

УДК 502.64

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ

© 2016 С.В. Исаев

Пермский государственный национальный исследовательский университет

Статья поступила в редакцию 12.05.2016

В статье дается теоретический обзор основных подходов и методов, используемых при изучении природно-технических систем с целью выявления наиболее подходящих при исследовании состояния данных систем и процессов их трансформации на территории нефтяных месторождений Пермского края. Для изучения антропогенной трансформации естественных компонентов природно-технических систем нефтепромыслов выявлены основные изучаемые геоэкологические аспекты, анализ которых должен позволить выявить главные направления изменений некоторых природных компонентов при взаимодействии с технологическими объектами. Представлена методика исследования, базирующаяся на использовании комплекса методов, включающего аэрокосмические, полевые, геоинформационные, лабораторно-аналитические, древесно-кольцевого анализа и другие методы.

Ключевые слова: *природно-техническая система, антропогенная трансформация, природная среда, системный подход, дендрохронология, аэрокосмические методы*

Добыча нефти представляет собой последовательность стадий разработки нефтепромысла с широким спектром применяемых технологий на каждом этапе. Использование на разных стадиях специфических оборудования и методик проведения работ обуславливают наличие типичных видов воздействия и ответных реакций среды для каждого этапа разработки. На территории месторождений имеются целые комплексы технологических сооружений, связанные между собой системами линейных сооружений (трубопроводы, водоводы, автодороги, линии электропередач и др.). По данным некоторых исследователей, средняя плотность технических средств добычи составляет 10-20 объектов (скважины, компрессорные станции и др.) на 1 км<sup>2</sup>, а плотность трубопроводов – 11 км на 1 км<sup>2</sup> [23]. К таким объектам относятся скважины различного назначения, дожимно-насосные станции, установки первичной переработки нефти, каре резервуаров, амбары, факела по сжиганию попутного газа и др. Данные сооружения, так или иначе, взаимодействуют с окружающей природной средой, образуя природно-технические системы (ПТС).

Важность проблемы изучения взаимодействия природной среды и технических объектов в районах антропогенного освоения в своих работах подчеркивают многие ученые [2, 5, 6, 13, 22, 23]. По А.Л. Ревзону, ПТС – совокупность форм и состояний взаимодействия компонентов природной среды с инженерными сооружениями на всех стадиях функционирования, от проектирования до реконструкции [22]. Близкими по смыслу – подразумеваемыми под собой системы, где происходит взаимодействие техники и природной среды – являются понятия природно-техническая геосистема, природно-техногеосистема и геотехническая система. Для изучения ПТС применяются различные подходы и методы, которые используются как в комплексе, так и по отдельности.

**Цель работы:** анализ существующих подходов и методов к изучению ПТС и выработка методики исследования для изучения ПТС нефтяных месторождений Пермского края.

**Обоснование методики исследования ПТС нефтяных месторождений Пермского края.** Среди основных подходов изучения ПТС можно выделить экосистемный анализ, системный анализ, моделирование и геоэкологический анализ. В литературе, посвященной проблематике изучения ПТС [6, 13, 14, 19], подчеркивается важность системного анализа при изучении данных систем. Ю.М. Зимнюков считает, что данный подход является практически единственным, претендующим на высокую эффективность при организации и ведении мониторинга ПТС [13].

ПТС являются сложными системами, при моделировании которых необходимо обращаться к методам системного анализа и, в конечном счете – конструировать абстрактную модель изучаемого объекта. При этом в сущности происходит операция по вычленению системы из уже существующих образований [13]. В своей работе Ю.М. Зимнюков, отмечает, что важнейшим здесь является то обстоятельство, что процедура такого вычленения (абстрагирование объекта-системы из общей совокупности объектов) оказывается одинаковой при системном анализе для всех рассмотренных случаев моделирования технических, природных и природно-технических систем [13]. Стоит отметить, что сам по себе системный подход, предполагающий раскрытие внутренней сущности сложного объекта, не дает формального аппарата для его изучения. В каждом конкретном случае средства формализации и решения могут существенно отличаться в зависимости от поставленных задач [19].

По А.В. Вану, главным методом получения нужных сведений по всестороннему изучению природных и природно-технических объектов эксплуатации является экосистемный анализ. Каждая природная экосистема характеризуется вполне определенными естественными показателями, служащими информационной основой хозяйственной деятельности человека, перспективного планирования и прогнозирования дальнейшего развития. При этом он утверждает, что для получения наилучших и достоверных результатов следует использовать методы экологической геологии, изучающей главный составляющий компонент природных экологических систем – литосферу [6].

Исаев Сергей Викторович, аспирант. E-mail: thegreat07@bk.ru

Еще одним подходом к изучению ПТС является геоэкологический анализ. Геоэкологический анализ – это выявление признаков, характеризующих современное и ожидаемое состояние окружающей среды [12]. В его основе лежат региональный (природно-хозяйственный, геосистемный) и импактный уровни мониторинга окружающей среды. Геоэкологический анализ территории направлен на создание научных основ решения проблем оздоровления экологической ситуации, оптимизации природопользования и включает комплекс методов: сравнительно-географический, геосистемный, геохимический, статистический, картографический, геотрансформационный. Он предполагает изучение связей между природным и техногенным блоками техногеосистемы [21].

При использовании геоэкологического анализа ПТС нефтегазопромысловой территории рассматривается как существенно измененная природная среда [21]. Данный подход можно назвать наиболее подходящим для решения задачи изучения антропогенной трансформации природной среды в рамках ПТС нефтяных месторождений Пермского края.

С целью изучения ПТС выделено несколько геоэкологических аспектов данных систем – развитие процессов галогенеза и битумизации, а также влияние факелов по сжиганию попутного газа на растительность. Исходя из поставленной цели для более полного и всестороннего изучения ПТС рационально использовать сразу несколько методов исследования. На предварительном этапе – это применение аэрокосмических методов анализа земной поверхности с дальнейшим уточнением полученной информации и дополнением ее новой с помощью полевых (ландшафтно-индикационных) методов исследования отдельных компонентов ПТС. Затем камеральный этап изучения, включающий в себя лабораторно-аналитические методы и использование геоинформационных систем (ГИС) для обработки и комплексной подачи информации.

Почвы являются депонирующим компонентом окружающей природной среды. Многие загрязняющие вещества, образующиеся при эксплуатации нефтепромысла, накапливаются в почвенных горизонтах. Не обладая той подвижностью, которая характерна для других природных сред, почва может служить хорошим источником информации о процессах, происходящих на месторождении. Геохимическое воздействие на почвы при эксплуатации месторождений выражается, главным образом, в галогенезе и битумизации. Для определения распространения вышеуказанных процессов техногенной трансформации почв на нефтяных месторождениях на разном удалении от основных технологических объектов производится отбор почвенных образцов.

Большое количество разнообразного технологического оборудования при эксплуатации нефтепромысла обуславливает широкий спектр источников выброса в атмосферу загрязняющих веществ, которые оказывают воздействие на растительность, находящуюся в зоне влияния эксплуатируемого объекта производства. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в период эксплуатации являются нефтяные и газовые скважины, технологические трубопроводы, резервуары для хранения нефти, установки подготовки нефти с факелами сжигания газа, емкости для АСПО. В атмосферу поступают вещества 1–4 классов опасности. Среди них такие, как бензапирен, сероводород, бензол, окислы азота и др. Основными загрязнителями воздушного бассейна на этапе

эксплуатации месторождения выступают стационарные источники (резервуары для хранения нефти, котельные и др.) загрязнений (более 90%), среди которых факела по сжиганию попутного газа являются основными [24]. По некоторым данным они увеличивают объем загрязнений в 20 раз и более [24]. Поэтому целесообразно провести оценку влияния выбросов нефтедобывающего оборудования на растительность на разном расстоянии от главных источников загрязнения атмосферного воздуха – факелах по сжиганию попутного газа – с использованием методов дендрохронологии, основанных на изучении изменчивости годичного прироста древесины в зависимости от различных факторов.

Изучение процессов, происходящих при взаимодействии нефтепромысловых объектов и природной среды, планируется исследовать на примере 3 месторождений Пермского края – Кокуйском (Кунгурский и Ординский районы), Падунском (Частинский район) и Озерном (Красновишерский район). Эти месторождения располагаются в различных природных зонах и относятся к разным нефтепромысловым группам – южная (районы старого освоения) и северная (районы нового освоения). Их эксплуатация ведется уже несколько десятилетий, что позволит проследить тенденции трансформации природной среды по исследуемым компонентам.

На рекогносцировочном этапе исследования территории месторождений на основе данных дистанционного зондирования земли, фондовых и архивных материалов, материалов экологического мониторинга и др. источников производится определение мест отбора проб. Для этого перед полевым выездом выполняются работы по предварительному дешифрированию общедоступных космических снимков Landsat 8, а также данные других ресурсов по спутниковой съемке Земли (Google Earth, Яндекс.Карты и др.). Анализ космических снимков Landsat 8 осуществляется с помощью программного комплекса ENVI 5.2. С космическими снимками проводятся следующие операции: атмосферная и яркостная коррекции; увеличение пространственного разрешения мультиспектральных каналов изображений за счет панхроматических каналов (инструменты merge, pan-sharpening); создание целостной мозаики из космических снимков; географическая привязка снимков, вычисление индекса NDVI и др. При необходимости в работе могут быть использованы снимки более высокого пространственного разрешения, с которыми проводятся аналогичные операции. Полученные данные космосъемки сравниваются с существующими картографическими и проектными материалами по изучаемым месторождениям. На основе анализа совокупности указанных материалов, выбираются точки отбора проб почв и растительности.

Уже в ходе полевых выездов осуществляется дешифрирование природных объектов и объектов инфраструктуры, идентификация которых была затруднена на этапе подготовительных работ. Также снимаются координаты интересующих объектов месторождений для создания базы данных спектральных подписей с целью дальнейшего использования при проведении классификации природных и технологических объектов с помощью программного комплекса ENVI 5.2. На основе выполненных классификаций планируется создание ряда тематических карт в программном продукте ArcGis.

На этапе полевых работ на исследуемых месторождениях выполняется отбор проб почв и древесных

кернов. Отбор проб почв производится в районе основных технологических объектов месторождений (УППН, ДНС, кусты скважин) с учетом климатических и геоморфологических характеристик прилегающей территории на расстоянии 50 м, 100 м, 300 м. Также местами отбора проб являются поймы крупных рек, протекающих на территории месторождений, временные водотоки, формирующиеся вокруг технологических объектов, и места аварийных проливов нефтесодержащей жидкости и пластовых вод. На каждом месторождении отбирается не менее двух точечных проб с фоновыми показателями состояния почв. Отбор происходит в местах минимального антропогенно трансформированных, находящихся в удалении от объектов техногенного воздействия и объектов инфраструктуры.

Почвы отбираются в соответствии со следующими нормативными документами:

- Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. М., Минздрав СССР, 1987 [15];
- Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель [16];
- ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения [9];
- ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб [10];
- ГОСТ 17.4.3.01 – 83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб [11];
- ОСТ 56 81-84. Полевые исследования почвы. Порядок и способы определения работ. Основные требования к результатам [18].

Для анализов выполняется отбор точечных проб в различных биотопах – луг, пашня, пастбище, лес. Глубина отбора проб – 0-20 см. При отборе учитывается структура почвы, неоднородность почвенного покрова, рельеф местности и местный климат, а также особенности загрязняющих веществ. Для выявления в почвах степени битумизации и степени развития галогенеза в лабораторных условиях по специализированным методикам происходят лабораторно-аналитические исследования отобранных образцов на содержание в них нефтепродуктов и хлорид-ионов.

Влияние факелов на близлежащую растительность планируется оценить с помощью методов древесно-кольцевого анализа. Полевые исследования проводятся по учебно-методическому пособию «Методы дендрохронологии», 2000 [25]. Для построения одной обобщенной хронологии с пробной площадки отбирают образцы древесины с 10-20 деревьев одного вида. У модельных деревьев измеряют ширину ствола и их высоту. Для взятия образцов древесины, особенно с живых деревьев, используются возрастные буры, при помощи которых высверливаются радиальные керны древесины диаметром 4-5 мм и длиной 10-50 см. Образцы древесины отбираются перпендикулярно продольной оси ствола дерева на высоте 0,5-1,3 м от поверхности земли. Высверленные керны помещаются в бумажные контейнеры. Каждый образец древесины кодируется, код записывается на поверхности образца или контейнера. Также берутся поперечные спилы с остатков отмерших деревьев (сухой, валеж). Пробные площадки закладываются в непосредственной близости от факела, а также на расстоянии 100 и 300 м. В биотопах с минимальным антропогенным воздействием закладываются две фоновые площадки. Для каждой пробной площадки проводится описание условий произрастания, растительности, модельных деревьев и взятых образцов древесины. Лабораторные исследования отобранных образцов проводятся по общепринятым методикам и в соответствии с учебно-

методическим пособием «Методы дендрохронологии», 2000 [25].

**Выводы:** в районах нефтепромыслового освоения при взаимодействии природной среды и технологического оборудования, предназначенного для добычи, транспортировки, переработки и хранения нефти, образуются ПТС с характерными особенностями. Для изучения ПТС используются: экосистемный анализ, системный анализ, моделирование и геоэкологический анализ, которые включают в себя применение комплекса методов: сравнительно-географический, геоэкологический, геоинформационный и др.

С целью изучения ПТС нефтяных месторождений Пермского края выделено несколько геоэкологических аспектов данных систем – развитие процессов галогенеза и битумизации, а также влияние факелов по сжиганию попутного газа на растительность. Изучение данных аспектов планируется с использованием аэрокосмических, полевых, лабораторно-аналитических и геоинформационных методов.

Исследуемыми объектами являются долго эксплуатируемые месторождения, расположенные в разных природных зонах Пермского края и относящиеся к различным нефтепромысловым группам – Кокуйское, Падунское и Озерное. Изучения ПТС позволит более полно раскрыть процессы антропогенной трансформации естественных компонентов, которая происходит при разработке нефтяных месторождений Пермского края.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Борщук, Е.Л. Состояние и динамика изменения факторов среды обитания в районах нефтедобычи Оренбургской области / Е.Л. Борщук, А.И. Верещагин, Р.Б. Порваткин и др. // Здоровье населения и среда обитания. 2013. № 11 (248). С. 19-21.
2. Бузмаков, С.А. Экология и природопользование в условиях антропогенной трансформации природной среды / География и регион. Мат-лы междунар. науч.-практ. конф.: в 6 томах. – ПГНИУ, 2015. С. 22-27.
3. Бузмаков, С.А. Оценка изменений ботанического разнообразия при антропогенном воздействии на территории Пермского края / С.А. Бузмаков, Е.Л. Гатина // Географический вестник. 2009. № 2. С. 33-39.
4. Бузмаков, С.А. Основные задачи исследования биоразнообразия в районах нефтедобычи Пермского края / С.А. Бузмаков, С.А. Овеснов, Е.Л. Суслова // Географический вестник. 2007. № 1-2. С. 156-161.
5. Бузмаков, С.А. Проблемы и примеры экспериментального изучения антропогенной трансформации природной среды и экосистем // Антропогенная трансформация природной среды. 2015. № 1. С. 13-24.
6. Ван, А.В. Методологические проблемы исследований природных экологических и природно-технических систем / ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. 2012. №3. Том 2. С. 33-38.
7. Гайрабеков, У.Т. Анализ изученности влияния нефтяного загрязнения на почвенно-растительный покров / У.Т. Гайрабеков, М.А. Тайсумов // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Мат-лы II Всеросс. науч.-техн. конф. 2012. С. 577-588.
8. Гатина, Е.Л. Трансформация растительного покрова на нефтяных месторождениях при механических нарушениях биогеоценологического покрова (на примере Пермского края) // Антропогенная трансформация природной среды. 2014. № 1. С. 167-172.
9. ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения.
10. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб.
11. ГОСТ 17.4.3.01 – 83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.

12. *Грин, А.М.* Геоэкологический анализ / *А.М. Грин, Н.Н. Клюев, Л.И. Мухина* // Известия РАН. Сер. География. 1995. № 3. С. 21-30.
13. *Зинюков, Ю.М.* Методические основы конструирования и анализа структурно-иерархических моделей природно-технических экосистем // Вестник Воронеж. ун-та. Геология. 2001. Вып.11. С. 210-222.
14. *Мазур, И.И.* Курс инженерной экологии: Учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. / *И.И. Мазур, О.И. Молдаванов*. – М.: Высшая школа, 2001. 510 с.
15. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. – М., Минздрав СССР, 1987 56 с.
16. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель, 1996. 24 с.
17. *Никитина (Шевчук), Ю.Г.* Космические методы исследования антропогенных трансформаций ландшафтов / *Ю.Г. Никитина (Шевчук), Л.А. Пластинин* // Проблемы геологии и освоения недр. Труды XVII Междуна. симп. им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвящ. 150-летию со дня рождения акад. В.А. Обручева и 130-летию акад. М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. – Нац. исслед. Томский политехнический университет. 2013. С. 580-582.
18. ОСТ 56 81-84. Полевые исследования почвы. Порядок и способы определения работ. Основные требования к результатам.
19. *Павлов, А.Н.* Основы системного подхода в геологии. – Л., 1981. 84 с.
20. *Пиковский, Ю.И.* Углеводородные геохимические поля в почвах района нефтяного промысла / *Ю.И. Пиковский, А.Н. Геннадиев, А.А. Краснопева, Т.А. Пузанова* / Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2009. № 5. С. 28-34.
21. *Пряхин, С.И.* Методика геоэкологического анализа природно-технических геосистем юга Приволжской возвышенности (в пределах Волгоградской области) // Вестник Воронежского государственного университета. География, геоэкология. 2007. №2. С. 78-86.
22. *Ревзон, А.Л.* Картография состояния природно-технических систем. – М.: Недра, 1992. 223 с.
23. *Солнцева, Н.П.* Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1998. 376 с.
24. *Соромотин, А.В.* Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири: монография. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2010. 320 с.
25. *Тишин, Д.В.* Дендроэкология (методика древесно-кольцевого анализа). – Казань: Казанский университет, 2011. 33 с.
26. *Чайкин, С.А.* Применение индексов экологизации нефтедобычи на территориях с особым режимом хозяйственной деятельности // Геология, география и глобальная энергия. 2013. № 1. С. 161-169.

## METHODS OF STUDY THE NATURAL-TECHNICAL SYSTEMS OF THE OIL FIELDS IN PERM KRAI

© 2016 S.V. Isaev

Perm State National Research University

The article gives an overview of the main theoretical approaches and methods used in the study of natural and technical systems in order to identify the most suitable status of these systems and their transformation processes on the territory of the oil fields of Perm Krai. To study the anthropogenic transformation of the natural components of natural-technical systems it was identified for the main studied oil fields studied the geo-ecological aspects, the analysis of which should allow the identification of main directions of changes in some of the natural ingredients in the interaction with technological objects. It was revealed the method of studying, based on the using the complex of methods, including aerospace, field, GIS, laboratory analysis, tree-ring analysis and other methods.

Key words: *natural-technical system, anthropogenic transformation, environment, system approach, dendrochronology, aerospace methods*