

УДК 504.06

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА ЗАКОНСЕРВИРОВАННЫХ УЧАСТКАХ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ

Воробьева И.Б., Власова Н.В.

ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» СО РАН, Иркутск, e-mail: irene@irigs.irk.ru

Экологический мониторинг на законсервированных участках горных работ угольного месторождения проводится с целью оценки состояния и прогноза его изменений. Для этого была разработана система экологического мониторинга с включением в систему слежения за процессами не только техногенно измененного участка, но и его природный аналог, который является прототипом законсервированного по компонентам природной среды (почвогрунты, почвы, снег, растительность, животные) во взаимосвязи, который не подвергается сильному воздействию и находится в естественном состоянии. Оценка состояния природной среды производится с учетом данных, полученных в условиях природного аналога, ПДК и экологических нормативов региона. Данная схема экологического мониторинга была опробована в течение 5-ти лет на законсервированных участках горных пород при открытых разработках Азейского бурогоугольного месторождения Иркутского угольного бассейна. Выявлено, что в условиях консервации происходит формирование почвогрунтов, которые на современном этапе их развития представлены в основном техногрунтами, развивающимися, как на рекультивированных территориях, так и там, где этот вид работ не проводился и происходит самозаращение. Борты эксплуатационных площадок и их внутренние отвалы характеризуются развитием пионерных почв – эмбриоземов, но скорости их формирования различны. Определено, что на законсервированных площадях встречаются уцелевшие участки леса в составе березово-сосновых, березовых и осиновых высокотравных лесов со следами техногенного происхождения. Деятельность человека отрицательно сказывается на состоянии таких участков, однако сохранившиеся плодоносящие деревья являются источниками семенного материала, что способствует активному восстановлению растительного покрова. Установлено, что проведение экологического мониторинга на законсервированных участках горных работ позволяет оценить современное состояние и изменение видового состава, плотности произрастания и населения видов животного и растительного мира и трансформацию почвенно-грунтовой толщи.

Ключевые слова: экологический мониторинг, угольные месторождения, законсервированные участки

ENVIRONMENTAL MONITORING ON CONSERVED AREAS OF ROCKS WITHOUT OPEN DEVELOPMENTS

Vorobeva I.B., Vlasova N.V.

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: irene@irigs.irk.ru

Environmental monitoring in the conserved areas of mining of the coal field is carried out in order to assess the state and forecast its changes. For this purpose, an environmental monitoring system was developed with the inclusion in the process tracking system not only of the technogenically modified site, but also its natural analogue, which is a prototype of the conserved by the components of the natural environment (soil, soil, snow, vegetation, animals) in the relationship, which is not exposed to strong influence and is in a natural state. The assessment of the state of the natural environment is made taking into account the data obtained in the conditions of the natural analogue, MPC and environmental standards of the region. This scheme of environmental monitoring was tested for 5 years on the conserved areas of rocks in the open development of the Asian brown coal Deposit of the Irkutsk coal basin. It is revealed that in the conditions of conservation there is a formation of soil-soils, which at the present stage of their development are represented mainly by man-made soils, developing both in recultivated areas and where this type of work was not carried out and self-growth occurs. Boards of operational sites and their internal dumps are characterized by the development of pioneer soils – embryos, but the speed of their formation is different. Determined that the mothballed units occur, the surviving patches of forest composed of birch and pine, birch and aspen forests, tall grass with traces of anthropogenic origin. Human activities have a negative impact on the condition of such sites, but the remaining fruit trees are sources of seed material, which contributes to the active restoration of vegetation. It is established that the environmental monitoring on the conserved areas of mining allows to assess the current state and changes in species composition, density of growth and population of species of flora and fauna and transformation of soil-soil strata.

Keywords: ecological monitoring, coal deposits, canned areas

Вопросы охраны окружающей среды на всех стадиях разработки и консервации угольного месторождения требуют особого внимания и специального планирования. Уголь – самый распространенный в мире энергетический ресурс, его извлечение сопровождается огромным экологическим ущербом природным экосистемам. При добыче открытым способом земли исключаются из обращения и в дальнейшем, после

проведения рекультивации, передаются либо в лесной фонд, либо переводятся в земли сельхозназначения. Также возможен вариант, при изменении экономической ситуации, введения в повторную эксплуатацию ранее законсервированных площадей. На участках горных работ, выведенных из эксплуатации по экономическим причинам, разрабатываются проекты консервации, которые предусматривают организацию мониторинга за со-

стоянием законсервированного объекта и его влияния на окружающую среду.

Цель работы: разработка программы экологического мониторинга (системы наблюдений) за состоянием законсервированных участков горных работ при открытых разработках и их влияние на окружающую среду.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования – снежный и почвенный покров, почвогрунты, растительный и животный мир, трансформированные в результате угледобычи. Отбор и подготовка образцов к анализу проводились в соответствии с нормами, установленными государственными стандартами. Образцы почвы и снега отбирались и анализировались по общепринятым методикам с учетом требований ГОСТов, в сравнении с ПДК и региональным фоном.

Результаты исследования и их обсуждение

Мониторинг – это система повторяющихся наблюдений за одним или более элементов в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой, дающих информацию о состоянии окружающей среды с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза ее изменений в будущем, имеющих значение для человека [1]. Экологический мониторинг – это комплекс наблюдений, оценка и прогноз под воздействием природных и антропогенных факторов [2]. Он включает в себя изучение источников воздействия, факторов воздействия, слежение за состоянием образующих его элементов (отклик живых организмов на воздействие), за изменением их структурных и функциональных показателей; при этом подразумевается наличие или получение данных о первоначальном или фоновом состоянии элементов биосферы. Оценка природной среды подразумевает всесторонний анализ состояния, вызванного воздействием различных факторов на ее компоненты (часто одновременных и усиливающих эффект воздействия).

Экологический мониторинг включает три основных вида деятельности: наблюдение за факторами воздействия и состоянием среды; оценку фактического состояния среды; прогноз состояния окружающей среды и оценку прогнозируемого состояния.

Экологический мониторинг на консервированных участках осуществляется в рамках локального мониторинга, включающего почвенный покров, флору и фауну. Основной задачей экологического мониторинга является ежегодный мониторинг экологического состояния территории. Успех обеспечивается комплексным подходом, который включает в себя мониторинг состояния всех компонентов ландшафтов и установление связей

между ними. В рамках экспериментальных исследований была разработана программа экологического мониторинга законсервированных участков горных работ бурого угольного месторождения при добыче открытым способом, где обоснованы и описаны принципы, методы, подходы и результаты экологического мониторинга за состоянием законсервированных участков горных работ при открытых разработках [3]. Согласно этой программе, экологический мониторинг проводится на двух участках: на законсервированных, где уже произошел процесс трансформации и загрязнения (стадия консервации), и его природном аналоге, что дает возможность сделать оценку с учетом постоянно меняющихся природных условий и определяет тенденции восстановления природной среды. Если результаты, полученные на законсервированном участке, превышают данные, полученные на природном аналоге, ПДК и экологические нормативы региона, прогнозируется зона негативного воздействия. Экологический мониторинг позволяет охарактеризовать современное состояние и влияние законсервированных горных выработок на изменения земельного фонда и его качественных показателей; изменения видового состава, плотности роста и численности видов флоры и фауны; трансформацию почвенно-грунтовой толщи. Степень загрязнения окружающей среды устанавливается при изучении почв, почвенно-грунтовой толщи, снежного покрова, растительности и животных. Проводимые мониторинговые работы позволяют рекомендовать для ввода в эксплуатацию законсервированные площади после некоторого времени консервации.

В начале мониторинговых исследований выбирается участок – природный аналог законсервированного участка горных работ, за пределами границ горного и земельного отводов, одновременно устанавливаются сеть мониторинговых наблюдений (точки) и сроки наблюдений. Необходимость выбора территории-аналога при выполнении мониторинговых работ на законсервированных участках основывается на том, что начальная точка наблюдений приходится на момент консервации участка, когда уже произошло максимальное техногенное изменение природных геосистем территории: выемка и складирование ПСП, грунтов и выработка угольных пластов, перемещение техногенных грунтов внутри разреза и по его периметру, что приводит к полному уничтожению первичных природных признаков территории. В таких условиях территория законсервированного участка и его окружение в границах горного и земельного

отвода не могут быть приняты за фон. Для каждого участка земной поверхности существуют территории-аналоги – это равноценные единицы элементарных геомер, которые являются идентичными по структуре и функционированию физико-географического процесса и его внешнем выражении – на топологическом и региональном уровне класса геомов [4]. Выделение территорий аналогов для законсервированных участков горных разработок заключается в установлении ведущих факторов: баланс солнечной радиации и увлажнение, геологические и геоморфологические характеристики территории, идентичность биогеоценозов, условия формирования и развития почвенного и растительного покрова.

В связи с тем, что мониторинговые работы проводятся на территориях с техногенным изменением, выбор аналога проводится в несколько этапов: 1 – изучение исторического картографического материала на земельный участок, предоставляемого для ведения горных работ: дается характеристика геологического строения, почвенного покрова, рельефа, гидрологической сети, преобладающие растительные ассоциации, климатические показатели; 2 – построение прогнозной карты (в историческом разрезе) для всего земельного участка, переданного для ведения горных работ; 3 – изучение современного картографического материала на территории, находящиеся за пределами земельного участка, на расстоянии 5 км по его периметру, вне зоны его влияния и дается характеристика геологического строения и почвенного покрова, рельефа, гидрологической сети, преобладающие растительные ассоциации, климатические показатели территории на современном этапе развития территории; 4 – проводятся полевые работы с полным ландшафтно-геохимическим обследованием территорий; 5 – границы законсервированных участков, предназначенные для ведения мониторинговых работ, отмечаются на тематических, исторических и прогнозной картах. Определяются природные характеристики территорий до их вовлечения в производство, дается прогноз на ее развитие без техногенного воздействия. Устанавливаются геологические и почвенные характеристики законсервированных областей, их прежние биогеоценозы, отношение к гидрологическим сетям и рельеф, на этих показателях основывается выбор территорий аналогов в современных условиях за пределами земельного отвода; 6 – из всего разнообразия геомер, находящихся за пределами границ земельного участка, выделяются территории с идентичными данными, соответствующими природным характери-

стикам законсервированных участков; 7 – на территорию земельного отвода и выделенных площадей, находящихся за его границами вне зоны техногенного влияния, согласно гидрометеорологическим данным строится векторная диаграмма с равномерным и регулярным распределением лучей по географическим азимутам с вершинами, указывающими стороны света в данной точке (роза ветров), которая характеризует ветровой режим с учетом направления, повторяемости и скорости ветров. Роза ветров позволяет по длине лучей построенного многоугольника выявить направление господствующего или преобладающего ветра, что позволяет определить основное направление воздушного потока, способствующего переносу загрязнений на территории, находящиеся за пределами земельного участка, выделенного для проведения горных работ; 8 – с учетом розы ветров отсекаются территории, находящиеся на пути основного переноса воздушных масс и подвергающиеся негативному воздействию при проведении горных работ; 9 – с учетом рельефа и гидрологической сети вычлняются площади, способные сорбировать в почвенном покрове химические вещества и тонкодисперсные частицы, принимая во внимание их миграционную способность; 10 – на участках, не подвергшихся техногенному воздействию при проведении горных работ вне зоны негативного влияния, выделяются территории, имеющие характеристики геомер, тождественных геомерам, характеризующие земельный отвод до начала добычи угля.

После проведения всех этапов проводится окончательный выбор, выделяются наиболее близкие или идентичные геомеры, которые и принимаются за природные аналоги. Далее выбирается один участок (природный аналог), работа на котором продолжается весь период наблюдений. Благодаря вводу в мониторинговые исследования природных аналогов появляется возможность вычлнения из общей картины загрязняющих веществ, веществ, поступающих на законсервированные площадки, с самого угольного бассейна, и техногенные вещества, поступающие от предприятий, работающих на удалении.

Разработанная программа экологического мониторинга на законсервированных участках горных пород была опробована на открытых разработках Азейского бурогоугольного месторождения, расположенного в северо-западной части Иркутского угольного бассейна. Законсервированный участок, на котором проводились мониторинговые наблюдения, располагается внутри земельного участка, выделенного для ведения горных работ (см. схему). Изучение современного со-

стояния участка и картографического материала показало, что полностью измененный участок ранее был представлен сосново-лиственничными разнотравно-кустарничковыми геосистемами пологих склонов на дерновых лесных почвах и разнотравно-луговых выположенных высоких террас речных долин водотоков второго порядка на лугово-дерновых почвах. Построение прогнозных карт с учетом физико-географических, временных и климатических характеристик территории обнаружило, что при естественном развитии природных геосистем произошло бы незначительное увеличение лесопокрываемой площади с увеличением в древостое сосны и без изменений в почвенном покрове. Изучение природных геосистем по периметру земельного отвода показало, что в окружении выделяются участки, занимаемые сосново-лиственничными разнотравно-кустарничковыми геосистемами пологих склонов на дерновых лесных почвах и разнотравно-луговых выположенных высоких террас речных долин водотоков второго порядка на лугово-дерновых почвах.

Поступление солнечной инсоляции по выбранным участкам идентично. Исследования ветровой повторяемости на территории землеотвода позволили исключить участок № 3 из претендентов на природный аналог, так как он попадает под влияние воздушного

переноса с территории угольного разреза. При более детальном рассмотрении оставшихся двух площадок было выявлено, что в почвенном покрове участка № 1 обнаруживаются процессы первичного подзолообразования и отмечается воздействие автомобильной и железной дорог, что также исключает данную территорию из территорий-аналогов. Участок № 2 характеризуется полной идентификацией с прогнозным состоянием мониторингового законсервированного участка. Таким образом, из трех выбранных участков репрезентативным оказался № 2, который и будет представлен как природный аналог для законсервированного участка. Он располагается на расстоянии 3 км от границы земельного отвода и не испытывает на себе дополнительного техногенного влияния.

Экологический мониторинг проводится одновременно на природном аналоге и на законсервированном участке горных пород. Оценка состояния природной среды проводится с учетом данных естественного аналога, ПДК и экологических нормативов региона. Постоянные площадки наблюдений закладываются и определяются в начале работ, их расположение и частота зависят от площади объекта. Сеть мониторинговых наблюдений включает репрезентативные точки, расположенные на территории законсервированных участков, и их природные аналоги.

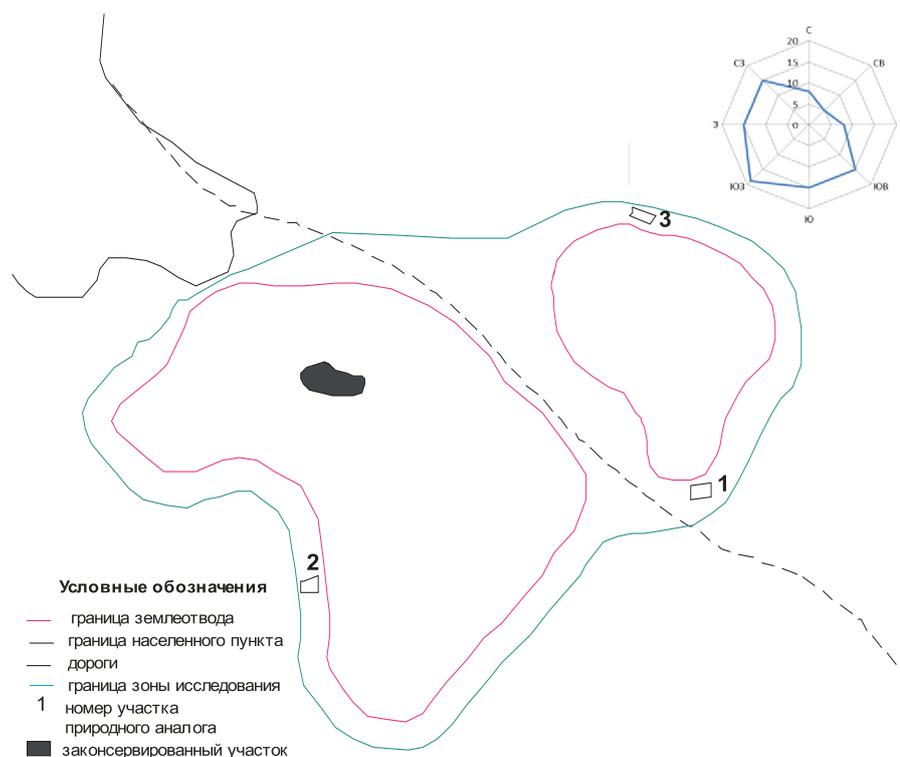


Схема расположения законсервированного участка и природного аналога

При создании системы наблюдения за состоянием окружающей среды основное внимание уделяется: а) анализу исследований по компонентам окружающей среды; б) анализу данных об источниках и масштабах техногенного влияния на окружающую среду; в) определению наилучших (количество и временной интервал) показателей. Работа сети наблюдения обеспечивает комплексную оценку загрязнения компонентов природной среды и их оперативного применения.

Время наблюдения (отбора проб) устанавливается на начальном этапе мониторинга. Периодичность отбора проб составляет два раза в год – летний (отбор почв и техногрунтов и работы по геоботаническому мониторингу) и зимний период – снегосъемка (февраль – март), определение численности, плотности и видового состава млекопитающих с использованием зимнего маршрутного метода учета (ЗМУ). Мониторинг земельных ресурсов включает оценку влияния консервируемых горных выработок на состояние и изменения земельного фонда и его качественных показателей. На прилегающих к консервируемым территориях установлены посты для мониторинга возможной трансформации почвенно-грунтовой толщи и степени ее загрязнения. Мониторинг почв сочетается с мониторингом флоры и фауны.

Законсервированные участки горных работ расположены на территории горных работ, которые находятся в эксплуатации и являются основным источником загрязнения. В таких условиях наиболее приемлемым методом определения сети мониторинга является отбор проб по сетки с четким шагом ячейки. Так как объекты мониторинга имеют сложный рельеф и неровные контуры, отправная точка сети мониторинга уточняется в ходе рекогносцировки на самом участке с учетом высоты точки, возможности улавливания и накопления переносимых загрязнений преобладающего направления ветра и его участия в ландшафтно-геохимическом профиле и др. После определения основной точки на всю площадь участка накладывается сетка с шагом 0,5 км. Сеть мониторинга охватывает весь участок мониторинга, с захватом прилегающей территории и выходом за границы законсервированного участка на 0,5 км, с фиксацией наиболее удаленных точек. Такая сеть мониторинга облегчает контроль за появлением представителей животного мира на объекте мониторинга, увеличением их численности, изменением видового состава, а также позволяет оценить площадь рассеяния и концентрацию загрязняющих веществ в почве, растительности, снежном покрове. Это дает возможность проводить

достоверную оценку воздействия объекта на окружающую среду и прогноза изменений ее состояния в будущем, что приведет к снижению риска загрязнения окружающей природной среды и возникновения сложных экологических ситуаций.

Концентрации загрязняющих веществ в отобранных пробах (почва, растительность) определяются количественным химическим анализом. Проведенные анализы и расчет коэффициентов позволяют контролировать концентрации элементов, обладающих миграционной способностью накапливаться в почвогрунтах или растительности и выноситься за пределы объекта мониторинга. В почвенных разрезах отбор проб производится по слоям с глубин: 0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50 см, а на образовавшихся почвах – под типичными горизонтами. Отбор образцов растений осуществляется на площади 250 см² в трех повторностях с разбором по видам.

Были применены методы биотестирования и биоиндикации, которые включают определение биологической активности и токсичности почв. Методы биоиндикации и химико-аналитических исследований дополняют друг друга и повышают информативность и надежность исследований. Анализ образцов по сертифицированным методикам дает возможность оценить качество окружающей среды с выявлением предпосылок возникновения условий для иницирования процессов самовосстановления на законсервированном участке.

Система экологического мониторинга за состоянием почвогрунтов базируется на ландшафтно-геохимической дифференциации и наиболее вероятных путях поверхностной и грунтовой (подпочвенной) миграции загрязняющих веществ в соответствии с требованиями ГОСТов [5, 6]. Обязательному контролю подлежат структура, физические свойства – гранулометрический состав, объемная масса, влажность и др., химические свойства – рН, содержание гумуса, азота, карбонатов CO₂, легкорастворимых солей, физико-химические свойства – обменные основания, обменные катионы – Na⁺, Al₃⁺, H⁺, тяжелые металлы, биологическая активность почв, токсичность. Параметры подбираются с учетом процессов, происходящих в естественно зарастающих отвалах, на рекультивируемых участках и участках консервации бурогольного месторождения.

Снежный покров фиксирует фактический объем выпадения загрязняющих веществ в холодное и продолжительное время года. Данные, полученные методом снегосъемки, показательны, так как снежный

покров, являясь депонирующей средой, обладает интегральным отражением приземной концентрации атмосферных примесей. После транспортировки образцов снеговой воды в лабораторных условиях в них, согласно ГОСТ [5], проводятся аналитические работы по определению химического состава и качества стандартизированными методами.

Мониторинг состояния растительного покрова – долгосрочный процесс: от пионерного до эквифинального (конечного), обнаружение реакции растительного покрова и, прежде всего, редких видов на антропогенное воздействие, определение охраняемых видов на прилегающих территориях. При проведении мониторинговых исследований за растительным покровом особое внимание уделяется морфологическим особенностям листьев, пигментации на стволе и листьях, окраске, а также выявлению различных аномалий.

Система экологического мониторинга за состоянием животного мира основывается на оценке численности популяций животных, в том числе включенные в Красную книгу Российской Федерации, Красную книгу Иркутской области на территории законсервированных участков, а также прогноз состояния популяций редких видов животных и мест их обитания. Оценка численности, плотности и видового состава популяции животных, структурных особенностей, особенностей биотопической локализации в пределах выявленных типов местообитаний основана на результатах маршрутных исследований, что позволяет оценить исходную численность животных их видового разнообразия и проследить характер и направление изменений как в видовом, так и в численном направлении.

Одновременно эта же работа проводится на заранее выбранном участке природного аналога, который находится за пределами законсервированного участка.

Предложенная схема экологического мониторинга на законсервированных участках горных работ была апробирована в течение 5 лет при открытых разработках Азейского бурогоугольного месторождения, расположенного в Тулунском районе Иркутской области в северо-западной части Иркутского угольного бассейна. Работы проводились на трех законсервированных участках «Производственный участок Разрез Азейский Филиал Тулунуголь ООО компания ВостокСибУголь» и позволили выявить следующие тенденции: восстановление плодородного слоя почвенного покрова; активное восстановление рас-

тительного покрова; увеличение ареалов распространения обитающих животных (заход с природных территорий на законсервированные участки).

Заключение

Проведение экологического мониторинга на законсервированных горных выработках позволяет оценить современное состояние и изменение видового состава, плотности произрастания и населения видов животного и растительного мира и трансформацию почвенно-грунтовой толщи.

В результате экологического мониторинга выявлено, что в условиях консервации происходит формирование почвогрунтов, которые на современном этапе их развития представлены в основном техногрунтами, развивающимися, как на рекультивированных территориях, так и там, где этот вид работ не проводился и происходит самозарастание. Борты эксплуатационных площадок и их внутренние отвалы характеризуются развитием пионерных почв – эмбриоземов, но скорости их формирования различны. Незначительные площади представлены дерновыми лесными и дерновыми лесными слабоподзоленными.

На законсервированных площадях встречаются уцелевшие участки леса. Преимущественно это березово-сосновые, березовые и осиновые высокотравные леса со следами техногенного происхождения – вырубкой крупных экземпляров деревьев, свалками, стоянками техники, что приводит к частичному снятию и повреждению верхних горизонтов почвы. Деятельность человека отрицательно сказывается на состоянии таких участков, однако сохранившиеся плодоносящие деревья являются источниками семенного материала.

Список литературы

1. Мачулина Н.Ю. Экологический мониторинг. Ухта: УГТУ, 2016. 168 с.
2. Государственный доклад. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2016 году. Иркутск: Изд-во «Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН», 2016. 335 с.
3. Пат. RU 2655623 Способ экологического мониторинга на законсервированных участках горных работ / Власова Н.В., Воробьева И.Б., заявитель и патентообладатель Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 016141409/15(066279); заявл. 21.10.2016; опубл. 17.04.2018.
4. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 318 с.
5. Андроханов В.А., Курачев В.Н. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / Отв. ред. А.И. Сысо; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
6. Якунина И.В. Попов Н.С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. 188 с.