

Методы геоэкологических исследований нефтепромысловой трансформации наземных экосистем

С.А. Бузмаков

Нефтяная промышленность – одна из ведущих отраслей России, поэтому вопросы экологической безопасности, трансформации природной среды достаточно активно обсуждаются в научной литературе. При этом используются различные подходы, которые по предмету и проблемам изучения можно разделить на геотехническо-факториальный, территориальный, ландшафтный, компонентный, природопользовательский, санитарно-гигиенический.

При геотехническом подходе в основном описываются объекты нефтедобывающей промышленности, определяется мощность их воздействия в качестве источников загрязнения, изучается степень опасности типов технических сооружений, используемых технологий для окружающей среды, выделяются факторы воздействия на атмосферу, водные объекты, почвы.

Территориальный способ изучения ориентирован на определение землеемкости тех или иных технологий, технофильности различных природных объектов.

Ландшафтный подход обычно предполагает анализ устойчивости (и трансформации) географических систем различного иерархического уровня (масштаба) к техногенному воздействию.

При покомпонентном подходе оценивается состояние отдельных природных компонентов (геологической среды, атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвенного покрова, растительности, животного мира).

В рамках рационального природопользования решаются проблемы пространственно-временного совмещения и дополнения природных ресурсов, как правило, в целях комплексного и устойчивого хозяйствования.

Кроме того, довольно часто для оценки состояния таких компонентов природных территорий, как атмосфера, вода, почвы, применяются санитарно-гигиенические критерии качества окружающей человека среды. Представляется, что совершенно недопустимо распространение применения данных параметров, разработанных для оценки влияния поллютантов на организм отдельного человека, на объекты природы.

Согласно анализу научной литературы, в регионе с наиболее развитой нефтедобывающей промышленностью активно используются геотехнический и территориальные методы (35,1% публикаций за 10 лет), рационального природопользования (32%), санитарно-гигиенический и ландшафтный – по 14,2% [9].

Разнообразные методологии, основанные на вышеперечисленных подходах, позволяют расширять и углублять наши представления о нефтепромысловом техногенезе, его влиянии на трансформацию природной среды. Все они носят хорошо выраженный экологический (средоохранный) характер. При этом связь с классическими представлениями экологии (науки, изучающей экосистемы) довольно относительная, заключающаяся в переносе и переосмыслении терминологии из одной области научных знаний в другую [10].

Геоэкология изначально понималась как научная дисциплина, рожденная на синтезе биогеографии, экологии и ландшафтоведения [2]. Соединение методов данных наук позволяет получить новые представления как о пространственно-временных, так и

о структурно-функциональных закономерностях существования природных и антропогенно преобразованных экосистем.

Современная методология изучения экосистем включает применение комплекса географических и экологических методов (полевые наблюдения, экспериментальные исследования реальных моделей, анализ картографических материалов и др.).

Факторы, действующие в природной среде, имеют большое количество классификаций, построенных на принципах их генезиса, периодичности и времени действия, масштабов пространства. В 60-е гг. 20 в. стали выделять в отдельную группу так называемые антропогенные факторы, возникновение которых обусловлено хозяйственной и иной деятельностью человека [7].

Такое выделение причин, определяющих развитие или деградацию географической среды жизнедеятельности человеческого общества, несомненно, в свое время было оправдано. Однако следует признать, что антропогенные факторы могут быть лишь биологическими, химическими, физическими. И в этом смысле воздействие человека ничем не отличается от других биологических видов. Даже по масштабам в пространственном и временном отношении в истории биосферы можно найти схожие примеры трансформации природной среды. Динамика изменения экосистемы обусловлена эндогенными и экзогенными процессами, проходит в форме сукцессионных и климаксовых смен видового состава, биоценотических связей, круговорота биогенных элементов и т.д.

Жизнедеятельность любого сообщества ведет к существенному накоплению биогенных веществ, изменению биотопических условий и делает невозможным его дальнейшее существование. На смену приходит другое видовое сообщество, и наступает следующая стадия развития экосистемы. Влияние хозяйственной деятельности человека гомологично по своей сущности. Антропогенные вещества и в целом результаты деятельности изменяют биотоп и приводят к трансформации исходных сообществ. В зависимости от пространственно-временных масштабов этих изменений могут выделяться состояния экологической нормы, кризиса и катастрофы.

В связи с этим возникает необходимость изучения процессов трансформации экосистем, находящихся в условиях загрязнения, для разработки научно обоснованных решений по нормализации среды обитания, прежде всего, на локальном, региональном и глобальном уровне.

Природная среда – это иерархия систем; экосистема – это открытая расчлененная система. Смена биогеохимических условий вызывает адекватную реакцию биоты. Под техногенной трансформацией экосистем понимается обратимый процесс изменения природных компонентов, приводящий к нарушению метаболизма, функционирования и структуры исходных экосистем, вплоть до перехода их посредством смен состояний из ряда биогенных в ряд абиогенных (деградация); а также обратный ряд их восстановления.

В условиях техногенеза природные системы не в состоянии справиться с потоками поступающих извне веществ, и в результате образуются техногенные биогеохимические аномалии со специфическими условиями развития. В связи с этим достаточно важным представляется изучение процессов трансформации экосистем с целью установления направленности и динамики их развития в новых условиях [3].

В обычном смысле устойчивость – это способность сохраняться в целостности, не поддаваться разрушению, не терять своих свойств. Устойчивость природных систем обычно определяется их способностью сохранять структуру и функции при воздействии внешних факторов.

Д.М. Гродзинский рассматривает устойчивость как свойство геосистем, проявляющееся в трех общих формах: инертности (способность геосистем оставаться в за-

данном состоянии в течение определенного интервала времени), восстанавливаемости (способность возвращаться в первоначальное состояние за определенный интервал времени), пластичности (наличие у геосистем нескольких нормальных или допустимых состояний в рамках одного инварианта и способность переходить в течение определенного интервала времени из одного состояния в другое) [2]. В экологии выделяют резистентную и упругую устойчивость [7].

Основной функциональной единицей организации природной среды является экосистема. Экосистемы представляют собой открытые системы, поэтому важной характеристикой состояния является среда на выходе и среда на входе. Основные компоненты экосистемы – автотрофы-продуценты, гетеротрофы-консументы, гетеротрофы-редуценты, биотоп, поток энергии и круговорот веществ [7]. Устойчивость природных систем по отношению к техногенным факторам определяется характером техногенного воздействия и свойствами самих природных систем, в данном случае их структурой и характером функционирования.

Основными техногенными факторами, определяющими трансформацию природной среды при эксплуатации нефтяного месторождения, считаются механические нарушения биогеоценологического покрова, перераспределение стока воды, загрязнение атмосферы, поступление нефтепродуктов и соленых вод.

Данный набор факторов определяет, что для изучения основных пространственно-временных характеристик иерархически организованных природных комплексов наиболее пригодны водосборные бассейны. Их целесообразно выделять с учетом следующего: границами экосистем являются линии водоразделов, структуру бассейнов организуют линии тальвегов (водотоков); водотоками (соответственно бассейнами) первого порядка называются водотоки, существование которых определяется только поверхностным, внутрипочвенным, грунтовым стоком или разгрузкой подземных вод; при слиянии двух водотоков первого порядка образуется водоток второго порядка (соответственно бассейн второго порядка), впадение водотока первого порядка в водоток второго порядка не меняет порядка последнего; при слиянии двух водотоков второго порядка образуется водоток третьего порядка и т. д. [8]. В качестве элементарной, далее неделимой, экосистемы берется земельный, лесной контур (выдел), в пространстве которого существует однотипный почвенно-растительный покров.

В выделении водотоков первого порядка, как правило, существует некоторая неопределенность. Вследствие этого для построения иерархической бассейновой системы целесообразно использование топографических карт определенного масштаба (1:25000, 1:50000).

Оптимальной экологической системой принимается климаксовое сообщество, накапливающее максимальную биомассу, обладающую наибольшей потенциальной биологической продуктивностью, обеспечивающей определенную замкнутость и скорость круговорота вещества. Такая система максимально поглощает энергию солнца, осуществляет эффективный обмен влагой и веществом с атмосферой, поддерживая тем самым и относительно длительную стабильность существования своего видового сообщества.

Масштабы изменений среды на входе и на выходе сильно варьируют и зависят от нескольких переменных, например, от размеров системы, интенсивности обмена, сбалансированности автотрофных, гетеротрофных и сапротрофных процессов, стадии и степени развития системы (молодые отличаются от зрелых) [7].

Количественная выраженность соответствующих характеристик зависит от медленно меняющихся или постоянных условий, свойственных для региона: климата, литологии, рельефа.

Собственные экологические параметры во всех случаях остаются постоянными. К ним относятся видовой состав, состояние продуцентов, консументов, редуцентов; максимум биомассы с наибольшей продукцией; замкнутость и качество круговорота веществ; высокий уровень пространственного разнообразия элементарных сообществ.

Ю.Г. Пузаченко предложена географическая методика измерения основных экологических свойств пространственно ограниченных экосистем [8]. Основными переменными принимаются: запас фитомассы (как показатель энергоемкости системы), количество и соотношение химических соединений на входе и выходе (тест качества круговорота), соотношение твердой фазы стока на входе и выходе (показатель замкнутости и устойчивости), влагорегулирующие показатели системы (показатель энергообмена и замкнутости круговорота), разнообразие пространственной структуры (показатель сложности и потенциальной стабильности), возраст (сукцессионная стадия), гетеротрофная и сапротрофная емкости экосистем. Эти показатели могут выступать в измерениях через индуцирующие их параметры и слагающие их частные переменные. Данный подход [8] позволяет адаптировать методику к различным регионам и предложить дополнения для расчета таких свойств, как атмогеохимическая обстановка, почвенное депонирование, гетеротрофная емкость среды.

В соответствии с этими критериями выбираются следующие основные переменные и принципы их измерения: запас фитомассы (как показатель энергоемкости системы); возраст экосистемы; разнообразие пространственной структуры (показатель сложности и потенциальной стабильности); гетеротрофная емкость экосистемы; влагорегулирующие показатели системы (показатель энергообмена и замкнутости круговорота); количество и соотношение химических соединений, твердой фазы на входе и выходе (тест качества круговорота). Эти переменные могут выступать в измерениях через прямые и косвенные показатели.

Для первоначальной оценки состояния экосистем определяются следующие параметры: запас фитомассы, продуктивность, возраст, пространственное разнообразие, структура влагообмена атмосферы с подстилающей поверхностью, альbedo, радиационный баланс, структура теплового баланса.

Площадь водосборов определяется по данным лесотаксации, планам лесонасаждений методом автоматического определения площадей по картам при помощи геоинформационных технологий.

Общий запас фитомассы водосборного бассейна определялся на основе материалов лесной таксации для каждого участка через запас древесины (в м³). Так как запасы фитомассы на безлесных территориях несоизмеримы с запасами в лесах и во всех случаях не превышают одного процента, то для территорий лесной зоны для оценки фитомассы достаточно использования показателей запасов древесины. Для каждого участка оценка запасов фитомассы на гектар дается по следующей формуле:

$$M_{(\text{экосистемы})} = \sum p_i V_i,$$

где p_i – доля участка от площади экосистемы,

V_i – средний запас древесины в пределах участка, м³/га.

Аналогично на основе среднего бонитета, группы возраста лесной территории участка, которые определяются по материалам лесотаксации, оцениваются продуктивность и возраст экосистем. Сельскохозяйственным землям, населенным пунктам, дорогам, промышленным площадкам присваивается низший показатель.

Гетеротрофная емкость экосистем Пермской области, балл

Биотоп	Бонитет типов охотугодий											Средний бонитет
	медведь	лось	кабан	заяц-беляк	куница	норка, выдра	бобр	глухарь	тетерев	рябчик	водоплавающая дичь	
Сосновые насаждения	3	5	5	5	3	-	-	3	5	5	-	4,25
Еловые насаждения	3	3	3	3	1	-	-	3	5	3	-	3
Лиственные насаждения	3	3	5	3	3	-	-	5	5	3	-	3,75
Березовые насаждения	5	3	5	3	5	-	-	5	3	3	-	4
Осинники	3	1	5	1	3	-	-	3	5	3	-	3
Хвойные молодняки	3	1	5	3	3	-	-	5	5	5	-	3,75
Лиственные молодняки	3	1	5	1	3	-	-	5	5	3	-	3,25
Вырубки	3	3	3	1	5	-	-	5	5	3	-	3,5
Водные угодья	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	3	3
Сельскохозяйственные угодья	3	5	5	5	3	-	-	3	5	5	-	4,25
Прочие	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Характеристика гетеротрофной емкости экосистем обследованных территорий дается с помощью таких параметров, как видовой состав, бонитет угодий. В основу положены представления о емкости охотничьих угодий. В табл. 1 представлен расчет среднего бонитета типичных охотничьих угодий Пермской области.

В основу выделения типов угодий положены следующие лесотаксационные показатели: состав лесонасаждений, их возраст, полнота, условия местопроизрастания. Всего было выделено 11 типов.

Сосновые насаждения. Это насаждения, в которых сосна составляет четыре и более единиц. В их составе обычно присутствуют ель, береза, осина. **Еловые насаждения.** Ель занимает господствующее положение (от четырех и более единиц от состава древостоя). В составе также участвуют пихта, береза, осина. К хвойным молоднякам относятся насаждения сосны и ели как искусственного, так и естественного происхождения первого класса возраста, т. е. до 20 лет. В составе древостоев присутствуют береза, пихта, осина, липа. К **березовым насаждениям** относятся леса в возрасте свыше 20 лет, возникшие на месте пихтово-еловых и сосновых лесов после сплошных рубок и пожаров. Поэтому во втором ярусе здесь часто находятся в подросте ель, сосна, пихта. Подлесок и травянистый ярус средней густоты, равномерный. **Лиственные насаждения.** Их возраст свыше 20 лет. Это леса, в составе которых присутствуют различные лиственные породы, среди которых береза и осина не являются доминирующими, в основном липа, ива, береза, осина, ольха.

Лиственные насаждения образовались в результате вырубок, гарей, поэтому в подросте встречаются хвойные породы. Лиственные молодняки представлены насаждениями лиственных пород в возрасте до 10 лет (1-й класс возраста). Наибольшую площадь занимают березняки, осинники по вырубкам и гарям. Для них характерны куртинность насаждений различной сомкнутости, наличие небольших полян, высокий и густой травянистый покров с преобладанием зонтичных, осок, крапивы, таволги и др. **Осинники**, как и березовые леса, являются производными насаждениями, сменившими хвойные леса на месте вырубок и гарей. Подлесок и напочвенный покров средней густоты.

Сельскохозяйственные угодья. Это открытые участки на землях сельскохозяйственного использования, где обитают лисицы, куницы, тетерева. Водные угодья состоят из рек, ручьев, озер. Этот тип угодий относится к числу наиболее важных по производительности и продуктивности. Их обитателями являются водоплавающие. Около водных угодий поселяются такие ценные, с хозяйственной точки зрения, животные, как бобр, норка, выдра. К прочим угодьям относятся объекты нефтяной инфраструктуры, населенные пункты, дороги, ЛЭП, просеки и т.д.

Гетеротрофная емкость определялась как

$$G = \sum p_i \cdot b,$$

где p_i – доля участка (биотопа);
 b – средний бонитет биотопа.

Оценка разнообразия типов элементарных экосистем оценивается следующим образом. Находится индекс разнообразия на основе лесотаксационного определения типа леса. Для его расчета была использована формула:

$$H = - \sum (p_i \log_2 p_i),$$

где H – индекс разнообразия;
 p_i – доля типа участка;

Для определения оценки коэффициента структуры (E) была использована формула

$$E = H / \log p ,$$

где H – индекс разнообразия;
 p – число типов участков.

В среднем оптимальное функционирование любой системы характерно при $E = 0,7$. Упрощение ($E < 0,7$) и усложнение ($E > 0,7$) системы снижает качество функционирования вне зависимости от H . Значения $E < 0,45$ и $E > 0,9$ можно считать критическими.

При оценке разнообразия в качестве фона выступают значения показателей более ранних наблюдений (например, значения показателей биоразнообразия до и после сельскохозяйственного освоения). Экологические нарушения обычно связаны с отклонениями от нормы в сторону меньших значений.

Нарушенность влагообмена с атмосферой определяется суммой произведений нормативных коэффициентов для типов территорий и долей участия каждого типа в пределах элементарного участка, деленной на разность нормативных коэффициентов для лесной территории и поверхности без растительности, т.е.

$$Q_{rb} = (Fp_i + Mp_i + Ap_i + Dp_i - D) / (F - D),$$

где F, M, A, D – индексы, обозначающие тип поверхности,
 p_i – доля участия соответствующего типа на территории элементарного участка.

Значения нормативных коэффициентов, уточненных для Пермской области, приведены в табл. 2. За норму принимается величина Q_{rb} , близкая к 0,7.

Таблица 2

Вклад во влагооборот различных типов территорий по отношению к открытой водной поверхности*

Индекс	Территория	Тайга		Смешанный и широколиственный лес	Лесостепь и степь
		средняя	южная		
F	Лесная	0,90	0,85	0,80	0,6
M	Безлесная с естественной растительностью и лугами	0,50	0,60	0,60	0,50
A	Сельскохозяйственная	0,50	0,50	0,50	0,35
D	Без растительности	0,2	0,2	0,15	0,15

*Испарение с водной поверхности принимается за единицу.

Временная региональная норма состояния территории определяется по общей схеме. Рассматриваемая оценка пропорциональна косвенному использованию солнечной энергии в сельской местности, городе, на промышленном объекте в результате уменьшения теплового баланса территории и изменения его структуры. Она косвенно

показывает возможный вклад элементарного участка в изменение мезоклимата экосистем первого – третьего порядка. При прочих равных условиях чем ниже Q_{rb} в регионе, тем больше суточные амплитуды температур и вероятность засух.

Оценка нарушенности территории по степени изменения альbedo, радиационного баланса и структуры теплового баланса вычисляется похожим образом [8].

Степень качества круговорота веществ в экосистемах первого – третьего порядка определяется по соотношению количества взвешенных частиц, химических веществ в пробах на входе в систему и выходе из нее. Сравниваются показатели проб, отобранных в одних и тех же водопунктах в разное время (внутригодовая динамика); они же сопоставляются с фоновыми значениями. По степени схожести химического состава веществ в круговороте можно оценить связь подземных источников и поверхностных вод.

Оценивание проводится на основе сопоставления современных значений переменной, характеризующей состояние системы, со значением, рассматриваемым как норма его состояния.

При анализе круговорота веществ поверхностных и подземных вод за норму берутся фоновые значения концентраций веществ (до начала той или иной хозяйственной деятельности).

Сравнение текущего состояния с представлениями о норме показывает, насколько система отклонена от состояния равновесия.

Экологические нарушения обычно связаны с отклонениями от нормы в сторону больших концентраций вещества. Мера качества круговорота веществ оценивается по формуле [8]:

$$Q_1 = 6(\ln X_{\text{вых}} / \ln X_{\text{вх}} - 1),$$

где Q_1 – коэффициент качества круговорота веществ;

$X_{\text{вых}}$ – концентрация вещества на выходе экосистемы;

$X_{\text{вх}}$ – концентрация вещества на входе экосистемы.

Оценка качества и замкнутости круговорота веществ определяется следующим образом. Если коэффициент качества круговорота веществ менее трех, то можно считать, что имеет место допустимая ситуация, не выходящая за пределы случайного процесса, или изменения в пределах нормы, если составляет три-четыре, то речь идет о существенных нарушениях, если равен четырем-шести, то нарушения весьма значительные, а больше шести – угрожающие [8].

При измерении нескольких переменных (i) обобщенная оценка при анализе качества круговорота веществ может быть получена как сумма частных оценок $Q(i)$, взятых по модулю. Суммирование показателей дает общую оценку масштабов изменений.

Состояние растительности на территории месторождений нефти должно оцениваться методами, позволяющими определять уровень ее техногенной деградации, которые в настоящее время достаточно хорошо разработаны. Однако определение ущерба, нанесенного древесной и луговой растительностям в связи с их биологическими и хозяйственными особенностями, в значительной мере отличается. Состояние древостоя, находящегося в районе нефтедобычи, определяется в соответствии с методикой, основу которой составляет его санитарная оценка. В целом данная методика обеспечивает единый подход, сравнимость результатов. Ухудшение санитарного состояния и гибель древостоев в короткий срок, совпадающий со временем эксплуатации нефтепромыслов, свидетельствуют о вредном воздействии выбросов предприятий. Для оценки степени антропогенной нагрузки на растительность, находящуюся на территории место-

рождения, можно использовать классификацию антропогенной деградации по доле участия синантропных растений в составе сообществ [6]. Для характеристики изменений животного населения проводится учет модельных видов млекопитающих. Для оценки экологической ситуации при краткосрочных исследованиях наиболее достоверным методом является сравнение состояния животных на контрольных территориях и на подверженных техногенному воздействию.

Животных, подвергающихся воздействию нефтепромысловых загрязнений, можно разделить на три группы. К первой относятся виды, пространственные масштабы популяции которых соответствуют регионам, нескольким административным областям, где в пределах месторождения нефти техногенная нагрузка воздействует на группировку животных субпопуляционного ранга. К таким видам можно отнести лося, волка, лису, зайца-беляка и русака, обыкновенную белку и ряд других промысловых видов. Необходимо отметить, что эти животные являются объектами преднамеренного воздействия со стороны человека. Проблемы устойчивости популяций таких видов к техногенной нагрузке неотделимы от задач, связанных с ведением охотничьего хозяйства.

При изучении техногенной нагрузки на территории месторождения размеры исследуемого пространства должны быть сопоставимы с районом, занимаемым устойчивой внутривидовой группировкой популяционного ранга. Использование видов с большим радиусом индивидуальной активности и большим средним расстоянием сезонных перемещений для наблюдений за состоянием животного мира на территории нефтяного месторождения нецелесообразно. Такие виды пригодны для оценки состояния животного мира на территории, охватывающей более крупные регионы. Необходимо отметить также нецелесообразность использования малоподвижных видов при комплексной оценке техногенных изменений среды.

Микроорганизмы, использующие углеводороды, широко распространены в природе. Они являются обычными сочленами биоценозов. Во всех биотопах в большом количестве содержатся микроорганизмы, способные окислять жидкие парафины и значительно реже использующие летучие углеводороды. Селекционирующее влияние нефти на почвенную микрофлору, потребляющую отдельные индивидуальные углеводороды, неодинаково. Для почв, содержащих нефтепродукты, характерно присутствие узкоспециализированных форм микроорганизмов: окисляющих газообразные углеводороды; термофилов, усваивающих твердые парафины; бактерий, использующих ароматические углеводороды [4]. Численность нефтеокисляющих микроорганизмов может быть бактериальным показателем, характеризующим состояние гетеротрофов-редуцентов.

Фитотоксичность биотопа можно определить методом почвенных пластинок. Существенным индикатором состояния биотопа является уровень выделения углекислого газа. Активность этого процесса характеризует протекающие в почве процессы синтеза и распада, потребления и выделения органических и минеральных веществ. Выделение CO_2 можно рассматривать как интегральный показатель интенсивности микробиологических процессов и содержания легкогидролизуемого органического вещества почв [5].

Изучение трансформации экосистемы представляется наиболее эффективным, когда все применяемые методы (наблюдение, эксперимент, моделирование) интегрируются в едином процессе геоэкологического исследования. Процесс комплексного исследования необходимо расчленить на ряд этапов: актуализация и концептуализация целей исследования, спецификация наблюдений, идентификация природно-техногенных процессов, эксперименты, реализация модели, исследование (анализ) модели, оптимизация, заключительное обобщение.

Актуализация целей исследования включает анализ современных представлений о техногенных трансформациях под влиянием хозяйственной деятельности, определение основных факторов воздействия промышленности на природную среду, выделение специфики нефтедобывающей, определение известных географических закономерностей техногенных изменений. На этой базе формируется первоначальная концепция трансформации экосистем.

Для наблюдений за пространственно-временными, структурно-функциональными изменениями природной среды разрабатывается система слежения за ее состоянием, которая включает источники и факторы техногенного воздействия, природные компоненты, комплексы, вход и выход экосистем [1].

Экспериментальными и теоретическими методами определяются критерии оценки состояния экосистем (деградационной и восстановительной трансформации).

В пространственном отношении выделяются изменение элементарных экосистем и экосистем первого, второго, третьего порядка, возможное влияние на субрегиональном уровне.

На следующем этапе проводится сравнительный анализ экосистем различного иерархического уровня, находящихся в различных географических условиях: подзоне средней тайги, подзоне южной тайги, Кунгурской лесостепи и широколиственно-хвойных лесах.

Уровень техногенной трансформации зависит от исходных условий преобладающего природопользования. Поэтому представляется целесообразным изучение особенностей ее протекания на лесных, сельскохозяйственных, особо охраняемых природных территориях.

На основе полученных данных строятся и оптимизируются пространственно-временные и структурно-функциональные модели трансформации наземных экосистем. Прогнозируется развитие аналогичных территорий и определяется достоверность моделей. Проектируются (регулируются) техногенные трансформации экосистем для оптимизации состояния природной среды.

Библиографический список

1. Бузмаков С.А. Основы методологии геоэкологических исследований трансформации географической среды / С. А. Бузмаков // Географические проблемы Уральского Прикамья: Матер. регион. науч-практ. конф./ Перм. ун-т. Пермь. 2003.
2. Гродзинский М.Д. Устойчивость геосистем: теоретический подход к анализу и методы количественной оценки / М.Д. Гродзинский // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. 1987. № 6.
3. Давыдова Н. Д. Техногенная трансформация топогеосистем в условиях атмосферного загрязнения / Н.Д. Давыдова // География и природные ресурсы. 2002. №4.
4. Квасников Е.И. Микроорганизмы – деструкторы нефти в водных бассейнах / Е. И. Квасников, Т.М. Ключникова. Киев: Наукова думка, 1981.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991.
6. Овеснов С.А. К вопросу об организации и ведении импактного биомониторинга / С.А. Овеснов, С.А. Бузмаков, Л.В. Кувшинская // Вестн. Перм. ун-та. 2000, вып. 2. Биология.
7. Одум Ю. Экология / Ю. Одум. М.: Мир, 1986. Т.2. 376 с.

8. *Пузаченко Ю.Г.* Методологические основы географического прогноза и охраны среды / Ю.Г. Пузаченко. М., 1998.
9. *Рыкова В.В.* Проблемы экологии и охраны природы в районах добычи нефти и газа Западной Сибири: библиометрический анализ документопотока / В.В. Рыкова // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. Нижневартовск, 2000.
10. *Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г.* Экологическая геология / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг. М.: Геоинформмарк, 2002.