{-3}$ мг/кг·сутки (находим по табл. 12)	$HQ < 1$ опасности нет. Риск очень мал, соединения хрома, содержащиеся в питьевой воде в данной концентрации не опасны для жизни людей.
HQ – ?	

Задача 2. В воду водоёма попала ртуть, в результате чего содержание этого элемента в тканях рыбы составляет 10 мг/кг. В течение двух лет в этом водоёме рыбак-любитель ловит рыбу и употребляет её в пищу. За эти два года он ел рыбу 80 раз, причём за один раз съедал в среднем 150 г. Пороговая мощность дозы ртути (в виде метилртути) при попадании в организм с пищей составляет $1 \cdot 10^{-4}$ мг/кг·сут. Вычислить риск угрозы здоровью.

Задача 3. В воде водохранилища обнаружен фенол с концентрацией, равной 3 мг/л. Водоохранилище является источником питьевого водоснабжения. Рассчитать риск угрозы здоровью человека, пьющего такую воду в течение трёх лет. Учесть, что ежегодно этот человек уезжает из этой местности в отпуск, в котором проводит в среднем 30 дней. Пороговая мощность дозы фенола при попадании в организм с водой составляет 0,6 мг/кг·сут.

Задача 4. Установлено, что в некоторой местности оказались загрязнёнными питьевая вода и выращенные здесь овощи. В воде присутствуют нефтепродукты, их содержание равно 5 мг/л, а в овощах – тетраэтилсвинец с содержанием 5 мкг/кг. Всего овощей в России потребляется в среднем 94 кг на душу населения в год. Человек выпивает в среднем 2 л воды в сутки. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек подвергается воздействию указанных токсикантов в течение трёх месяцев. Пороговая мощность дозы нефтепродуктов при попадании в организм с водой составляет 0,6 мг/кг·сут, а пороговая мощность дозы тетраэтилсвинца при попадании в организм с пищей со-

ставляет $1,2 \cdot 10^{-7}$ мг/кг·сут. Концентрация нефтепродуктов в воде $C_n = 5$ мг/л. Концентрация тетраэтилсвинца в овощах $C_T = 5$ мкг/кг = 0,005 мг/кг.

Задача 5. Считается, что в течение года житель России съедает в среднем 130,8 кг хлебопродуктов. Предположим, что в хлебопродуктах обнаружены нитраты с содержанием, равным 37 мг/кг. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью, если такими продуктами человек питается в течение одного года. Пороговая мощность дозы нитратов в пищевых продуктах составляет 1,6 мг/кг·сут.

Задача 6. За год взрослый житель России съедает в среднем 151 яйцо. Рассчитать риск угрозы здоровью при употреблении в пищу яиц в течение года, если яйца содержат хлор со средним содержанием 30 мг в одном яйце. Пороговая мощность дозы хлора в пищевых продуктах составляет 0,1 мг/кг·сут.

Задача 7. За год взрослый житель России съедает в среднем 124 кг картофеля. Рассчитать риск угрозы здоровью при употреблении в пищу картофеля в течение полугода, если он содержит тяжёлый металл – кадмий со средним содержанием, равным ПДК этого металла в картофеле и овощах, которая равна 0,03 мг/кг. Пороговая мощность дозы кадмия в пищевых продуктах составляет $H_D = 5 \cdot 10^{-4}$ мг/кг·сут.

*Тема «Оценка риска угрозы здоровью при воздействии
беспороговых токсикантов (нерадиоактивных канцерогенов)»*

Задача 8. В воздухе вблизи химического завода находится дихлорметан, концентрация которого составляет 12 мг/м³. На протяжении 10 лет таким воздухом дышит население, численность которого составляет 6 тыс. человек. Количество дней, в течение которых люди подвергаются канцерогенному риску, равно в среднем 300. Фактор риска при поступлении дихлорметана с воздухом равен $1,6 \cdot 10^{-3}$ (мг/кг·сут)⁻¹. Рассчитать значения индивидуального и коллективного канцерогенного рисков.

Задача 9. В ежегодный рацион жителя России входит в среднем 212,4 кг молочных продуктов. Предположим, что в молочных продуктах содержатся диоксины, и их концентрация равна значению ПДК для диоксинов в молоке ($5,2 \cdot 10^{-6}$ мг/кг). Пусть эти молочные продукты идут в пищу 100 человек на протяжении 2 лет. Фактор риска при поступлении диоксинов с продуктами питания равен $F_r = 1,6 \cdot 10^5$ (мг/кг·сут)⁻¹. Рассчитать индивидуальный и коллективные риски угрозы здоровью.

Задача 10. Рассчитать индивидуальный и коллективный риски угрозы здоровью для следующих условий. Содержание диоксинов в питьевой воде равно 10 ПДК этих веществ в воде, ПДК составляет $2 \cdot 10^{-8}$ мг/л. Время потребления такой воды группой в 1000 человек – 5 лет. Средняя частота потребления – 300 дней в год. Фактор риска при поступлении диоксинов с водой равен $1,6 \cdot 10^5$ (мг/кг·сут)⁻¹.

Задача 11. Рассчитать риск в виде количества дополнительных случаев онкологических заболеваний среди жителей поселка с населением в 10 тыс. человек в результате потребления воды с содержанием канцерогена – трихлорэтилена, равным 25 мкг/л. Такая вода потребляется в течение 30 лет, причем в

течение каждого года она потребляется в среднем в течение 300 дней. Фактор риска в данном случае равен $0,4 \text{ (мг/кг} \cdot \text{сут)}^{-1}$.

Задача 12. В воздухе некоторого промышленного предприятия обнаружен бензол с концентрацией, равной 15 мкг/м^3 . Рассчитать канцерогенный риск, которому подвергается рабочий при вдыхании бензола в течение полугода. Считается, что за рабочий день (на рабочем месте) человек вдыхает 10 м^3 воздуха. Количество рабочих дней в году – 250. Фактор риска при поступлении бензола с воздухом равен $5,5 \cdot 10^{-2} \text{ (мг/кг} \cdot \text{сут)}^{-1}$.

Задача 13. Процесс производства в одном из цехов завода связан с поступлением в воздух пыли, содержащей никель. Измерения показали, что концентрация никеля в воздухе в 6 раз превышает значение ПДК никеля в воздухе, которое равно $0,001 \text{ мг/м}^3$. Считается, что за рабочий день (на рабочем месте) человек вдыхает 10 м^3 воздуха. Рассчитать риск, которому подвергаются люди, работающие в этом цеху в течение 3 лет. Количество рабочих дней в году – 250. Фактор риска для никеля при его поступлении с воздухом равен $0,91 \text{ (мг/кг} \cdot \text{сут)}^{-1}$.

3.7. Управление риском

Полученная в ходе оценки риска характеристика риска является основой для принятия управленческих решений для минимизации отрицательных последствий факторов риска. При принятии решения учитываются политические, правовые, экономические и технические аспекты, т. е. выбор оптимального варианта является многокритериальным.

Управление риском – процесс идентификации, оценки, отбора и реализации совокупности действий, направленных на снижение риска.

Управление риском направлено на разработку и реализацию оптимальных программ деятельности, призванных эффективно реализовывать решения в области обеспечения безопасности.

Цель управления риском – поиск и принятие научно обоснованных, экономически эффективных мер, снижающих риск.

Эволюция управления риском

Люди управляют риском уже около четырех тысячелетий. В Древнем Египте, Вавилоне, Шумере были известны способы борьбы с накоплением в почве солей, токсичных для сельскохозяйственных растений. Техника удаления солей была примитивной (нередко соли просто собирали с поверхности орошаемой почвы), но она позволяла достаточно долго использовать легкозасоляющиеся почвы для выращивания различных культур. Этой же цели служило и регулярное промывание почв долины реки Нил паводковыми водами. Не менее 2000 лет многие европейские народы используют внесение в сельскохозяйственные почвы извести или мергелей для снижения токсического действия на растения накапливающихся кислот, токсичных соединений алюминия и марганца. Жители побережья Средиземного моря занимались опреснением морских вод путем фильтрации через почвенный слой.

В глубокой древности в таких городах, как Афины, Рим, Иерусалим, Александрия, канализационные стоки не сбрасывались в реки, а собирали в специальные отстойники и применяли для орошения полей, садов и огородов. Оставшийся в отстойниках осадок использовали в качестве удобрения.

Первым законодательным актом, нацеленным на снижение экологического риска, можно считать указ английского короля Эдуарда I, подписанный им в 1285 г. Указ запрещал сжигать в печах «мягкий» уголь, в котором содержалось большое количество загрязняющих воздух примесей. Императрица Елизавета (1741–1761) издала указ, которым запрещалось строить кожевенные, дегтярные и другие подобные заводы ближе, чем 100 вёрст от Москвы.

С целью предотвращения или уменьшения риска в настоящее время разрабатываются многочисленные и разнообразные документы, сферы действия которых могут ограничиваться каким-нибудь одним предприятием, а могут распространяться и на всю страну. В последние годы определилась тенденция регулировать экологический риск законодательным путем, причем на самых высоких уровнях.

Принципы управления риском

1. Принцип оптимизации соотношений выгоды и ущерба. Цель управления риском – стремление к повышению уровня благосостояния общества при обязательном условии: никакая практическая деятельность, направленная на реализацию цели, не может быть оправдана, если выгода от неё для общества в целом не превышает вызываемого ею ущерба (оправданность практической деятельности).

2. Принцип оптимизации защиты от опасности. Он направлен на решение задачи распределения ограниченных материальных ресурсов, на снижение риска от тех или иных видов опасности, воздействию которых может быть подвержен человек и окружающая среда. В процессе управления риском требуется определить такую величину затрат на меры безопасности в рассматриваемой деятельности, которая бы обеспечила максимально возможное увеличение средней ожидаемой продолжительности жизни человека в данной социально-экономической системе.

3. Принцип региональности. В управление риском должен быть включен весь совокупный спектр существующих в регионе опасностей, и вся информация о принимаемых решениях в этой области должна быть доступна самым широким слоям населения.

4. Принцип экологического императива. Экономика должна удовлетворять нужды и законные желания каждого человека и общества в целом в условиях повышения безопасности (повышения качества жизни и максимизации продолжительности жизни) при условии её соответствия экологическим возможностям биосферы.

Следствием принятых решений является реализация мероприятий по снижению риска: закрытие источников воздействий, обуславливающих высокий уровень риска, реабилитация территории, установление более жестких

нормативов антропогенных воздействий, санитарно-профилактические меры и т. п. Как правило, применяется целый ряд мер.

3.8. Зоны экологического риска, кризиса и катастрофы

3.8.1. Критерии оценки изменения природной среды

Выявление зон экологического неблагополучия на основании критериев проводится с целью определения источников и факторов ухудшения экологической обстановки и разработки обоснованной программы мер по стабилизации и снижению степени экологического неблагополучия на обследуемой территории. Оценка остроты проявления экологических проблем – сложная задача в силу отсутствия общепринятых критериев. Первая карта острых экологических ситуаций создана в конце 80-х гг. в Институте географии РАН. При её подготовке использовались следующие данные: загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение поверхностных вод, загрязнение морей, сведение лесов, деградация естественных комовых угодий, нарушение и утрата продуктивности земель, снижение рекреационных качеств ландшафтов и т. д.

Атмосферный воздух. Критические нагрузки – максимальные значения выпадений установлены для наземной растительности, лесных и водных экосистем (SO_2 , NO_2 , HF, O_3).

Критические уровни – максимальные значения концентраций установлены по веществам: SO_2 , NO_2 , O_3 , HF.

Водные объекты. Критерии загрязнения, деградации экосистем. Используются химические и биологические показатели (характеристика развития всех экологических групп водных организмов: фито-, зоопланктона, зообентоса, ихтиофауны). Критерий степени истощения: норма безвозвратного изъятия поверхностного стока.

Почва. Критерии физической деградации почв, химического и биологического загрязнения. Величины параметров установлены для показателей: площадь выведенных из сельскохозяйственного оборота земель; уничтожение гумусового горизонта; превышение уровня грунтовых вод; радиоактивное загрязнение; превышение ПДК химических веществ (с учётом классов опасности); снижение уровня активной микробной биомассы; фитотоксичность (по данным биотестирования).

Растительность. Критерии нарушенности: уменьшение биоразнообразия; уменьшение плотности популяции видов индикаторов; уменьшение площади коренных ассоциаций; лесистость, запас древесины основных лесобразующих пород; повреждение древостоев техногенными выбросами; площадь посевов, поврежденных вредителями; изменения ареалов редких видов.

Животный мир. Включает показатели на уровне зооценоза и отдельных видов и популяций: уменьшение биоразнообразия; уменьшение плотности популяции видов индикаторов.

Все перечисленные критерии являются *статистическими* – они не отражают динамики развития состояния экосистем.

Предлагается наряду со статистическими использовать *динамические критерии*:

- Уменьшение биоразнообразия, биопродуктивности.
- Расширение площади нарушенных земель.
- Скорость нарастания негативных изменений природной среды. Условием получения надёжных результатов является продолжительность наблюдений 8–20 лет. По данному критерию выделяют 4 класса динамизма экосистем:

1. Стабильные и слабодинамичные со скоростью изменений менее 0,5% площади в год.

2. Умеренно динамичные – со скоростью изменений 1–2% (полная смена их происходит за 50–100 лет).

3. Средне динамичные – со скоростью изменений 2–3% в год (полная смена их происходит за 30–50 лет).

4. Сильно динамичные – со скоростью изменений 3–4% в год (полная смена их происходит менее чем за 25 лет). Этот класс соответствует экологическому кризису.

Таким образом, для оценки экологической обстановки территорий используется большое количество показателей, которые можно разделить на 3 группы: санитарно-гигиенические, природно-ресурсные и ценности ландшафтов.

3.8.2. Классификация территорий по степени экологического неблагополучия

I. Зоны экологического риска – места на поверхности суши и в акваториях Мирового океана, где хозяйственная деятельность человека может создать опасные экологические ситуации.

II. Территории с крайними проявлениями экологической проблемы.

1. Экологический кризис (зона чрезвычайной экологической ситуации). Состояние природных систем глубоко трансформировано, резкое ухудшение качества окружающей среды, серьёзное влияние на здоровье населения. Ситуация обратимая, но требующая значительных затрат на восстановление функционирования природных систем.

2. Экологическая катастрофа (зона экологического бедствия). Характеризуется глубокими необратимыми изменениями экосистем, уничтожением видов живых организмов, разрушением биоты, утратой её способности регулировать качество окружающей среды.

3.8.3. Экологический кризис

Экологический кризис – напряжённое состояние взаимоотношений общества и природы, характеризующееся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений ресурсно-экологическим возможностям биосферы.

Зоны экологического кризиса (чрезвычайной экологической ситуации) – территории, на которых в результате воздействия негативных антропогенных факторов происходят устойчивые отрицательные изменения окружаю-

щей природной среды, угрожающие здоровью населения, состоянию, естественных экосистем, генофонду растений и животных.

История человечества пестрит экологическими кризисами:

1. Кризис обеднения ресурсов промысла и собирательства (35–50 тыс. лет назад. Выход найден в биотехнической революции (использование огня для омоложения биоценозов). Человек на стадии охотничье-собирательского хозяйства зависел от природных источников пищи. Для относительно сытого существования требовались огромные угодья, например, территория нынешней Франции могла прокормить не более 20 тыс. человек. Хозяйственная деятельность человека привела к обеднению ресурсов промысла и собирательства.

2. Первый антропогенный кризис (консументов) – вызван перепромыслом. Причина кризиса – истребление охотниками крупных млекопитающих средних широт – мамонтов, шерстистых носорогов, пещерных медведей и др. Выход найден в неолитической революции за счёт перехода от собирательства к производству продуктов питания (10 тыс. лет назад).

3. Кризис поливного земледелия и засоления почв вызвал переход к неполивному земледелию и освоению неполивных земель (2–7 тыс. лет назад). Первые земледельческие цивилизации возникли в районах недостаточного увлажнения или с резкими сезонными колебаниями увлажнения, что привело уже на их ранних этапах к созданию оросительных систем. Археологические раскопки показывают, что ещё до нашей эры это вызывало локальные экологические катастрофы в бассейнах Нила, Ганга, Хуанхэ, Сырдарьи, Тигра и Евфрата, приводившие к ослаблению или даже гибели государств в результате эрозии и засоления почв.

4. Экологический кризис нехватки растительных ресурсов, вызванный бурным ростом промышленности в XVIII в. Для достижения более устойчивых урожаев земледелие продвигалось на территории достаточного увлажнения, т. е. в зоны лесостепей и лесов, в результате чего началась массовая рубка лесов. Сведение лесов, которые заменялись агроценозами, резко сокращало влагооборот, что способствовало увеличению площади пустынь. По некоторым оценкам, лесистость суши на нашей планете сократилась с 50–60% 10 тыс. лет назад, до 30–40% 100 лет назад. В настоящее время лесистость составляет 23–30% суши, что примерно соответствует площади пустынь.

5. Современный экологический кризис (кризис редуцентов (загрязнения) и угрозы нехватки минеральных ресурсов; глобальный термодинамический (тепловой) кризис; глобальный кризис надёжности экологических систем).

Особенности современного экологического кризиса

1. Кризис носит системный характер, он затрагивает все стороны жизнедеятельности общества и тесно связан с глобальными экологическими проблемами.

2. Кризис проявляется в глобальном масштабе и впервые ставит вопрос о выживании человечества.

Причины экологического кризиса

1. Ослабление природных механизмов, регулирующих масштабы и направленность деятельности людей на социальном уровне их организации.
2. Переход в неолите к производственно-некоэволюционному способу взаимоотношений общества и природы.
3. Несоответствие социальных институтов, культуры физическим пределам биосферы.

Последствия экологического кризиса

1. Превращение науки в руководящий документ развития, осознание ведущей роли объективного научного знания.
2. Осознание переходности современной эпохи, когда дальнейшее социальное развитие возможно лишь при условии коэволюции человека и природы. Важнейшим условием его достижения является система запретов и ограничений в социально-экологических отношениях, обязательных для всех людей и их общностей, – т. е. экологического императива.
3. Экологизация всех сторон жизни общества с целью снижения нагрузки на окружающую среду, в первую очередь путем регулирования (снижения) численности населения.
4. Необходимость радикальной перестройки всех надстроечных институтов, пересмотр системы ценностей и потребностей общества. Формирование нравственного императива, направленного на закрепление норм и правил поведения людей, исключающих переход через запретные (границные) линии воздействия на природу.

Зоны экологического кризиса

В России к таким зонам относятся районы Северного Прикаспия, Байкала, Кольского полуострова, рекреационные зоны Черного и Азовского морей, промышленная зона Урала.

3.8.4. Экологическая катастрофа (экологическое бедствие)

Экологическая катастрофа (от греч. *katastrophe* – переворот) – труднообратимое за длительное время очень неблагоприятное явление, приводящее к упадку экономического развития, впредь до воссоздания благоприятной природной среды.

Экологическая катастрофа приводит к полному разрушению экологического равновесия в природных системах.

Зона экологического бедствия – участок, где в результате хозяйственной или иной деятельности произошли необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного равновесия, разрушение экологических систем, деградацию флоры и фауны.

Сравнительная характеристика зон экологического кризиса и катастрофы представлена в табл. 18.

Сравнительная характеристика территорий
с крайними проявлениями экологической проблемы

Наименование показателей	Экологический кризис (зона чрезвычайной экологической ситуации)	Экологическая катастрофа (зона экологического неблагополучия)
Окружающая природная среда	Устойчивые отрицательные изменения	Глубокие необратимые изменения
Здоровье населения	Угроза здоровью	Существенное ухудшение здоровья
Естественные экосистемы	Устойчивые отрицательные изменения состояния экосистем (уменьшение видового разнообразия, исчезновение видов, нарушение генофонда)	Разрушение экосистем (нарушение природного равновесия, деградация флоры и фауны, потеря генофонда)

В России зоны экологической катастрофы (экологического бедствия) – зоны влияния аварии на Чернобыльской АЭС, Кузбасс, степные районы Калмыкии. В ближайшем зарубежье наиболее опасной экологической зоной являются Арал и Приаралье.

3.9. Экологические проблемы в России [40]

По предварительным подсчетам, в пределах России наиболее неблагоприятные экологические ситуации (острые и очень острые) в последние годы отмечались на площади около 2,5 млн км² (15% всей территории). С учетом деградированных пастбищ эта величина может достигать 18–20%.

В табл. 19 приведена краткая характеристика **региональных экологических проблем**, существующих в тех регионах где острая экологическая ситуация в целом. В пределах России насчитывается более десятка таких регионов, включая также приграничные ареалы – зоны аварии Чернобыльской АЭС, Северный Прикаспий и прибрежные зоны Черного и Азовского морей.

Регионы с очень острой экологической ситуацией

Регион	Экологические проблемы, вызванные антропогенным воздействием
Кольский полуостров	Нарушение земель горными разработками, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение атмосферы, деградация лесных массивов и естественных кормовых угодий, нарушение режима особо охраняемых природных территорий

Московский район	Загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод, суши, утрата продуктивных земель, загрязнение почв, деградация лесных массивов
Северный Прикаспий	Нарушение земель разработкой месторождений нефти и газа, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение морей, истощение рыбных ресурсов, вторичное засоление и дефляция почв, загрязнение атмосферы, нарушение режима особо охраняемых территорий
Среднее Поволжье и Прикамье	Истощение и загрязнение вод суши, нарушение земель горными разработками, эрозия почв, оврагообразование, загрязнение атмосферы, обезлесение, деградация лесных массивов
Промышленная зона Урала	Нарушение земель горными разработками, загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение почв, утрата продуктивных земель, деградация лесных массивов
Нефтегазопромысловые районы Западной Сибири	Нарушение земель разработкой месторождений нефти и газа, загрязнение почв, деградация оленьих пастбищ, истощение рыбных ресурсов и промысловой фауны, нарушение режима особо охраняемых территорий
Кузнецкий бассейн	Нарушение земель горными разработками, загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение почв, утрата продуктивных земель, дефляция почв
Районы оз. Байкал	Нарушение земель горными разработками, загрязнение воздуха и вод, нарушение мерзлотного режима почвой грунтов, нарушение режима охраняемых лесов, снижение природно-рекреационных качеств ландшафта
Норильский промышленный район	Нарушение земель горными разработками, загрязнение воздуха и вод, нарушение мерзлотного режима почвой грунтов, нарушение режима охраняемых лесов, снижение природно-рекреационных качеств ландшафта
Калмыкия. Новая Земля. Зона влияния аварии на Чернобыльской АЭС. Рекреационные зоны побережья Черного и Азовского морей	Деградация естественных кормовых угодий, дефляция почв. Радиоактивное загрязнение. Радиационное поражение территории, загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение почв. Истощение и загрязнение вод суши, загрязнение морей и атмосферы, снижение и потери природно-рекреационных качеств ландшафта, нарушение режима особо охраняемых территорий

В большинстве **регионов** на первом месте остается проблема загрязнения природной среды, угрожающая здоровью населения крупных промышленных центров.

В промышленной зоне **Кольского полуострова** острая экологическая ситуация сложилась вследствие высокой чувствительности северных экосистем к техногенным воздействиям, особенно к кислотным осадкам, образующимся в результате выбросов от предприятий цветной металлургии.

Концентрация обрабатывающих и перерабатывающих отраслей, высокая урбанизация и наибольшая в России плотность заселения **Волжско-Окского междуречья** предопределили формирование ареала загрязнения природной среды с «пиком» в Москве и кольцом окружающих ее промышленных центров. По уровню загрязнения **Московский регион** стоит в одном ряду с **Уралом и Кузбассом**. Источниками загрязнения, кроме промышленности, являются автотранспорт и сельское хозяйство.

Острая экологическая и санитарно-гигиеническая обстановка в **Северном Прикаспии** обусловлена деятельностью Астраханского газового комплекса, приведшей к загрязнению атмосферы и вод, ухудшению режима Волго-Ахтубинской поймы. В результате, здесь отмечаются рост заболеваемости населения, особенно детей и уменьшение рыбных запасов.

Экологическая ситуация в **Среднем Поволжье** определяется прежде всего высокой концентрацией нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Волга и Кама, водный режим которых трансформирован каскадом водохранилищ, активно используются и загрязняются цепью крупных промышленных узлов от Нижнего Новгорода до Тольятти. Воздушный бассейн этих промышленных центров также имеет высокую степень загрязнения.

Уральский регион характеризуется очень высоким уровнем загрязнения воздуха и водной среды. Так, на Среднем Урале, где особенно развиты нефтепромышленные комплексы (ареал **Екатеринбург – Нижний Тагил** площадью около 40 тыс. км², наблюдаются повышение уровня заболеваемости сердечно-сосудистыми и онкологическими заболеваниями, расширение очагов опасного загрязнения вод Камы Соликамским химическим комбинатом, усыхание лесов под влиянием местных кислотных дождей.

На **Южном Урале** объем вредных выбросов в 2 раза больше, чем на Среднем Урале, и составляет 5–5,5 млн т/год. В результате этого здесь складывается наиболее острая экологическая ситуация. Все основные промышленные узлы Южного Урала относятся к числу самых экологически напряженных в стране, выделяясь также повышенным уровнем заболеваемости, бедственным состоянием водоснабжения и загрязнением территории. Общая крайне неблагоприятная экологическая ситуация обострена радиоактивным загрязнением в районе **Челябинска** и негативными последствиями экстенсивного земледелия в сухостепной зоне. Нефтегазопромысловые предприятия **Западной Сибири**, сосредоточенные в основном в Обско-Иртышском регионе, для которого характерно лесопромышленное освоение, разрушили природно-ресурсную основу традиционной хозяйственной деятельности и среду обитания коренного населения. По оценкам специалистов, площади промысловых угодий, нарушенных по различным причинам, составляют десятки и сотни миллионов гектаров. Загрязнение Оби промышленными и коммунальными стоками в условиях слабой

ассимиляционной способности северных рек сокращает рыбные ресурсы. Леса в основных районах заготовок существенно истощены и замещаются мелколиственными породами. В этом регионе приоритетной является проблема согласования нефтегазопромысловой деятельности с природоохранительной, ориентированной на сохранение природных экосистем Севера и ресурсной основы промыслового хозяйства.

Кризисное состояние природной среды на территории Кузнецкого бассейна обусловлено высокой концентрацией базовых отраслей промышленности, где наращивание мощностей проводилось без должного учета санитарно-гигиенических требований. Ситуация усугубляется метеорологическими условиями – частыми штилями и инверсиями, препятствующими рассеиванию вредных примесей в приземном слое.

В районе оз. **Байкал** в результате влияния на него хозяйственной деятельности предприятий, расположенных на прилегающих к нему территориях, создалось критическое положение. Высокая концентрация экологически «грязных» базовых отраслей и предопределила загрязнение воздушного и водного бассейнов, сведение лесов в прибайкальской зоне и ухудшение их качества. В условиях холодного климата и горного рельефа выбросы и стоки вредных веществ, слабо ассимилируясь, образуют шлейфы загрязнений (до 200–400 км) и очаги долго сохраняющихся загрязнений у их источников. Сохранение Байкальского резервуара чистой воды – главная комплексная проблема региона.

Ареал вокруг **Норильска** по остроте экологической ситуации сопоставим с Уралом и Кузбассом. Выбросы в атмосферу одного только диоксида серы АО «Норильский никель» ежегодно составляет около 2–2,5 млн т (23–28% выбросов этого газа по стране). Поражение лесов, тундры, разрушение ландшафта и загрязнение вод – это далеко не полный перечень деятельности комбината в загрязнении окружающей среды.

На экологическую ситуацию в России большое влияние оказывает состояние окружающей среды сопредельных государств. В свою очередь, антропогенные источники загрязнения на территории России воздействуют на экологическую обстановку в этих странах.

В *Кировской области* можно выделить зоны экологического риска, которые расположены вблизи потенциально опасных техногенных объектов. К таким объектам относят источники опасных воздействий: предприятия, транспорт, гидротехнические сооружения и т. д. К зонам экологического риска можно отнести города и населенные пункты, в которых находятся потенциальные источники опасности. Следует иметь в виду, что опасности, могут реализоваться, а могут и не реализоваться. Большинство промышленных объектов проектируется таким образом, чтобы вероятность аварий была ничтожно мала. В Кировской области территорий с кризисным состоянием окружающей среды, где бы проживало населения, нет. Вблизи крупнейших промышленных предприятий, потенциальных источников опасности, существуют санитарно-защитные зоны, где проживание людей запрещено.

Задания:

1. Дайте определение экологического риска.
2. Выделите основные различия между понятиями «природный риск» и «экологический риск».
3. Дайте определение приемлемого экологического риска.
4. Опишите процедуру управления экологическим риском.
5. Раскройте суть зависимости здоровья населения от качества окружающей среды.
6. Приведите примеры зон экологического риска и кризиса на территории России.
7. Охарактеризуйте экологические кризисы в истории человечества.

Библиографический список

1. Шапхаев С. // Экологическое образование. 2011. № 3. С. 47–52.
2. Экологическое образование: до школы, в школе, вне школы. 2011. № 3 (48), С. 56.
3. Природа Кировской области / под ред. М. А. Пахомова, А. Г. Шурыгиной, Киров, 1999.
4. Соловьев А.Н. Энциклопедия земли Вятской // Природа. Т. 7. С. 166–174.
5. Кировская правда. 1950. 9 марта. С. 4.
6. Грехов Л. Кировская правда. 1970. 14 марта. С. 4.
7. Памятная книга и календарь Вятской губернии на 1901 год. С. 182–183.
8. Кировская правда. 1984. 8 сент. С. 4.
9. Кировская правда. 1961. 8 дек. С. 4.
10. Кировская правда. 1951. 11 дек. С. 4.
11. Казанский вестник. 1825. С. 79.
12. Фенологический бюллетень. 1930. № 1–9. Вятка, 1930.
13. Богаткин О.Г., Саликова С.Н., Данилова Е.М., Тараканов Г.Г. Информация / Погода и человек. <http://cgms.ru/36/text/index.php?id=3&t=2>
14. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М., 2008. 28 с.
15. Соловьёв А.Н. Сезонные наблюдения в природе. Программа и методика регионального фенологического мониторинга. Киров, 2005. 94 с.
16. Шульц Г.Э. Общая фенология. Л.: Наука, 1981. 186 с.
17. Алалыкина Н.М., Ашихмина Т.Я., Кондакова Л.В. Фенология и региональный экологический мониторинг: учебно-методическое пособие к занятиям (элективный курс для студентов и школьников). Сыктывкар, 2004. 94 с.
18. Шернин А.И. Программа фенологических наблюдений Кировской области. Киров, 1982. 23 с.
19. Батманов В.А. Фенологические наблюдения в походе. Свердловск, 1961. 48 с.
20. Попов Н.В. Фенологические наблюдения в школе: пособие для учителей средней школы. М.: Учпедгиз, 1950. 203 с.
21. Природа, хозяйство, экология Кировской области: сб. статей. Киров, 1996. 592 с.
22. Фенологические наблюдения (организация, проведение, обработка). Унифицированное руководство для добровольной фенологической сети. Л.: Наука, 1982. 223 с.
23. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Экология и устойчивое развитие республики Башкортостан: учебное пособие. Уфа, 2010.
24. Современные тенденции развития энергетики // Биология в школе. 2011. № 3, 4.

25. Большая энциклопедия эрудита. М.: Махаон, 2004.
26. Урок «Биодизель – топливо будущего или экологическая проблема»
// Биология в школе. 2007. № 3.
27. Степановских А. С. Прикладная экология. М., 2005
28. Шустова Л. В., Шустов С. Б. Химические аспекты экологии. М., 2003
29. Романова К.А., Хорева Г.А. Охрана природы. Начни с себя (эколого-экономические аспекты коммунальной реформы): информационно-учебное пособие. Н. Новгород, 2002. 52 с.
30. <http://www.mensh.ru>.
31. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
32. Акимова Т.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В. Экология. Природа – Человек – Техника. М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2007. 510 с.
33. Башкин В.Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование. М.: Высш. шк., 2007. 360 с.
34. Ваганов П.А. Экологический риск: учебное пособие. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2009. 116 с.
35. Ваганов П.А., Ман-Сунг Им. Экологически риски. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2001. 152 с.
36. Меньшиков, В. В., Швыряев А. А. Опасные химические объекты и техногенный риск. М.: МГУ, 2008. 254 с.
37. Огородникова С. Ю. Техногенные системы и экологический риск: учебное пособие. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2009. 98 с.
38. Сынзыныс Б. И., Тянтова Е. Н. , Мелехова О. П. Экологический риск: учебное пособие для вузов. М.: Логос, 2006. 168 с.
39. Ваганов П.А. Как рассчитать риск угрозы здоровью из-за загрязнения окружающей среды: задачи с решениями. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2008. 129 с.
40. <http://www.austel.ru/ekologi/regionalproblem.html>

Учебное издание

**Огородникова Светлана Юрьевна,
Попцова Людмила Михайловна,
Алалыкина Нина Максимовна
Серия тематических сборников и DVD-дисков
«Экологическая мозаика»
Сборник 8. Климат. Фенология. Экологический риск**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Т.Н. Котельникова*
Технический редактор *С.Н. Тимофеева*

Фото на посл. стр. обложки Соколова М.Б.
«Скала Часовой. Заказник «Пижемский»

Подписано в печать 10.12.12.
Формат 60×84 1/16.
Гарнитура «Times New Roman».
Бумага офсетная. Усл. п. л. 6,0.
Заказ № 525/12.

Отпечатано в ООО «Типография “Старая Вятка”»
610004, г. Киров, ул. Р. Люксембург, 30, т. 65-36-77.

10 октября – Всемирный День Действий в защиту климата

По всему миру ходит множество акций в защиту окружающей среды. В 2009 г. большинство акций были сконцентрированы на цифре 350 – именно это число равно количеству частиц на миллион – уровню, определенному учеными как последний безопасный предел концентрации CO_2 в атмосфере Земли. Их целью является обращение к правительствам разных стран снизить уровень углекислого газа в атмосфере с 390 частей на миллион до 350.



Акция Greenpeace
в Международный
день защиты
климата.

Фото:

<http://www.greenpeace.org>



Акции, которые проводятся в России в Международный день защиты климата

– Кампания «Спасём 100 деревьев!» – сбор и сдача в переработку 10 тонн бумажных отходов.

– Уборка природных территорий с отдельным сбором и вывозом во вторичную переработку пластика, алюминия, стекла.

– Серия тематических Really Free Market на 3-х творческих площадках Москвы и многие другие.

– Акция 100% НеПакет – дизайнерские мастер-классы по росписи экосумок и фуросики.

Фуросики, фуросики (furoshiki) – это квадратный кусок материи для упаковки подарков и переноски предметов. Это альтернатива многоразовым пакетам при походе за продуктами. Это еще и экологичная упаковка, в том числе для подарков. Тогда фуросики становятся неотъемлемой частью самого презента.

Варианты использования фуросики:

Упаковка подарков



Разнообразные сумки



Погодные явления



Северное сияние



Гроза

Метеоявления



Метеостанция





ISBN 978-5-91061-309-0



9 785910 613090