

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова
Кафедра ботаники и микробиологии

М. А. Борисова

И. Н. Волкова

О. А. Маракаев

Мониторинг растительно-почвенного покрова

Учебно-методическое пособие

Ярославль
ЯрГУ
2020

УДК 631.4(075.8)
ББК Е58я73
Б82

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2020 года*

Рецензент
кафедра ботаники и микробиологии ЯрГУ

Борисова, Марина Анатольевна.

Б82 Мониторинг растительно-почвенного покрова : учебно-методическое пособие / М. А. Борисова, И. Н. Волкова, О. А. Маракаев ; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. — Ярославль : ЯрГУ, 2020. — 52 с.

Издание содержит актуальные сведения об организации и проведении мониторинга растительно-почвенного покрова. Раскрывается мониторинг растительного покрова фоновых территорий, производственный мониторинг растительного покрова, зеленых насаждений городов. Приведено описание видов, показателей и объектов почвенного экологического мониторинга, подходов к выбору тестовых участков при контроле состояния загрязненных почв и принципов мониторинга городских почв.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Мониторинг растительно-почвенного покрова».

УДК 631.4(075.8)
ББК Е58я73

© ЯрГУ, 2020

Введение

Растительность и почвенный покров являются единым экосистемным комплексом, отвечающим за важнейшие составляющие круговорота органических веществ в биосфере, их аккумуляцию и трансформацию. Растения — основные продуценты на Земле, которые достаточно быстро и дифференцированно реагируют на изменения условий окружающей среды. Почва выступает как среда, предоставляющая возможности для минерального питания автотрофов и место для жизни всей совокупности гетеротрофных организмов, отвечающих за деструкционные процессы. Именно в почве смыкаются потоки веществ, формирующих биогеохимический круговорот. Почва, в отличие от воздуха и воды, является депонирующей средой, долговременно сохраняющей последствия физических и химических воздействий. Эти особенности растительно-почвенного покрова позволяют выделять его из биосферы как особое звено взаимодействий и использовать в мониторинге природной среды в качестве самостоятельной составляющей.

Мониторинг — система регулярных длительных наблюдений в пространстве и во времени, дающих информацию о состоянии окружающей среды и его оценку. Многообразие объектов, составляющих биосферу, потребовало разделения наблюдений по объектам (воздух, вода, почва, биота), по методам ведения (биологический — с использованием организмов-индикаторов и биологических тестов; дистанционный — авиационный, космический), по масштабам обобщения (глобальный, национальный, региональный, локальный).

Решение задач мониторинга включает:

- наблюдение за состоянием природных компонентов и факторов, изменяющих их состояние;
- оценку изменений, появляющихся в результате деятельности человека;
- прогнозирование изменений окружающей среды, являющихся результатом антропогенной деятельности;

– разработку мероприятий по регулированию качества окружающей среды (управленческие решения).

Общие положения мониторинга отдельных сред к настоящему времени достаточно подробно разработаны и служат методологической основой мониторинговых наблюдений. Однако они могут довольно существенно различаться по подходам (антропоцентрический, экоцентрический) и методам, определяемым с учетом специфики объекта наблюдения.

Целью мониторинга растительно-почвенного покрова являются наблюдения за растительным и почвенным покровом в пространстве и во времени, дающие информацию об их состоянии с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза изменения в будущем.

Основанием для проведения мониторинга растительно-почвенного покрова могут быть требования по выполнению определенных обязательств для фактического изучения конкретного земельного участка, вида угодий, в связи с заключением договорных отношений и др. Как правило, эти исследования необходимы при проведении природоохранного проектирования (разработка перечня мероприятий по охране окружающей среды, оценка воздействия на окружающую среду, разработка санитарно-защитных зон), проектирования строительства жилых и промышленных объектов, консалтинговой и научной деятельности (разработка стратегий и планов действий, эколого-экономическая оценка, организация экспертных оценок, измерение и оценка экологических рисков и рисков здоровью населения) и др.

Задачи мониторинга растительно-почвенного покрова определяются заказчиком в техническом задании на проведение научно-исследовательской работы. Оно содержит основные сведения об объекте, необходимые для составления программы работ; основные требования к материалам и результатам исследований; данные о местоположении и границах площадки (площадок); требования к материалам и результатам научной работы (состав, сроки, порядок представления результатов, вид и форматы материалов). На этой основе разрабатывается программа исследований, которая включает:

– общие сведения — наименование объекта-участка; его местоположение; границы исследования; его цели и задачи; краткую характеристику природных и техногенных условий района работ;

– оценку изученности территории — описание исходных материалов и данных, имеющихся в наличии, краткую физико-географическую характеристику района;

– состав и виды работ, описание организации их выполнения — обоснование состава и объемов работ, методов и технологий их выполнения, применяемых приборов и оборудования, включая программное обеспечение; последовательность выполнения видов работ; организацию выполнения полевых и камеральных работ и др.

Организация мониторинга растительно-почвенного покрова осуществляется с учетом специфики природной зоны и степени урбанизированности территории.

1. Мониторинг растительного покрова

Мониторинг растительного покрова (или ботанический мониторинг) — система наблюдений за состоянием объектов растительного мира и среды их произрастания, а также оценки и прогноза изменений под влиянием антропогенных факторов на фоне естественных процессов в целях сохранения биологического разнообразия, обеспечения устойчивого состояния экосистем на разных уровнях их организации и рационального использования растительных ресурсов. Это один из главных методов изучения динамики растительного покрова под воздействием естественных и антропогенных факторов (Галанин, 2003), который позволяет выявить не только сукцессии, или демутационные смены в растительном покрове, но и необратимые ациклические и необратимые циклические изменения, связанные с ациклическими и ациклическими изменениями среды.

Цель организации и проведения мониторинга растительного покрова — обеспечение государственных органов, заинтересованных юридических лиц и граждан информацией для принятия управленческих, проектных и технологических решений в области сохранения биологического разнообразия, рационального использования растительных ресурсов и поддержания качества окружающей среды.

Задачи мониторинга растительного покрова:

- оценка текущего состояния объектов растительного мира на конкретной территории (федерального, регионального, локального уровней);
- оценка качества среды и степени экологической безопасности на основе методов фитоиндикации;
- получение, хранение и накопление информации о текущем состоянии объектов растительного мира и среды их произрастания, прогноз их развития и изменения;
- информационное обеспечение для принятия управленческих решений в области сохранения биологического разнообразия, рационального использования растительных ресурсов и охраны окружающей среды.

Мониторинг растительного покрова проводится на землях всех категорий, на которых в естественной среде произрастают растения, образованные ими популяции, растительные сообщества или насаждения.

Объектами наблюдений в зависимости от направлений мониторинга растительного покрова являются:

- флора, как исторически сложившаяся совокупность видов (включая и таксоны более низкого ранга — подвиды, формы) растений определенной территории;

- совокупность растительных сообществ и среда их произрастания на модельных территориях разного масштаба или участках одного типа растительности (лесной, луговой, болотной) — в рамках мониторинга лесной, луговой, болотной растительности;

- мониторинг насаждений, используемых в защитных целях, за пределами лесного фонда;

- растительные сообщества водоемов, водотоков и среда их произрастания — в рамках мониторинга водной растительности;

- популяции охраняемых видов растений, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и региональные Красные книги, а также среда их произрастания — в рамках мониторинга охраняемых видов растений;

- популяции и ресурсы кормовых, пищевых, лекарственных, технических и других дикорастущих хозяйственно ценных видов растений, а также среда их произрастания — в рамках мониторинга ресурсообразующих видов растений;

- популяции инвазионных видов растений, создающих угрозу жизни или здоровью граждан, сохранению биологического разнообразия, причиняющих вред отдельным отраслям экономики, а также среда их произрастания — в рамках мониторинга инвазионных видов растений;

- древесно-кустарниковые насаждения, используемые в защитных целях (за пределами земель лесного фонда и земель населенных пунктов) и среда их произрастания — в рамках мониторинга защитных древесных насаждений;

- насаждения на землях населенных пунктов и среда их произрастания — в рамках мониторинга зеленых насаждений на землях населенных пунктов;

- растительность (растительный покров) в районах размещения промышленных объектов, месторождений полезных ископаемых — в рамках производственного мониторинга растительности.

Наблюдения за состоянием растительного покрова проводятся на постоянных (стационарных) пунктах наблюдения, ключевых

участках, мониторинговых маршрутах, соответствующим образом оборудованных, обозначенных на местности и включенных в установленном порядке в Государственный реестр пунктов наблюдения национальной системы мониторинга окружающей среды РФ.

В настоящее время в мониторинге растительного покрова широко используются беспилотные авиационные системы (квадрокоптеры, дроны и др.). Это объясняется простотой их эксплуатации, экономичностью, невысокой стоимостью и оперативностью получения аэрофотоснимков (Ковязин и др., 2016). Известно, что аэро съемка как вид дистанционного зондирования земли является наиболее производительным методом сбора информации для мониторинговых, кадастровых и землеустроительных работ. Использование беспилотных авиационных систем позволяет оперативно и с низкими затратами получать информацию о показателях растительности — видовом разнообразии, густоте насаждений, запасе древостоя, площади территории и др.

Экологическая информация, полученная в результате проведения мониторинга растительного покрова, должна включать обобщенные данные:

- о динамике разнообразия растительного покрова на пунктах наблюдения;
- ежегодных запасах ресурсообразующих (кормовых, пищевых, лекарственных, технических и других хозяйственно ценных) видов растений;
- динамике численности и состоянии популяций видов растений, включенных в Красную книгу Российской Федерации и региональные Красные книги;
- динамике численности и состоянии популяций видов инвазивных растений, создающих угрозу жизни или здоровью граждан, сохранению биологического разнообразия, причинения вреда отдельным отраслям экономики;
- динамике состояния насаждений на землях населенных пунктов;
- состоянии насаждений, используемых в защитных целях, за пределами лесного фонда;
- состоянии среды произрастания растительного покрова.

Кроме того, в результате мониторинга должна быть дана обобщенная оценка и прогноз изменения состояния растительного покрова и среды его произрастания.

Мониторинг растительного покрова должен проводиться на разных уровнях в соответствии с хорологической (пространственной) дифференциацией биосферных систем. В зависимости от задач и широты географического охвата различают уровни мониторинга — федеральный, региональный, субрегиональный (ландшафтный) и локальный.

На федеральном и региональном уровнях мониторинг растительного покрова (прежде всего лесных экосистем) проводится по материалам аэро- и космических съемок, данным периодического лесоустройства. При этом он ведется по различным аспектам состояния и использования лесов, данным о лесных пожарах, повреждениях лесов насекомыми и др. Специалистами по изучению и сохранению лесов определен следующий набор показателей (индикаторов) биологического разнообразия для лесных экосистем:

- состав древесных видов — площади лесных земель, классифицированных по числу древесных видов и по типу леса (присутствие вида «засчитывается», если его участие в составе древостоя более 5 %);

- возобновление — площади возобновления внутри одновозрастных и разновозрастных массивов, классифицированных по типу возобновления (естественные, естественные с посадками, культуры, порослевые);

- естественность — площади лесных земель, классифицированных по типам леса и по категориям (не нарушенные человеком, квазиестественные, лесные культуры);

- интродуцированные древесные виды — площади лесных земель с доминирующими интродуцированными древесными видами (более 50 % участия в составе древостоя);

- сухостой и валеж — объем сухостоя и валежа на лесных землях, классифицированных по типам леса (рекомендуется учитывать сухостой и валеж размером более 2 метров в длину и более 10 см в диаметре);

- генетические ресурсы — площадь, отведенная под сохранение генетически ценных лесных ресурсов (сохранение генов *in situ* и *ex situ*), и площадь, отведенная под производство семян;

- ландшафтная мозаика — пространственная мозаика лесного покрова на ландшафтном уровне;

– охраняемые виды — число лесных видов, находящихся под охраной, по категориям Международного союза охраны природы относительно общего числа лесных видов;

– охраняемые леса — площади лесных земель, находящихся под охраной с целью сохранения биоразнообразия, ландшафтов и специфических природных элементов.

В нашей стране мониторинг лесного разнообразия на федеральном и региональном уровнях включает структурные, композиционные и функциональные показатели (Мониторинг..., 2008).

Структурные показатели:

– общая лесистость территории — общая площадь (га) и доля (%) современной лесопокрытой площади к общей площади;

– сукцессионное разнообразие лесов — доля (%) по площади крупных (от 50 тыс. га) лесных массивов от всей лесопокрытой территории; доля молодняков (40 и менее лет) в лесном массиве; доля производных лесов (с доминированием пионерных видов деревьев);

– фрагментация лесного массива (отношение площади конкретного лесного массива к его общей площади; средняя площадь, число и расстояние между лесными массивами; отношение средней протяженности безлесной территории к средней протяженности лесной);

– типологическое разнообразие лесов (распределение лесопокрытой площади по основным лесообразующим породам; число синтаксонов лесной растительности для выделения территориальных единиц);

– природоохранный статус — число, площадь и доля (%) охраняемых природных территорий федерального уровня (различных категорий Международного союза охраны природы) от общей лесопокрытой площади; число и площадь высокоценных объектов (редких и уникальных сообществ).

Композиционные показатели:

– видовое разнообразие (число видов деревьев фоновых синтаксонов лесной растительности (или территориальных единиц);

– распределение показателей видового разнообразия по территории;

– видовая насыщенность сосудистых растений для основных лесных сообществ.

Функциональные показатели:

– степень хозяйственного освоения лесных территорий (доля территории, приходящаяся на антропогенную инфраструктуру);

- доля (по площади) вырубок разного возраста;
- доля (по площади) лесных культур;
- доля сгоревших лесов (площадь гарей).

На региональном уровне объектом мониторинга являются также конкретные флоры сосудистых растений, охватывающие территории от флористического района до крупных административных регионов и отдельных стран, а также от нескольких десятков до сотен квадратных километров, как правило, в пределах одного типа ландшафта. К индикаторным показателям флоры относятся:

- видовое богатство (число видов тех или иных систематических групп во флоре региона или в составе его природно-территориальных комплексов);
- уровень эндемизма;
- индекс редких видов;
- нарушенность флоры (индекс синантропизации и адвентизации).

На субрегиональном (ландшафтном) и локальном уровнях мониторинг лесного разнообразия включает следующие структурные, композиционные и функциональные показатели.

Структурные показатели:

- сукцессионное разнообразие (площадь и соотношение моно- и олигодоминантных лесов (по породам);
- площадь и доля полидоминантных старовозрастных лесов;
- типологическое разнообразие (площадь и доленое соотношение различных типов лесных сообществ).

Композиционные показатели:

- видовое разнообразие (видовое богатство территорий; видовая насыщенность для различных типов леса; число охраняемых видов растений для выделенных территориальных единиц).

Функциональные показатели:

- степень влияния биотических нарушений — доля (по площади) лесов, поврежденных массовыми вредителями.

На локальном уровне мониторинг лесного разнообразия предусматривает многолетние наблюдения с различной периодичностью на небольших участках — модельных полигонах, ключевых участках, постоянных пробных площадях, трансектах. В качестве модельных полигонов используются участки территорий заповедников, национальных парков и других особо охраняемых природных территорий. Таковыми являются многолетние стационарные исследования, часто

имеющие комплексный характер. По некоторым объектам имеются наблюдения за несколько десятилетий, которые представляют большую научную ценность и позволяют установить закономерности динамики экосистем. При таких исследованиях объектами мониторинга являются участки растительного покрова, локальные (обычно окрестностей населенного пункта, научного стационара) и парциальные (топологического уровня геосистемы) флоры, популяции модельных видов, чаще всего охраняемых и редких.

Мониторинг растительности геоботанического района требует закладки постоянных пробных площадей во всех типах мезокомбинаций и контурфитоценозов, характерных для этого района. Их количество для равнинного района составляет не менее 10–12 (по 1 га), для горного района — не менее 30–40.

Мониторинг растительных сообществ — это мониторинг одного из компонентов локальной экосистемы. Он должен учитывать характерное время, или хроноинтервал, этой экосистемы — время, необходимое для возвращения данной экосистемы в равновесное состояние после отклонения от него. Для большинства лесных экосистем ранга мезокомбинации растительного покрова хроноинтервал составляет 150–200 лет, для степных экосистем — 50–100 лет, для луговых — 20–30 лет. Для экосистемы целого геоботанического района (элементарная биосферная система) хроноинтервал имеет размер 1 500–2 000 лет (Миркин, 1985; Галанин, 1993; Галанин и др., 2000), для биосферной системы еще более высокого ранга (физико-географической области) хроноинтервал составляет порядка 10 000–20 000 лет. Считается, что хроноинтервал биосферы в целом свыше 100 000 лет (Галанин и др., 2003; Галанин и др., 2008).

Мониторинг флоры всей нашей страны, в связи с её огромной территорией и слабой изученностью флоры большинства административных регионов (республик, областей), является проблемным. Практической его реализацией является регулярное переиздание Красных книг (федеральной и региональных) с интервалом в 10 лет. Наиболее полно и методически грамотно организуется мониторинг флоры в заповедниках и национальных парках, где такие работы проводятся в рамках «Летописи природы».

Флоры особо охраняемых природных территорий небольшой площади (до нескольких десятков тысяч гектар) и однообразными ландшафтными условиями следует рассматривать как конкретные.

На более крупных территориях необходимо выделять ряд конкретных флор или относить такую флору к субрегиональной.

В настоящее время мониторинг флоры часто проводится с использованием сеточного картирования (Серегин, 2013). В этом случае информацию по видам привязывают к ячейкам регулярной сетки и для каждого из них получают количественные и качественные показатели. В результате любые цифры традиционного анализа флоры превращаются в картосхему распределения этого показателя в пространстве. По полученной пространственной модели (картосхеме) можно судить о различиях данного показателя внутри региона — на локальном (при сравнении соседних ячеек) или на ландшафтном уровне (при сравнении природных районов), его мозаичности, связи с природными или антропогенными факторами. В итоге анализ совместного распространения видов той или иной ценотической группы дает необходимую информацию о пространственном распределении самих сообществ (Серегин, 2013).

Очень ценны результаты параллельного мониторинга растительного покрова на фоновых (естественных) и трансформированных территориях в сходных природных условиях.

Контрольные вопросы

1. Понятие «мониторинг растительного покрова». Цель и задачи. Место в системе экологического мониторинга.
2. Основания для проведения мониторинга растительного покрова.
3. Объекты мониторинга растительного покрова, их характеристика.
4. Состав технического задания по мониторингу растительного покрова. Разработка программы мониторинга.
5. Принципы организации наблюдения за состоянием растительного покрова. Состав получаемой экологической информации.
6. Федеральный и региональный уровни мониторинга растительного покрова. Показатели.
7. Субрегиональный (ландшафтный) и локальный уровни мониторинга растительного покрова. Показатели.
8. Мониторинг растительного покрова в бассейне Верхней Волги (на примере Ярославской области).

1.1. Мониторинг растительного покрова фоновых территорий

В государственных заповедниках и национальных парках имеются обширные возможности для мониторинга растительного покрова на постоянных пробных площадях и профилях. Система этих особо охраняемых природных территорий довольно репрезентативна относительно биологического и эколого-ценотического разнообразия растительного покрова страны.

В системе мониторинга особо охраняемых природных территорий в качестве основных критериев экологической оценки состояния растительного покрова используют:

- учет обилия и соотношения в сообществах аборигенных и синантропных видов, определяющих степень деградации сообществ;
- жизненное состояние (жизненность) видов в локальных популяциях;
- степень синантропизации фитоценозов;
- санитарное состояние древостоя.

В качестве дополнительных критериев экологической оценки состояния растительного покрова принимаются:

- нарушенность растительного покрова;
- повреждения древостоя;
- динамика численности редких и исчезающих видов растений.

Методика проведения мониторинга подразумевает, что в границах исследуемой территории (модельного ландшафтного района) отбирается 30–35 модельных урочищ с наиболее характерными типами растительности (Галанин, 1989, 1993; Беликович, 2001). В пределах каждого закладывается одна постоянная пробная площадь размером 50х50 м. При этом необходимо, чтобы совокупность постоянных пробных площадей охватывала все основное разнообразие растительного покрова определенного ландшафтно-ботанического района. В этой выборке должна быть представлена растительность, занимающая большие площади, и реликтовая растительность (для установления направления изменений).

Постоянная пробная площадь должна быть максимально однородна по положению в рельефе, характеру почвы, крутизне и экспозиции склона, уровню залегания грунтовых вод. Неоднородность растительности в пределах пробной площади может носить только

парцеллярный, но не эдафический характер. Желательно, чтобы в пределах площади был один контурфитоценоз или одна микрокомбинация растительности. По углам постоянную пробную площадь маркируют столбами высотой 1,3 м и снабжают пластиной (деревянной, металлической, пластиковой) с надписью. На ней указывают номер площади и дату её закладки. При этом надпись должна сохраниться в течение как минимум 10–15 лет, до следующей ревизии. Положение площади указывают на картосхеме территории, определяют географические координаты центра пробной площади или всех четырех углов площади.

На каждую пробную площадь заводят паспорт, в основе которого структура геоботанического бланка. В этом документе будут накапливаться данные описаний и ревизий площади в течение многих десятилетий. Паспорта должны храниться в администрации заповедников и национальных парков вечно, а ответственность за их сохранность несут директора особо охраняемых природных территорий и их заместители по научной работе (охране).

В границах пробной площади выделяют постоянные квадраты 10х10 м с помощью веревок, размеченных на отрезки длиной по 10 м. Квадраты маркируют кольями (деревянными, металлическими, пластиковыми) высотой 1,3 м, которые вбивают в землю в местах пересечения веревок. Составляют план площади, на котором квадраты нумеруют. Принятую нумерацию сохраняют при всех последующих ревизиях.

Проводят полное геоботаническое описание растительности площади. Выделяют ярусы древостоя (для лесных ценозов), указывают их высоту, измеряют сомкнутость каждого яруса, указывают доминирующие виды, оценивают подрост и возобновление, отмечают общее проективное покрытие по ярусам и главным растительным синузиям (мохообразные, кустистые лишайники, накипные лишайники, травянистые растения, папоротники, кустарнички, кустарники, лианы). Составляют таблицу распределения всех видов сосудистых растений по квадратам 10х10 м с указанием обилия каждого вида в каждом квадрате. Обилие вида в квадрате оценивают глазомерно по пятибалльной шкале. Дифференцированно по квадратам определяют проективное покрытие основных синузий растительности. На детальный план пробной площади наносят границы микрогруппировок и парцелл, которые могут быть выделены визуально.

Обязательно указывают дату закладки пробной площади, фамилии сотрудников, проводивших закладку и описание. Для подтверждения видового списка растений и лишайников собирают гербарий к каждой пробной площади. Он определяется высококвалифицированными специалистами и хранится в администрации организации, ведущей мониторинг. На гербарных этикетках, кроме традиционной информации, обязательно должен быть указан номер постоянной пробной площади.

После этого приступают к картированию деревьев, для этого все экземпляры с диаметром ствола более 4 см нумеруют. При этом слегка зачищают самый верхний, мертвый, отшелушивающийся слой коры. Живые ткани при этом не повреждают. Зачистку коры проводят на высоте 1,3 м с одной стороны деревьев вдоль контура пробной площади (10x10 м). Пройдя одну полосу и зачистив кору всех встреченных деревьев, необходимо повернуть на 90° по направлению контура закладываемой пробной площади и также зачистить кору деревьев. Аналогично поступают с деревьями по другим сторонам пробной площади. На зачищенной поверхности стволов масляной (а лучше типографской) краской, устойчивой к воздействию атмосферы, пишут порядковые номера всех деревьев с диаметром ствола более 4 см.

Все деревья с указанием их номера и видовой принадлежности наносят на план. При картировании деревьев каждый квадрат 10x10 м пятью временными кольями делят на четыре квадрата размером 5x5 м. Положение каждого дерева на плане показывают с точностью до 20 см. Кроме нумерованных деревьев, на план наносят все особи возобновления (ниже 1,3 м и тоньше 4 см в диаметре) с указанием их видовой принадлежности. С помощью бурава для каждой ступени толщины каждого вида деревьев на каждой пробной площади определяют возраст. Значения заносят в таксационную ведомость перечета всех нумерованных деревьев. В этой ведомости, кроме номера дерева, указывают его видовой принадлежности, длину окружности ствола на высоте 1,3 м, ярус, к которому принадлежит дерево, жизненность в баллах.

Для характеристики почвы в пределах пробной площади необходимо сделать почвенный разрез. При описании почвы рекомендуется использовать стандартную методику выделения почвенных горизонтов, отмечают их мощность, характер перехода одного горизонта в другой, цвет, механический состав, наличие горизонта

оподзоливания, наличие или отсутствие пятен оглеения. Особое внимание уделяют описанию самых верхних гумусированных и оторфованных горизонтов, наличию в почвенном профиле угольков, кутан и др. Из каждого горизонта при первом описании площади должны быть взяты образцы для почвенно-химического анализа. Результаты этого анализа также вносят в паспорт пробной площади. Места почвенных разрезов следует нанести на план пробной площади, а если они взяты по соседству с ней, то на план данного урочища. При горизонтальной неоднородности участка может быть сделано несколько почвенных разрезов.

Большое значение для мониторинга растительного покрова на пробной площади имеют такие показатели, как отношение запаса вещества в лесной подстилке к величине вещества в ежегодном опаде. Желательно ежегодный опад учитывать по видам деревьев и фракциям (листья, ветви, кора, шишки, плоды). Для улавливания опада устанавливают опадоуловитель — неглубокий ящик с дном размером 1х1 м и высотой до 20–30 см. Дно ящика должно быть из рубероида. Вынимать опад из ящиков следует два раза в год: весной после стаивания снега и поздней осенью после окончания листопада. Все ящики должны иметь постоянные номера, учет опада на них следует проводить дифференцированно. Положение каждого ящика должно быть нанесено на план пробной площади с указанием номера этого ящика. Перед взвешиванием собранный опад высушивают до воздушно-сухого веса, затем, перед вторым взвешиванием, до абсолютно сухого веса.

Повторное описание растительности постоянных пробных площадей желательно проводить регулярно через пять, в крайнем случае через десять лет. При повторном описании восстанавливают систему постоянных квадратов, проводят пересчет деревьев, отмечают усохшие и вывалившиеся деревья, измеряют длины окружностей каждого дерева на той высоте, на которой они определялись в первый раз. Для этого место замера толщины дерева при первом описании отмечают полоской краски на стволе под номером. Нумеруют и картируют новые деревья, которые подросли и диаметр их стал больше 4 см. Этим деревьям присваивают следующие по порядку номера после наибольшего при последней ревизии. Ни в коем случае новым деревьям не следует присваивать номера выпавших или усохших деревьев. Все результаты переописания и повторной таксации помещают

в паспорт конкретной пробной площади. Обязательно указывают даты ревизии, фамилии сотрудников, которые её проводили, проверяли и приняли материалы.

Наряду с паспортами постоянных пробных площадей и гербарными образцами составляют электронную базу данных мониторинга растительного покрова. Для этого целесообразно использовать программу Microsoft Excel и все материалы представлять в форме электронных таблиц. В отдельных таблицах для каждой пробной площади указывают распределение видов по квадратам 10x10 м с учетом их обилия; результаты таксации древостоя, где приводят полную характеристику для каждого дерева под его номером; координаты деревьев на пробной площади (расстояние в метрах по осям от начала координат). Началом координат каждой площади считают её первый квадрат 10x10 м. На основании такой таблицы с координатами картосхема распределения особей по пробной площади может быть построена автоматически. В отдельной таблице для каждой пробной площади приводят характеристики рельефа, почвы, увлажнения, уровня грунтовых вод, основных синузий и ярусов древостоя.

Кроме этого, для каждой пробной площади составляют сводную таблицу распределения видов флоры ландшафтного района по пробным площадям с указанием их встречаемости, обилия, сомкнутости (или проективного покрытия). В этой таблице указывают жизненные формы, к которым принадлежат виды, их таксономическое положение, типы геоэлементов (или географических ареалов), характеризуют синузии, ярусы растительности, приводят характеристики почвы и т. д. Такая сводная таблица является базой данных ландшафтного ботанического мониторинга конкретной особо охраняемой природной территории. Результаты последующих ревизий также заносят в эту базу. Она позволяет анализировать динамику флоры и растительности, используя количественные методы анализа, строить графовые модели ландшафтно-экологической структуры растительного покрова и на этих моделях анализировать процессы трансформации флоры и растительности (Галанин, 1989, 1993; Беликович, 2001; Галанин, Беликович, 2004).

Контрольные вопросы

1. Мониторинг растительного покрова особо охраняемых природных территорий. Основные критерии.

2. Мониторинг растительного покрова в сохранении биологического разнообразия.

3. Методы мониторинга растительного покрова. Стационарные и дистанционные технологии.

4. Методика закладки пробных площадей, их паспортизация.

5. Методики геоботанического описания растительности и картирования. Показатели.

6. Электронные базы данных мониторинга растительного покрова, их создание, ведение и использование.

1.2. Производственный мониторинг растительного покрова

Основная задача производственного мониторинга растительного покрова — контроль состояния растительности в зоне влияния источника воздействия (предприятия или экологического фактора) и анализ изменения её основных характеристик. Оценка экологического состояния растительного покрова (и ландшафта в целом) предполагает использование различных показателей. Их анализ позволяет оценить степень угрозы деградации и вычленить роль разных факторов в техногенной трансформации растительности.

Производственная деятельность промышленного объекта (промплощадки) может воздействовать на растительность прилегающих территорий следующим образом:

– изменение местообитаний сообществ и видов растений (выпадение пыли, нарушения и др.);

– изменение физиолого-биохимических параметров роста и развития растений (нарушение фотосинтеза, дыхания, накопление токсических элементов и др.).

Выбор объектов мониторинга проводят с учетом возможных типов воздействия (кратковременный залповый выброс, постоянные или переменные утечки загрязняющих веществ, пожары) и типов реакции биологических систем на эти воздействия (гибель организмов, быстрые и значительные отклонения признаков от нормы, «накопление» воздействий с последующим отложенным проявлением реакции). Объекты биомониторинга выбирают на разных уровнях организации живой материи (молекулярный, клеточный, тканевый, органный, организменный, популяционный, экосистемный). При выборе

объектов должны выполняться следующие требования: простота и доступность тест-объекта, реакции тест-объекта на изучаемое воздействие, простота выявления наблюдаемых параметров, относительная быстрота сбора информации, получение достоверных и воспроизводимых результатов, при этом погрешность получаемой информации должна быть незначительной.

Выбор объектов-индикаторов основывается на анализе структурных и функциональных признаков. Структурные признаки — число видов растений (либо абсолютное на учетных площадях и маршрутах, либо относительное в локальных флорах), биомасса (относительная, на единицу площади или объема для фитопланктона), представительность и частота встречаемости в разных фитоценозах. К функциональным признакам относят биопродуктивность, динамику роста и развития, накопления токсикантов и др. При выборе индикаторов предпочтение отдают видам растений, способных реагировать на изменение концентрации загрязняющих веществ, имеющих более короткую продолжительность жизни (с наиболее активными обменными процессами и меньшим периодом накопления загрязняющих веществ). Виды со значительным временем жизни могут использоваться в качестве биоиндикаторов при необходимости оценки длительных воздействий. К числу таких растений относятся основные доминанты различных ярусов наземных растительных сообществ, водные макрофиты.

Виды-индикаторы должны соответствовать следующим требованиям: распространенность (доступность на большом спектре местообитаний в течение всего года), обильность и присутствие на всех пробных площадях, простота идентификации, легкость культивирования в лабораторных условиях (для контроля).

Методика проведения производственного мониторинга включает закладку экологического профиля, представляющего серию стационарных площадей или опорных пунктов наблюдения (соответствуют размеру постоянной пробной площади). Пробные площади на профиле выделяют с учетом ландшафтного разнообразия и градиента фактора воздействия промышленного объекта (выбросов загрязняющих веществ) — в зоне непосредственного воздействия, в пределах санитарно-защитной зоны и на границе санитарно-защитной зоны предприятия. Поскольку официальных нормативов допустимых концентраций для растительности не существует, оценку воздействия источников загрязнения проводят в основном посредством сравнения

измеренных в ходе мониторинга значений показателей с их фоновыми величинами. Это требует закладки стационарной площади с аналогичными сообществами вне зоны воздействия (контроль, эталонный участок). При этом основное число точек постоянного наблюдения размещают по преобладающему направлению ветра и одну (контроль) — в противоположном направлении на удалении нескольких километров от источника воздействия. На региональном уровне в качестве фоновых (эталонных) пунктов наблюдения могут быть использованы участки растительности на особо охраняемых природных территориях (заповедники, национальные парки и др.).

Пространственное размещение и количество пробных площадей для наблюдений за растительным покровом совпадает с количеством пробных площадей для экологического мониторинга почвенного покрова. Количество проб с площадок зависит от видового состава, биопродуктивности и фенологических фаз видов растительных сообществ, и в каждом конкретном случае решение по этому поводу принимается исполнителем на месте согласно задачам и методике работы. Большая часть наблюдаемых параметров фитоценозов зависит от погодных условий, поэтому очень важно, чтобы сравниваемые параметры были определены в одни и те же сроки и фенологические фазы. Структуру и состав растительного покрова лучше всего описывать в фазу цветения доминантов, а продуктивность — в августе. Определение исходного состояния структуры и состава растительного покрова проводят на начальном (фоновом, нулевом) этапе мониторинга и затем регулярно в соответствии с поставленными задачами. Временной интервал исследований может корректироваться с учетом получаемых результатов. Необходимо учитывать, что программа мониторинга может реализовываться в нормальном и аварийном режимах. В чрезвычайных ситуациях временной режим меняется в соответствии с характером и масштабом аварии. В любом случае количество измерений должно обеспечивать достоверность оценки и определяется стандартными методами статистики (Глотов и др., 1982; Лакин, 1980; Зайцев, 1984).

В некоторых случаях мониторинг растительного покрова может включать задачи картирования. Для этого используют GPS-навигацию и данные спутниковой съемки. Карты, составленные автоматизированным способом, играют важную роль для экстраполяции то-

чечных наземных данных при оценке территории по степени нарушенности растительного покрова (Корец и др., 2006).

Геоботаническое описание пробной площади проводят стандартным методом. В качестве основных параметров фитоценоза учитывают видовой состав (разнообразие, обилие, встречаемость, жизненность видов, проективное покрытие, спектр жизненных форм), возрастной состав популяций доминантов и эдификаторов, состояние индикаторных показателей, фитопатологические особенности (аномалии развития), сезонные и многолетние варианты структурно-функциональных признаков, продуктивность.

Для лесных фитоценозов проводят съемку лесотаксационных показателей и оценку санитарного состояния древостоя с применением стандартных методов лесопатологического обследования (Мозолевская и др., 1984). Помимо учета распределения деревьев и подроста по категориям состояния отмечают изменения окраски листьев и хвои (хлорозы, некрозы), внешний вид кроны (характер её изреживания, дефолиации), определяют категории жизненного состояния деревьев и древостоев (Биоиндикация..., 1988).

К информативным характеристикам техногенного загрязнения относятся статические анатомические и морфологические показатели; динамические показатели (линейные и радиальные приросты верхушечных и боковых побегов за последние 5 лет, прирост запаса древесины, величина годового прироста); показатели ассимиляционного аппарата (продолжительность жизни листьев, площадь, масса, повреждения — пигментация, хлорозы, некрозы, усыхания); показатели состояния генеративных органов (размеры, количество, обилие и жизнеспособность семян); показатели обилия и разнообразия фауны беспозвоночных — вредителей.

В мониторинге растительного покрова также учитывают характеристики лишенобиоты: видовой состав; показатели видового богатства и разнообразия; показатели обилия (биомасса, проективное покрытие) конкретных видов и лишенобиоты в целом; индексы соотношения показателей обилия кустистых, листовых и накипных лишайников; долю эпифитных лишайников в общих показателях обилия лишенобиоты; морфологические и структурные показатели — толщина и плотность слоевища, степень покрытия слоевища соредиями, пигментация, общее изменение окраски (появление беловатого, кирпичевого или фиолетового оттенков).

При выявлении признаков деградации растительности в зоне активного влияния выбросов загрязняющих веществ в атмосферу программу мониторинга дополняют более детальными методами исследования. К их числу относятся экспериментальные методы, требующие активного вмешательства в наблюдаемую растительность и среду. Например, создание искусственных ценозов, моделирование фитоценотических систем и др.

Ранняя диагностика экологического неблагополучия становится возможна благодаря использованию физиолого-биохимических индикаторов растений (Физиолого-биохимические..., 1992). Анализируя физиологические и биохимические реакции на определенные природные и/или антропогенные факторы и сравнивая их с правильно подобранным контролем, можно сделать выводы о состоянии растений и среды даже при отсутствии внешних симптомов повреждения. Имеется обширная литература, касающаяся наблюдаемых визуально признаков деградации растительности, в то время как предшествующая им физиолого-биохимическая перестройка метаболических процессов требует более глубокого изучения.

Фотосинтез растений очень чувствительно реагирует на изменения факторов внешней среды. Этот процесс чаще всего используют с помощью постоянно расширяющегося арсенала методов для определения реакции растений на внешние воздействия, в особенности на загрязнение воздуха (Биоиндикация..., 1988). Пигменты занимают центральное место в фотосинтезе, обеспечивая поглощение и запасаение солнечной энергии. Количественное содержание и качественный состав пигментов, их соотношение в листьях — важные и чувствительные показатели физиологического состояния растений и их фотосинтетического аппарата, направленности адаптивных реакций при воздействии стрессовых условий (Головкин и др., 2010). Эти параметры определяют при помощи спектрофотометрического и хроматографического методов. Оперативная количественная оценка содержания хлорофилла может проводиться визуально в полевых условиях методом «цветовой шкалы» (Андреанова, Тарчевский, 2000). Изменение спектральных характеристик пигментов также используется для оценки нарушений после неблагоприятных воздействий. Однако снижение общего содержания хлорофилла, различия в изменениях хлорофиллов *a* и *b*, увеличение содержания феофитина и каротиноидов не являются специфичными (Биоиндикация..., 1988).

Дистанционное определение содержания хлорофилла в растительности возможно с помощью космической съемки: при увеличении экологической нагрузки содержание хлорофилла снижается, а отражательная способность увеличивается, особенно в красном диапазоне, из-за чего растительность приобретает желтый или хлоротичный оттенок (Сутырина, 2013). С использованием данных о спектральной яркости фитоценозов (посевов) в области 720 и 680 нм рассчитывают, аналогично хлорофилльному, оптический фотосинтетический потенциал (Андрианова, Тарчевский, 2000).

Флуоресценция хлорофилла рассматривается как надежный индикаторный признак нарушений, вызываемых у растений антропогенными загрязнениями — газодымовыми выбросами, гербицидами, тяжелыми металлами и др. Определение флуоресценции проводят с помощью флуориметров, портативность и автономность которых позволяет осуществлять измерения состояния растений непосредственно в природных условиях (Рубин, 2005; Маторин, Алексеев, 2013). Для определения флуоресценции хлорофилла можно использовать как интактные листья, так и феллодерму коры, содержащую большое количество хлорофилла. Возможность проведения исследований без повреждения растений, относительная простота измерений и достаточно высокая информативность получаемых данных составляют преимущества метода регистрации флуоресценции хлорофилла (Маторин, Рубин, 2012).

Окислительные ферменты, прежде всего внемитохондриальные (пероксидаза, каталаза, полифенолоксидаза, аскорбатоксидаза), занимают особое место в диагностике состояния растений при воздействии неблагоприятных факторов среды, в том числе связанных с хозяйственной деятельностью человека. Стрессовые условия, подавляя общую метаболическую активность и рост, могут усиливать дыхание для целей репарации повреждения, синтеза специфических метаболитов, выполняющих защитные функции (Головко, 1999). Так, определение активности пероксидазы позволяет выявить нарушения обмена веществ, возникающие под воздействием фтористых, транспортных, содержащих двуокись серы или озон газодымовых выбросов (Биоиндикация..., 1988). Для определения активности внемитохондриальных ферментов используют спектрофотометрический, манометрический, полярографический, газометрический и другие методы (Гавриленко и др., 1975).

Поглощаемые растительным организмом вредные соединения могут преобразовываться в ходе обмена веществ, включаясь в общий метаболизм, инактивироваться и/или накапливаться. Их аккумуляция выше естественного содержания свидетельствует о высоком уровне техногенной нагрузки. Тяжелые металлы (Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg) представляют собой наибольшую опасность в силу высокой токсичности их избыточных количеств, долговечности и практической невыводимости из системы «почва — растения — животные — человек». Анализ содержания тяжелых металлов в растениях широко применяется в мониторинге не только в районах локальных выбросов загрязняющих веществ, но и в региональном масштабе (Черненко, 2002). Для определения тяжелых металлов в растениях используют метод атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной и беспламенной атомизацией. Осуществляя сбор растительного материала для проведения химического анализа на содержание тяжелых металлов, важно учитывать особенности накопления их отдельными видами и различными органами растений, пространственно-временных условий внешней среды, сезонных флуктуаций по интенсивности поглощения и аккумуляции токсикантов (Пронина, 2000; Черненко, 2002).

В качестве биохимических индикаторов состояния растений может быть использовано содержание в тканях растений углеводов, белков, аминокислот, фенольных соединений и др. (Судачкова и др., 1997). К неспецифическим биохимическим индикаторам неблагополучного состояния растений можно отнести синтез стрессовых белков, накопление аминокислоты — пролина, повышение содержания флавоноидов, возрастание содержания ингибиторов роста в сочетании со снижением содержания стимулирующих рост веществ (Меняйло, 1992). К реакциям, развивающимся в ответ на различные виды техногенного воздействия, но проявляющимся не у всех видов растений и тканей, можно отнести накопление аминокислот, связанных с орнитовым циклом, гидролиз крахмала. Аккумуляция или понижение уровня метаболита, который используется в качестве индикатора, связаны с работой комплекса ферментов, ответственных за синтез, превращения и распад этого соединения, что обуславливает актуальность рассмотрения ферментов в качестве индикаторов воздействия. Биохимические исследования растений возможны с использованием спектральных, электрофоре-

тических, хроматографических, иммунохимических и других методов (Молекулярно-генетические..., 2012; Принципы..., 2013).

Кроме подробного описания растительности, проводят отбор проб растительного материала и почв для анализа химического состава и выявления биохимической аккумуляции токсикантов (тяжелых металлов, пестицидов, фенолов и др.). Для контроля отбирают растения, не подвергавшиеся химическому воздействию. На основании полученных данных для различных объектов рассчитывают фоновые значения и транслокационные показатели, характеризующие способность веществ переходить из почвы через корневую систему растения и накапливаться в его зеленой массе и плодах. По отношению к полученным на пунктах наблюдения данным рассчитывают степень угнетения, загрязнения, динамику накопления токсикантов и другие структурно-функциональные параметры.

По результатам комплексного обследования устанавливают зоны и степень деградации растительности. Изменения растительности в зоне активного антропогенного влияния (промышленного объекта и др.) определяют с использованием оценочных шкал (Надоховская, Шепелева, 2000).

Отчет о результатах мониторинга должен соответствовать техническому заданию. Как правило, он включает характеристику состояния растительности (данные о ценотическом и видовом разнообразии, продуктивности, санитарном состоянии и др.), картосхемы, фотографии, рекомендации по снижению негативных последствий для растительного покрова или по компенсации выявленных неблагоприятных изменений. Отчет о состоянии растительного покрова сдается заказчику с оформлением акта выполненных работ.

Контрольные вопросы

1. Задачи и объекты производственного мониторинга растительного покрова.
2. Методика проведения производственного мониторинга растительного покрова. Индикаторные показатели.
3. Мониторинг с использованием показателей для разных уровней организации живых систем.
4. Экспериментальные методы исследования растений при проведении мониторинга.

5. Морфофизиологические реакции растений на загрязнение окружающей среды. Показатели нарушения жизнедеятельности растений.

6. Биохимические индикаторы состояния растений в условиях загрязнения окружающей среды.

1.3. Мониторинг зеленых насаждений городов

Мониторинг состояния зеленых насаждений городов — это постоянно действующая система оперативного наблюдения за городской растительностью. По функциональному назначению выделяют зеленые насаждения общего пользования (городские парки, сады, скверы, набережные и др.); зеленые насаждения внутриквартального озеленения; зеленые насаждения, выполняющие специальные функции (насаждения зон с особыми условиями использования территорий); насаждения ограниченного пользования (на территориях микрорайонов, детских садов, школ, спортивных комплексов и т. д.); защитные леса (лесопарки в границах городской застройки); зеленые насаждения особо охраняемых природных территорий (памятники природы и др.) (Ковязин и др., 2016).

Мониторинг зеленых насаждений городов предполагает выявление их неблагополучного состояния и нарушений устойчивости, вызванных различными факторами среды, оценку и прогноз развития экологически неблагоприятных ситуаций, получение достоверной информации о нежелательных изменениях. Составной частью такого мониторинга является система наблюдения и прогноза развития и распространения вредителей и болезней.

Методика проведения мониторинга зеленых насаждений городов подразумевает, что на каждом объекте закладывают постоянную пробную площадь линейной (улицы, бульвары, набережные) или прямоугольной (скверы, парки, сады) формы. Размер пробной площади определяется количеством деревьев — объекты с молодыми посадками должны содержать не менее 25 деревьев, старые — от 40 до 50 деревьев. Стволы начального и конечного дерева (по порядку отсчета на пробной площади) обводятся круговой линией. Каждое дерево помечается на высоте груди меткой с номером. В случае регулярного расположения деревьев на пробной площади допускается нумерация каждого пятого дерева.

Для каждой пробной площади заполняют паспорт с указанием следующих данных: номер; код объекта; название и адрес местоположения; градостроительная категория объекта (места закладки пробных площадей отмечают на картосхеме); краткая характеристика состава, типа размещения деревьев и кустарников; способ посадки; расстояние между рядами, между растениями в группе или куртине, расстояние от проезжей части и фасада здания до деревьев и кустарников; интенсивность движения транспорта на дорогах и интенсивность пешеходного движения; наличие газонов, характер задернения почвы (доля проплешин и процент троп); характеристика состава почв, загрязненность почвы бытовым и/или строительным мусором, содержание в почве токсических веществ.

При пересчете деревьев для каждого экземпляра указывают породу, высоту, диаметр, возраст, категорию жизненности, санитарное состояние, повреждение вредителями, болезнями и другими негативными (в том числе антропогенными) факторами среды. Также отмечают особенности крон древесных растений и примененных к ним методов формовочной или глубокой обрезки. Таксационные показатели снимают с применением приборов (высотомера, мерной вилки). Возрастную группу указывают по категориям возраста — 10(20)-летним классам в зависимости от породы дерева. Оценку жизненности проводят по классификации Крафта, санитарного состояния — с применением стандартных методов лесопатологического обследования. Определяют степень поврежденности насаждений и устанавливают природу факторов, вызвавших повреждение — природные (болезни, вредители), антропогенные (загрязнение среды, нарушение правил содержания и др.) или комплексное воздействие.

Мониторинг состояния зеленых насаждений городов состоит из традиционной последовательности действий — наблюдения (слежения) и получения данных (измерения и учета); анализа данных и оценки ситуации; прогнозирования ситуации; принятия решений по содержанию, повышению устойчивости, защите, восстановлению и реконструкции зеленого фонда.

Контрольные вопросы

1. Функциональное зонирование зеленых насаждений.
2. Организация и методы мониторинга зеленых насаждений городов.

3. Особенности мониторинга растительного покрова на урбанизированных территориях.

4. Реакции растений и их сообществ на фитотоксичность городской среды.

5. Показатели мониторинга зеленых насаждений в оценке устойчивого развития города.

6. Востребованность результатов мониторинга растительного покрова в практической деятельности.

2. Почвенный экологический мониторинг

Земля как комплексное понятие и почва как неотъемлемая часть земель — главный природный ресурс человечества, требующий как оценки, так и охранных и контролирующих мероприятий, включающих мониторинг. Идеология экологического мониторинга сред разрабатывалась В. И. Вернадским, А. Е. Ферсманом задолго до его реального воплощения в научную практику. Научное обоснование практических методов мониторинга почв содержится в работах И. П. Герасимова (1975), а его организационные принципы закладывались Ю. А. Израэлем (1984). Адаптация выработанных методологических подходов для целей практического мониторинга изложена в работах Г. В. Добровольского (1983), Т. Я. Ашихминой, В. М. Сюткина (1997), Г. В. Мотузовой (2001, 2013), А. П. Сизова (2006), Г. В. Мотузовой, О. С. Безугловой (2007), К. Ш. Казеева, С. И. Колесникова (2012), А. П. Сизова, А. С. Мишкина (2016).

Залогом успешности экологического мониторинга является комплексный подход — полнота характеристики состояния всех природных сред в их взаимосвязи. Почвенный мониторинг — одна из важнейших составляющих экологического мониторинга в целом. Особая роль почвенного мониторинга обусловлена тем, что почва выполняет уникальные экологические функции — плодородие, протекторная, медико-экологическая, — которые и подлежат контролю в первую очередь (Добровольский, 2006; Мотузова, Безуглова, 2007).

Почвенный экологический мониторинг — система регулярного, не ограниченного в пространстве и времени контроля почв, дающая информацию об их состоянии с целью оценки прошлых и настоящих изменений и прогноза их в будущем.

Неблагоприятные изменения почвенных свойств могут формироваться под влиянием природных факторов и вызываться деятельностью человека. Очень часто неблагоприятные природные и антропогенные факторы действуют одновременно и вычленение антропогенных последствий представляет значительную сложность. Кроме того, в почвах, в силу их буферности, последствия антропогенного воздействия проявляются не сразу, оказываются отсрочены. Поэтому существует необходимость оценивать не только настоящие изменения, но и их долговременные последствия.

В государственных законодательных документах используется обобщенный термин «земли» — собирательное понятие, категории земель выделяются по назначению, учет ведется по фактическому использованию. Мониторинг земель впервые получил самостоятельный юридический статус в 1991 г. в связи с принятием Земельного кодекса. Содержание и порядок мониторинга земель определяется «Положением о мониторинге земель», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 491 от 15.06.1992, а с 1993 г. он выделен в качестве подсистемы в Единой государственной системе экологического мониторинга. Мониторинг земель ведется Государственным земельным комитетом Российской Федерации и Министерством природных ресурсов Российской Федерации по единой системе.

Объектом мониторинга являются все земли Российской Федерации, независимо от форм собственности на землю, целевого назначения и характера использования. Мониторинг земель ведется по подсистемам, соответствующим категориям земель:

- земли сельскохозяйственного назначения;
- земли населенных пунктов;
- земли промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения;
- земли природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения;
- земли лесного и водного фонда;
- земли запаса.

Можно назвать две глобальные цели мониторинга почв, каждая из которых приложима к определенной категории земель — раннее обнаружение неблагоприятных изменений свойств почв при различных видах их использования (абсолютное большинство почв); контроль за состоянием почв сельхозназначения.

Многообразие объектов мониторинга порождает многообразие видов мониторинга, его задач и используемых показателей.

2.1. Виды почвенного экологического мониторинга

На основе различий механизмов и масштабов проявления деградации почв выделяют несколько уровней мониторинга — глобальный, фоновый (подсистема глобального), региональный и локальный мониторинг почв.

Локальный мониторинг называют еще санитарно-гигиеническим, или импактным. Локальный мониторинг направлен на контроль уровня содержания в среде тех загрязняющих веществ, которые выбрасывает конкретное предприятие. Контролируются в первую очередь природные среды, наиболее чувствительные к данному загрязнителю. При этом почвы анализируются при любом случае загрязнения окружающей среды, оцениваются физико-химические и биологические свойства почв, определяющие их эпидемическую и гигиеническую безопасность. Роль локального мониторинга — выявление влияния деградации почв на экосистемы локального уровня и условия жизни человека. Важно как раннее обнаружение экологической опасности, связанной с загрязнением, так и выявление закономерностей накопления токсичных веществ. Результаты обследования почв дают возможность ранжировать их по уровням загрязнения и составить прогноз опасности для здоровья человека, выработать систему рекультивационных мероприятий. В населенных пунктах контроль проводят с учетом функциональных зон. В первую очередь обследуют почвы территорий повышенного риска для здоровья населения (почвы детских дошкольных учреждений, школ, больниц, зоны жилой застройки, санитарной охранной зоны водоемов и рекреации, питьевого водоснабжения и т. п.).

Региональный мониторинг направлен на оценку влияния всех видов человеческой деятельности на состояние окружающей среды региона. Контроль осуществляется различными региональными службами — гидрометслужбой, агрохимслужбой, гидрохимической, лесоустроительной, сейсмологической и др. Этот вид мониторинга можно назвать *геосистемным* (Герасимов, 1975), т. к. в основу контроля распространения загрязняющих веществ в регионе положены принципы распространения природных химических веществ в геосистеме.

Фоновый мониторинг является подсистемой глобального мониторинга и является обязательным, поскольку его цель — контроль за состоянием почв территорий, которые могут служить эталонами окружающей среды, или «нулевыми точками отсчета», при проведении локального и регионального мониторинга. Наиболее надежной является аналитическая информация о содержании контролируемых химических веществ, полученная при непосредственном обследовании фоновых почв. Объектами наблюдения для фонового мониторинга служат почвы, характерные для региона исследования, в минимальной степени

подверженные антропогенному воздействию (почвы особо охраняемых природных территорий). Однако для фонового мониторинга могут быть использованы и обобщенные данные литературы по химическому составу почв региона, данные обследования музейных почвенных образцов или погребенных почв с точной датировкой.

Глобальный (или биосферный) мониторинг это система контроля над экологическими последствиями для окружающей среды дальнего атмосферного переноса загрязняющих веществ в масштабах всей планеты. Задача глобального мониторинга почв — оценка интенсивности влияния глобального переноса веществ на состояние почв, удаленных от источника загрязнения. Слежение выполняется в заповедниках, получивших от ЮНЕСКО статус биосферных заповедников.

Показатели локального и регионального мониторинга не единообразны по контролируемым показателям и в зависимости от этого делятся на виды. *Специфические* виды локального и регионального мониторинга направлены на выявление последствий деградации **химических свойств** почв, с которыми связано прямое действие почв на живые организмы (недостаток питательных веществ, токсичное действие загрязнителей, передающееся по пищевым цепям). При химическом загрязнении существенных изменений физических и морфологических изменений может и не быть.

Комплексный локальный и региональный мониторинг почв направлен на выявление экологических последствий **комплексной деградации** почв, в основе которой лежат либо процессы деградации физических свойств почв, которые неизбежно сопровождаются деградацией их химических свойств (опустынивание), либо начинаются с деградации химических свойств, что влечет за собой изменение физических, а потом и морфологических.

Универсальные виды локального и регионального мониторинга почв позволяют получить **интегральную оценку** деградационных процессов. В основе этого вида мониторинга лежит оценка состояния микробного или растительного ценоза, производственная оценка качества почв (по урожайности) или внешний вид почвенного покрова сверху (космическая и аэрофотосъемка), позволяющий оценить большие территории.

Задачи мониторинга почвенного покрова могут существенно меняться в зависимости от вида мониторинга и специфики мониторируемых выделов почвенного покрова.

Варианты задач:

– контроль кислотно-щелочных показателей почв, что особенно актуально при применении высоких доз минеральных удобрений и промышленных отходов в качестве мелиорантов для почв сельхозугодий, а также в крупных промышленных центрах и на прилегающих к ним территориях, где атмосферные осадки отличаются высокой кислотностью;

– контроль загрязнения почв тяжелыми металлами вследствие глобальных (трансграничных) выпадений на фоновых территориях;

– контроль локального загрязнения почв тяжелыми металлами в зоне влияния промышленных предприятий и транспортных магистралей, детергентами и бытовыми отходами на территориях с высокой плотностью населения (почвы городов), а также пестицидами в регионах их постоянного применения (почвы сельхозугодий);

– долгосрочный и сезонный (в период вегетации растений) контроль влажности, температуры, структурного состояния, водно-физических свойств почв агроценозов;

– оценка вероятного изменения свойств почв при проектировании гидростроительства, мелиорации, внедрении новых систем земледелия и удобрений и т. п.;

– инспекторский контроль размеров и правильности отчуждения пахотнопригодных почв для промышленных и коммунальных целей.

Несмотря на различия целей и задач, каждая программа мониторинга должна содержать перечень определяемых показателей, требования к выбору точек опробования, требования к методам определения показателей, основания для оценки полученных уровней показателей и прогноз их изменения.

Контрольные вопросы

1. Какие земли являются объектом мониторинга в Российской Федерации?

2. На каких территориях осуществляют глобальный мониторинг почв?

3. На состояние каких почвенных организмов опирается универсальный мониторинг?

4. При каком виде мониторинга актуально использовать показатель кислотности почв?

5. Какие задачи наиболее важны при мониторинге почв сельскохозяйственных угодий?

2.2. Показатели почвенного экологического мониторинга

Показатели, отражающие экологическое состояние почв (взаимосвязь с сопредельными средами и влияние на организмы), называют *индикаторами мониторинга*. Они информативны также при оценке устойчивости экосистемы в отношении того или иного вида деградации.

Требования к индикаторам почвенного экологического мониторинга (Мотузова, Безуглова, 2007):

- информативность в отражении состояния почв как компонента экосистемы;
- чувствительность к смене экологической обстановки;
- доступность методов аналитического определения;
- правильность и воспроизводимость результатов их аналитического определения, обеспечивающие сопоставимость данных.

Выбор показателей мониторинга зависит от вида деградации почв, но при любых видах деградации необходимо определение показателей из трех разных групп.

1. Показатели ранней диагностики неблагоприятных свойств и режимов (биологические тесты, ферментативная активность, окислительно-восстановительный и кислотно-основной режим почвы, микроморфология почвы). Этот вид показателей оказался широко востребованным в практике мониторинга и активно развивается в последние два десятилетия (Казеев, Колесников, 2012; Микроорганизмы..., 2018).

2. Показатели, характеризующие сезонные или краткосрочные (2–5 лет) изменения почвенных свойств (влажность, кислотность, состав почвенного раствора, содержание доступных растениям элементов, дыхание почвы). Эта группа показателей рекомендуется для оценки текущего состояния почвы и прогноза урожайности (в том числе и на текущий год);

3. Показатели долгосрочных изменений, проявляющиеся в течение 5–10 и более лет (мощность гумусового горизонта, запасы гумуса, расчет эрозионных потерь почвы, структурное состояние почвы).

Контрольные вопросы

1. Что такое индикаторы почвенного мониторинга?
2. Перечислите требования к индикаторным показателям и прокомментируйте их.
3. Какими показателями можно дополнить список показателей ранней диагностики деградационных процессов почвы?
4. Почему в мониторинге почв следует использовать показатели всех трех групп?

2.3. Объекты почвенного экологического мониторинга

Объекты почвенного мониторинга (внутри каждой из категорий земель) должны обеспечить выявление различных видов и уровней неблагоприятных изменений свойств почв, возникающих под влиянием хозяйственной деятельности человека, и дать возможность оценить изменения почв в пространстве и времени.

Перед выбором пробных площадей для мониторинга должен быть проведен анализ антропогенных факторов, влияющих на состояние почв и экосистемы в целом. Такой анализ позволит выявить специфический характер воздействия тех или иных факторов на почвы и сопредельные среды и определить вид планируемого экологического мониторинга. От вида мониторинга будет зависеть перечень показателей состояния почв, который целесообразен в конкретной ситуации.

Нарушения, вызванные антропогенным загрязнением, во всех случаях зависят от расстояния до источника воздействия. Рекогносцировочные исследования должны выявить ближайшую к источнику загрязнения зону *наиболее интенсивной деградации* и зону распространения *частично нарушенных почв (буферную зону)* и указать точки, где будут заложены пробные площади для мониторинга. Участки, расположенные в обеих зонах, должны быть включены в перечень объектов наблюдения. Чаще всего площади буферной зоны значительно превышают площади интенсивно деградированных земель. Количество тестовых участков зависит от размера исследуемой территории и её ландшафтных особенностей.

В перечень пробных площадей при мониторинге почв должны быть включены и природные аналоги почв техногенно измененных ландшафтов. Почвы природных ландшафтов служат «нулевой точкой отсчета» и позволяют вычленить воздействие человека и природные

факторы формирования почв. Состояние почв на таких контрольных территориях следует оценивать при всех видах мониторинга. При отсутствии природных аналогов исследуемых техногенных почв возможно использование архивных сведений о свойствах аналогичных природных почв региона либо сопредельных территорий той же климатической зоны с однотипными почвами. В процессе подготовки программы мониторинга собирают литературные и картографические сведения о климате, геологическом строении, рельефе, гидрологии и растительном покрове территории.

Каждый тип выделенных территорий должен быть охарактеризован описанием нескольких пробных площадей. Для контроля общего и локального загрязнения почв в районах воздействия промышленных, сельскохозяйственных, хозяйственно-бытовых и транспортных источников загрязнения, при оценке качественного состояния почв и при контроле состояния плодородного слоя почвы используется ГОСТ 17.4.4.02–84. Согласно ГОСТу пробные площадки закладывают на участках с однородным почвенным и растительным покровом с учетом хозяйственного использования основных почвенных разностей. Картографической основой для отбора проб является план землепользования хозяйства с нанесенными на него границами почвенных контуров. Для контроля загрязнения почв сельскохозяйственных угодий в зависимости от характера источника загрязнения, возделываемой культуры и рельефа местности на каждые 0,5–20,0 га территории закладывают не менее трех пробных площадок размером не менее 10х10 м² (Белюченко и др., 2012).

При фоновом мониторинге почв под лесами во взрослом древостое пробная площадь должна быть не менее 0,25 га. Чем разнообразнее насаждение по составу пород и участию видов растений кустарникового и травяного ярусов, тем больше должно быть заложено пробных площадей. Так, в ельниках-кисличниках 1а и 1б класса бонитета желательно выделять не менее 10–12 участков размером 0,10–0,25 га. При необходимости уменьшать размеры таких проб надо увеличивать их число, особенно это необходимо при пестроте рельефа и различии гранулометрического состава материнских пород в выделенном пункте. Пробные площади должны во всех случаях выделяться определенных размеров и ограничиваться со всех сторон проведением визиров с постановкой колышков, форму площади лучше всего закладывать в виде прямоугольника. Отбивка прямых углов производится мерной вилкой,

эккером или бусолью. Проба на углах остолбляется для сохранности и привязывается к просеке (Бычинский, Вашукевич, 2007).

Выбранные объекты мониторинга должны быть зарегистрированы с точным указанием координат, нанесены на карту (или картосхему) — это позволит следить за изменениями определенных показателей на данном почвенном выделе во времени.

Контрольные вопросы

1. С чего следует начинать работу по созданию программы мониторинга территории?
2. На какие зоны разбивается территория вокруг источника загрязнения?
3. Как выбрать контрольную точку при отсутствии природных аналогов техногенных почв?
4. Как влияет пестрота рельефа на исследуемой территории на число пробных площадей?

2.4. Выбор тестовых участков при контроле состояния загрязненных почв

Принципы выбора точек пробоотбора на фоновой и загрязненной территориях различаются. На *фоновой территории* местоположение тестовых участков определяют в зависимости от ландшафтных особенностей района, для этого проводится рекогносцировочное обследование. Оно должно выявить тип почвообразующих пород, рельеф, тип растительности и почвообразования. Количество и расположение тестовых участков зависит от ландшафтно-геохимических и почвенных особенностей территории. Характер миграции элементов определяется родом геохимического ландшафта. Наиболее распространенными являются следующие три рода ландшафтов.

1. Плоские равнины с замедленным водообменом, слабым эрозийным расчленением или без него (*приморские низменности, аллювиальные равнины, вулканические и другие плато*) — нет выраженных зон аккумуляции, ***местоположение участка зависит только от свойств почвы.***

2. Чередование плоских поверхностей со склонами, поверхностный и подземный сток более энергичен (*эрозионные возвышенности,*

расчлененные плато) — **тестовые участки располагаются и в аккумулятивном, и в элювиальном ландшафте.**

3. Склоновые участки, плоских поверхностей почти нет, характеризуются энергичным водообменом (*горный и сильно холмистый рельеф*) — **тестовые участки располагаются и в аккумулятивном, и в элювиальном ландшафте.**

Таким образом, тестовые участки для ландшафтов второго и третьего рода должны располагаться и в аккумулятивном, и в элювиальном ландшафтах. Контрольный тестовый участок приурочен к элювиальному ландшафту. Содержание поллютантов в почвах аккумулятивных ландшафтов свидетельствует об их миграции в данных условиях.

На *загрязненной территории* точки для отбора почвенных проб размещают на разном расстоянии от источников загрязнения и с учетом розы ветров. Частота размещения точек опробования больше вблизи источника загрязнения (50, 100, 200, 300 м) и сокращается по мере удаления. Форма ареала обследования не является кругом, а представляет собой неправильную форму, вытянутую по розе ветров. Сложность организации ландшафта на загрязненной территории тоже должна приниматься во внимание, тестирование зон аккумуляции необходимо для составления полной картины миграции веществ (Мотузова, Безуглова, 2007).

Площадь тестовых участков не менее $10 \times 10 \text{ м}^2$, форма диктуется характером рельефа (квадрат, прямоугольник). Точечные пробы отбирают на пробной площади из одного или нескольких слоев или горизонтов методом конверта с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для её генетических горизонтов или слоев. Для химического анализа *объединенную пробу* составляют не менее чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединенной пробы должна быть не менее одного килограмма. При отборе точечных проб и составлении объединенной пробы должна быть исключена возможность их вторичного загрязнения. Точечные пробы почвы, предназначенные для определения тяжелых металлов, отбирают инструментом, не содержащим металлов.

Для бактериологического анализа с одной пробной площадки составляют 10 объединенных проб. Каждую объединенную пробу составляют из трех точечных проб массой от 200 до 250 г каждая, отобранных послойно с глубины 0–5 и 5–20 см. Пробы, предназначенные для бактериологического анализа, в целях предотвращения их вто-

ричного загрязнения следует отбирать с соблюдением условий асептики — использовать стерильный инструмент, перемешивать на стерильной поверхности, помещать в стерильную тару (Белюченко и др., 2012).

На тестовых участках проводятся регулярные и периодические наблюдения. Периодичность определяется степенью промышленной освоенности территории, удаленностью от крупных загрязняющих объектов, особенностями контролируемого поллютанта.

Контрольные вопросы

1. Чем определяются принципы выбора точек пробоотбора на фоновой территории?
2. Что положено в основу закладки точек пробоотбора на техногенно загрязненных территориях?
3. Какова минимальная площадь пробной площадки?
4. Что представляет собой объединенная проба?
5. Каковы различия при отборе проб для химического и бактериологического анализов?

2.5. Мониторинг городских почв

В настоящее время (с 2001 г.) в городах сосредоточено более 50 % жителей Земли (Тетиор, 2008). При этом именно города являются центрами возникновения экологических проблем — при вытеснении природных ландшафтов искусственными и перегрузке промышленными объектами происходит рост загрязненности всех компонентов окружающей среды, возникает перенаселенность, изменяются естественные биоритмы человека, ухудшается его здоровье и качество жизни. Поэтому мониторинг окружающей среды на урбанизированных территориях стал трендом современности. Однако разнообразие условий и сложная структура урбанизированных территорий пока не позволяют создать унифицированные схемы мониторинга, проблема находится в стадии активной проработки и совершенствования.

Почвенный покров городов, выполняющий уникальные экологические функции, играет особую роль в формировании их экологической обстановки (Герасимова и др., 2003; Мотузова, Безуглова, 2007; Сизов, 2006, 2016). Городские почвы развиваются не только под воздействием природных факторов почвообразования, но и при активном вмешательстве человека в формирование их свойств, как прямом,

так и косвенном. Результатом этого вмешательства является появление поверхностного органо-минерального слоя, полученного перемешиванием, насыпанием, погребением и/или загрязнением материалами антропогенного происхождения.

Главными отличиями городских почв от естественных являются формирование почв на насыпных, намывных или перемешанных грунтах и культурном слое; наличие включений строительного и бытового мусора в верхних горизонтах; изменение физико-механических свойств почв (пониженная влагоемкость, повышенная уплотненность); изменение кислотно-щелочного баланса и окислительно-восстановительного потенциала; высокая степень разных видов загрязнения, в том числе токсичными химическими элементами, нефтепродуктами, и некоторые другие особенности (Герасимова и др., 2003).

Не углубляясь в подробную диагностику городских почв, приведенную в работах М. И. Герасимовой, М. Н. Строгановой, перечислим основные группы городских почв и почвоподобных тел. Поверхностные участки *открытых, частично озелененных территорий* разделяются на группы почв естественных, не нарушенных, естественно-антропогенных поверхностно преобразованных (естественных нарушенных), антропогенных глубоко преобразованных почв (урбано-земов и техноземов). На открытых поверхностях города залегают также непочвенные образования — насыпные, перемешанные, намывные, техногенные и природные грунты. На *застроенных* территориях под асфальтобетоном или другим дорожным покрытием формируется особая группа почв — почвы «экраноземы» и запечатанные грунты.

Кроме этих почвоподобных образований, в городах имеются участки с безгумусными природными и техногенными открытыми грунтами, а также территории муниципальных мусорных свалок с минеральными грунтами, частично задерновываемыми; техногенные грунты промышленного и урбаногенного происхождения, не встречающиеся в природе, представленные инертными и токсичными отходами промышленных производств (шлаки, золы, горелая земля, иловые осадки со станций аэрации и т. д.) и твердыми бытовыми отходами (Строганова и др., 1997).

Основными функциями городской почвы являются пригодность для произрастания зеленых насаждений, способность абсорбировать в толще загрязняющие вещества и удерживать их от проникновения в почвенно-грунтовые воды. Каждая из перечисленных почвенных

групп выполняет эти функции по-своему, создавая мозаичность условий для жизни биоты и по-разному меняя потоки вещества и энергии в общей экосистеме города.

Осуществление мониторинговых мероприятий таких разных по составу и свойствам почв и почвоподобных тел требует особых подходов, которые до настоящего времени находятся в стадии разработки. Существует сравнительно небольшое число городов, где ведется мониторинг почвенного покрова. Примерами таких городов являются крупные агломерации с острыми экологическими проблемами и значительным научным потенциалом — Москва, Ростов-на-Дону, Владивосток.

Впервые наиболее четко концепция мониторинга городских земель сформулирована в диссертации А. П. Сизова (2006), где дается анализ негативных процессов на городских землях, определен комплекс задач и разработан перечень информативных показателей, контролируемых в процессе мониторинга городских земель, сформулированы основные процедуры его осуществления дистанционными методами при помощи космического зондирования (на примере г. Москвы).

Ведение мониторинга земель осуществляется с помощью периодических наземных обследований, регулярных наблюдений в рамках специализированной сети службы мониторинга, включающей полигоны, стационарные участки и пункты наблюдений, на которых ведется пробоотбор с дальнейшим анализом химических и медико-биологических свойств, а также с помощью анализа материалов космических и аэросъемок. Мониторинг фактического использования земель крупных и крупнейших городов возможно осуществлять при помощи дистанционных методов с применением новых технических средств — спутников «QUICK BIRD» и «IKONOS», обеспечивающих получение в оперативном режиме космических снимков высокого пространственного разрешения (для панхроматических снимков разрешение соответственно 0,61 м и 1,0 м, для мультиспектральных снимков — 2,4 м и 4,0 м). Технологические операции по обработке результатов съемки основаны на современных компьютерных технологиях и реализованы в графической среде MicroStation (Сизов, 2006).

Контрольные вопросы

1. Назовите основные особенности городских почв.
2. Перечислите основные группы почв на территории городов и охарактеризуйте каждую из них.
3. Каковы основные экологические функции почв на урбанизированных территориях?
4. С чем связаны трудности мониторинга почв городов?
5. Какие методы используются для ведения мониторинга в городских условиях?

Заключение

Мониторинг растительно-почвенного покрова позволяет выявить локальные, региональные и глобальные изменения свойств растительности и почв под влиянием как естественных факторов, так и антропогенных воздействий. Последние заслуживают пристального внимания по причине возрастающей техногенной нагрузки на экосистемы. В связи с этим результаты мониторинга растительно-почвенного покрова особенно востребованы в следующих случаях:

- организация мероприятий по предотвращению и/или снижению возможного негативного воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов на период строительства и эксплуатации объекта капитального строительства;

- определение перечня и расчет затрат на реализацию природоохранных мероприятий и компенсационных выплат;

- разработка ситуационного плана (картосхемы) района строительства с указанием на нем границ земельного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства, границ санитарно-защитной зоны, селитебной территории, рекреационных зон, водоохраных зон, зон охраны источников питьевого водоснабжения, местообитаний видов, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и Красные книги субъектов Российской Федерации;

- разработка ситуационного плана (картосхемы) района строительства с указанием границ земельного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства, расположения источников выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и устройств по очистке этих выбросов;

- определение допроектного состояния (параметры и характеристики) окружающей среды, которой может быть нанесен ущерб хозяйственной деятельностью;

- эколого-экономическое обоснование инвестиций в строительство;

- определение основ отрицательного воздействия (виды и факторы) планируемой хозяйственной деятельности — загрязнение атмосферы, загрязнение поверхностных и подземных вод, геологическая оценка и др.;

– подтверждение допустимого воздействия и норм природопользования для определенного вида деятельности, которые, в свою очередь, являются определяющими стабильного развития биогеоценоза послепроектной экологической среды;

– разработка предложений (рекомендации и мероприятия) по предотвращению, снижению или ликвидации загрязнения на основе современных систем защиты окружающей среды;

– разработка территориальных целевых программ и планов действий в сфере рационального природопользования и охраны окружающей среды, устойчивого развития (города и сельские поселения, муниципальные районы, субъекты Российской Федерации, речные бассейны, особо охраняемые природные территории);

– разработка отраслевых программ и планов по природоохранному управлению и совершенствованию природоохранной деятельности (корпорации, промышленные предприятия);

– мониторинг реализации территориальных и отраслевых программ и планов действий;

– разработка методологических подходов и научное обоснование управленческих решений, направленных на снижение уровней риска здоровью населения, в том числе в рамках работ по проектированию путей сообщения и транспортных предприятий, размещаемых на территории населенных мест;

– научное обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия селитебных территорий при принятии решений генерального планирования, включая развитие городов и поселений, строительство и реконструкцию промышленных объектов;

– проработка и обоснование инженерных решений по снижению рисков здоровью населения от воздействия экологически неблагоприятных факторов, оценка эффективности целевых программ по оздоровлению экологической обстановки в городах и поселениях, а также разработка научно обоснованных механизмов контрольно-надзорной деятельности в сфере природопользования на основе риска здоровью от загрязнения окружающей среды.

Таким образом, сведения о растительно-почвенном покрове необходимы при экологическом проектировании, проведении экологической экспертизы, оценке воздействия на окружающую среду, экологическом мониторинге, биоиндикации и др. Естественный растительно-почвенный покров является основным ресурсообразующим

фактором биосферы, значимость которого определяется прежде всего способностью поддерживать качество среды. Его компоненты весьма чувствительны к различным нарушениям и наглядно отражают изменения экологической обстановки территории в результате антропогенного воздействия. Усиливающееся влияние на растительно-почвенный покров приводит к его значительной трансформации или уничтожению, что требует создания действенных рычагов регулирования и регламентации хозяйственной деятельности на основе результатов мониторинга.

Список литературы

1. Андрианова, Ю. Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю. Е. Андрианова, И. А. Тарчевский. — М. : Наука, 2000. — 135 с.
2. Ашихмина, Т. Я. Комплексный экологический мониторинг региона (на примере Кировской области) / Т. Я. Ашихмина, В. М. Сюткин. — Киров : Вятский гос. пед. ун-т, 1997. — 286 с.
3. Беликович, А. В. Ландшафтная флористическая неоднородность растительного покрова (на примере модельных районов Северо-Востока России) / А. В. Беликович. — Владивосток : БПИ ДВО РАН, 2001. — 248 с.
4. Белюченко, И. С. Организация экологического мониторинга биоразнообразия при изменении окружающей среды : практ. пособие / И. С. Белюченко, О. А. Мельник, Ю. Ю. Никифорова. — Краснодар : КубГАУ, 2012. — 70 с.
5. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / под ред. Р. Шуберта. — М. : Мир, 1988. — 350 с.
6. Бычинский, В. А. Тяжелые металлы в почвах в зоне влияния промышленного города / В. А. Бычинский, Н. В. Вашукевич. — Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2007. — 160 с.
7. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по физиологии растений / В. Ф. Гавриленко, М. Е. Ладыгина, Л. М. Хандобина. — М. : Высшая школа, 1975. — 392 с.
8. Галанин, А. В. Ценотическая организация растительного покрова / А. В. Галанин. — Владивосток : Изд-во ДВО РАН, 1989. — 167 с.
9. Галанин, А. В. Ландшафтно-экологический мониторинг (вместо предисловия) / А. В. Галанин // Экологические исследования на стационаре «Контакт» (Верхнеколымское нагорье). — Владивосток : Дальнаука, 1993. — С. 5–24.
10. Галанин, А. В. Мониторинг растительного покрова : состояние проблемы, основные понятия, элементы теории и некоторые результаты / А. В. Галанин // Мониторинг растительного покрова охраняемых территорий российского Дальнего Востока. — Владивосток : БСИ ДВО РАН, 2003. — С. 5–15.
11. Галанин А.В., Постоянные геоботанические пробные площади Сохондинского биосферного заповедника / А. В. Галанин, А. В. Беликович. — Чита : Поиск, 2004. — 228 с.

12. Растительный мир Сихотэ-Алинского биосферного заповедника : разнообразие, динамика, мониторинг / А. В. Галанин, А. В. Беликович, А. В. Богачева и др. — Владивосток : БПИ ДВО РАН, 2000. — 373 с.
13. Галанин, А. В. Мониторинг растительности в заповедниках дальнего Востока и Забайкалья / А. В. Галанин, А. В. Беликович, И. А. Галанина // Мониторинг растительного покрова охраняемых природных территорий российского Дальнего Востока. — Владивосток : БСИ ДВО РАН, 2008. — С. 5–15.
14. Герасимов, И. П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды / И. П. Герасимов // Изв. АН СССР. Сер. : География. — 1975. — Вып. 11 (97). — С. 8–17.
15. Антропогенные почвы : генезис, география, рекультивация : учеб. пособие / М. И. Герасимова, М. Н. Строганова, Н. В. Можарова, Т. В. Прокофьева. — Смоленск : Ойкумена, 2003. — 268 с.
16. Биометрия : учеб. пособие / Н. В. Глотов, Л. А. Житовский, Н. В. Хованов, Н. В. Хромов-Борисов ; под ред. М. М. Тихомировой. — Л. : Изд-во ЛГУ, 1982. — 264 с.
17. Головкин, Т. К. Дыхание растений (физиологические аспекты) / Т. К. Головкин. — СПб. : Наука, 1999. — 204 с.
18. Пигментный комплекс растений природной флоры европейского северо-востока / Т. К. Головкин, И. В. Далькэ, О. В. Дымова, И. Г. Захожий, Г. Н. Табаленкова // Известия Коми научного центра УрО РАН. — 2010. — № 1 (1). — С. 39–46.
19. Добровольский, Г. В. Экология почв : Учение об экологических функциях почв : учебник / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. — М. : Изд-во Моск. ун-та : Наука, 2006. — 364 с.
20. Добровольский, Г. В. Принципы и задачи почвенного мониторинга / Г. В. Добровольский, Д. С. Орлов, Л. А. Гришина // Почвоведение. — 1983. — № 11. — С. 23–34.
21. Зайцев, Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. — М. : Наука, 1984. — 424 с.
22. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль. — М. : Гидрометиздат, 1984. — 375 с.
23. Казеев, К. Ш. Биодиагностика почв : методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. — Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2012. — 260 с.
24. Мониторинг зеленых насаждений с применением беспилотных летательных аппаратов / В. Ф. Ковязин, В. Л. Богданов, В. В. Гарманов, А. Г. Осипов // Аграрный научный журнал. — 2016. — № 4. — С. 14–19.

25. Корец, М. А. Оценка состояния растительного покрова в зоне воздействия промышленных предприятий с использованием данных ENVISAT MERIS и SPOT Vegetation / М. А. Корец, В. А. Рыжкова, С. А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2006. — Вып. 3, т. 2. — С. 330–334.
26. Лакин, Г. Ф. Биометрия : учеб. пособие / Г. Ф. Лакин. — М. : Высшая школа, 1980. — 239 с.
27. Маторин, Д. Н. Флуоресценция хлорофилла для биодиагностики растений / Д. Н. Маторин, А. А. Алексеев. — М. : ПКЦ Альтекс, 2013. — 364 с.
28. Маторин, Д. Н. Флуоресценция хлорофилла высших растений и водорослей / Д. Н. Маторин, А. Б. Рубин. — М.-Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2012. — 256 с.
29. Меняйло, Л. Н. Роль фитогормонов в устойчивости древесных растений к стрессам / Л. Н. Меняйло // Успехи совр. биол. — 1992. — Т. 112, вып. 5–6. — С. 745–757.
30. Микроорганизмы как агенты биомониторинга и биоремедиации загрязненных почв / под общ. ред. Т. Я. Ашихминой, Л. И. Домрачевой. — Киров : Науч. изд-во ВятГУ, 2018. — 254 с.
31. Миркин, Б. М. Теоретические основы современной фитоценологии / Б. М. Миркин. — М. : Наука, 1985. — 137 с.
32. Мозолевская, Е. Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е. Г. Мозолевская, О. А. Катаев, Э. С. Соколова. — М. : Лесная промышленность, 1984. — 152 с.
33. Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений / под ред. Вл. В. Кузнецова, В. В. Кузнецова, Г. А. Романова. — М. : Бином. Лаборатория знаний, 2012. — 487 с.
34. Мониторинг биологического разнообразия лесов России : методология и методы / отв. ред. А. С. Исаев. — М. : Наука, 2008. — 453 с.
35. Мотузова, Г. В. Почвенно-химический экологический мониторинг / Г. В. Мотузова. — М. : Изд-во МГУ, 2001. — 85 с.
36. Мотузова, Г. В. Экологический мониторинг почв: учебник / Г. В. Мотузова, О. С. Безуглова. — М. : Академический Проект ; Гаудеамус, 2007. — 237 с.
37. Мотузова, Г. В. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия / Г. В. Мотузова, Е. А. Карпова. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 2013. — 304 с.

38. Надоховская, Г. А. Организация долгосрочного локального мониторинга растительного покрова территории газовых и газоконденсатных месторождений Западной Сибири / Г. А. Надоховская, Л. Ф. Шепелева // *Krylovia*. — 2000. — Т. 2, № 1. — С. 123–128.
39. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии / ред. К. Уилсон, Дж. Уолкер. — М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013. — 848 с.
40. Пронина, Н. Б. Экологические стрессы (причины, классификация, тестирование, физиолого-биохимические механизмы) / Н. Б. Пронина. — М. : Изд-во МСХА, 2000. — 312 с.
41. Рубин, А. Б. Биофизика фотосинтеза и методы экологического мониторинга / А. Б. Рубин // *Технология живых систем*. — 2005. — Т. 2. — С. 47–68.
42. Серегин, А. П. Сеточное картирование флоры Владимирской области (Россия) : от распространения видов к распространению сообществ / А. П. Серегин // *Растительность России*, 2013. — № 23. — С. 36–56.
43. Сизов, А. П. Городские земли : оценка качества, мониторинг, применение их результатов в регулировании землепользования : дис. ... д-ра техн. наук / А. П. Сизов. — М., 2006. — 398 с.
44. Сизов, А. П. Мониторинг и охрана городской среды : метод. указания / А. П. Сизов, А. С. Мишкина. — М. : МИИГАиК, 2016. — 51 с.
45. Строганова, М. Н. Роль почв в городе / М. Н. Строганова, А. Д. Мягкова, Т. В. Прокофьева // *Почвоведение*. — 1997. — № 1. — С. 96–101.
46. Биохимические индикаторы стрессового состояния древесных растений / Н. Е. Судачкова, И. В. Шеин, Л. И. Романова, И. Л. Милюткина, Ф. Н. Кудашева, Т. Н. Вараксина, Р. А. Степень. — Новосибирск : Наука, 1997. — 176 с.
47. Сутырина, Е. Н. Дистанционное зондирование земли : учеб. пособие / Е. Н. Сутырина. — Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. — 165 с.
48. Тетиор, А. Н. Городская экология / А. Н. Тетиор. — М. : Академия, 2008. — 336 с.
49. Физиолого-биохимические и биофизические методы диагностики степени устойчивости растений к патогенам и другим факторам / под ред. М. Е. Ладыгиной. — М. : Изд-во МГУ, 1992. — 96 с.
50. Черненкокова, Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение / Т. В. Черненкокова. — М. : Наука, 2002. — 191 с.

Оглавление

Введение	3
1. Мониторинг растительного покрова	6
1.1. Мониторинг растительного покрова фоновых территорий.....	14
1.2. Производственный мониторинг растительного покрова ..	19
1.3. Мониторинг зеленых насаждений городов	27
2. Почвенный экологический мониторинг	30
2.1. Виды почвенного экологического мониторинга.....	31
2.2. Показатели почвенного экологического мониторинга.....	35
2.3. Объекты почвенного экологического мониторинга	36
2.4. Выбор тестовых участков при контроле состояния загрязненных почв	38
2.5. Мониторинг городских почв.....	40
Заключение	44
Список литературы	47

Учебное издание

Борисова Марина Анатольевна

Волкова Ирина Николаевна

Маракаев Олег Анатольевич

Мониторинг растительно-почвенного покрова

Учебно-методическое пособие

Редактор, корректор М. Э. Левакова

Верстка М. Э. Леваковой

Подписано в печать 07.12.2020. Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 2,4.

Тираж 2 экз. Заказ

Оригинал-макет подготовлен
в редакционно-издательском отделе ЯрГУ.

Ярославский государственный университет
им. П. Г. Демидова.

150003, Ярославль, ул. Советская, 14.