УДК 502.568: 577.4

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ В РАЙОНАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ (НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ)

Мячина Ксения Викторовна,
канд. геогр. наук, научн. сотр. лаборатории ландшафтного разнообразия
и заповедного дела Института степи Уральского отделения РАН,
Россия, 460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11. E-mail: mavicsen@list.ru

Токарева Ольга Сергеевна,
канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники Института
кибернетики ТПУ, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30.
E-mail: ostokareva@gmail.com

Изучение трансформации ландшафтов, находящихся в условиях техногенного воздействия, является важным для обеспечения устойчивого развития территорий. Рассмотрены методические вопросы оценки трансформации ландшафтов в районах воздействия нефтегазодобывающего комплекса. Использован метод балльных оценок и метод многомерных средних. Представлены результаты геоэкологического анализа трансформации ландшафтов в районах нефтегазодобычи степной зоны Оренбургской области на основе двенадцати показателей, определяющих величину техногенной нагрузки на ландшафтные комплексы. Исследована возможность использования космических снимков среднего пространственного разрешения для оценки показателей трансформации ландшафтов. Показано, что на территории, значительная часть которой используется в сельском хозяйстве, в большинстве случаев представляется возможным определить наличие объектов в границах нефтяных и газовых месторождений, однако является затруднительным с достаточной степенью точности оценить плотность скважин и количество узловых сооружений нефтепромыслов.

Ключевые слова:
Нефтегазодобыча, трансформация ландшафтов, показатели, статистические методы, объекты инфраструктуры, космический снимок, дешифрирование, Оренбургская область.

Введение

Оренбургская область является одним из основных регионов нефтегазодобычи в России, входящим в состав Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. В ландшафтах нефтяного недропользования сформированы особые типы экологических систем, природные компоненты которых подвергаются интенсивным техногенным нагрузкам и приобретают новый комплекс свойств и режимов, влияющих на их способность к эффективному выполнению экологических функций. Оренбургская область, в числе других нефтегазодобывающих регионов, характеризуется преимущественно негативными последствиями нефтегазодобычи. Территория нефтегазоносной части области составляет около 90 тыс. км^2, средняя плотность размещения добывающих скважин – 4,75 шт./100 км^2, количество нефтегазопромысловых узловых сооружений подготовки сырья – около 70 [1].

Изучение уровней и вариантов трансформации природных комплексов в районах с развитой инфраструктурой нефтегазового недропользования является необходимым условием в решении экологических проблем нефтегазоносных регионов, так как:

- соотношение площадей естественных ландшафтов с площадями природно-техногенных комплексов определяет возможности дальнейшего устойчивого развития территорий;
- недостаточная информация о происходящих в ландшафтах изменениях может явиться причиной экологического кризиса.

Целью данной работы является геоэкологическая оценка степных ландшафтов в нефтегазопромысловых районах Оренбургской области. Полученные результаты могут способствовать разработке рекомендаций по оптимизации недропользования на исследуемой территории, предотвращению возможных негативных последствий и обеспечению экологической безопасности региона.

Ландшафты регионов нефтегазодобычи относятся к территориям, нуждающимся в систематическом мониторинге экологического состояния. В настоящее время, наряду с традиционными наземными методами наблюдения за состоянием ландшафтов, подвергающихся постоянным интенсивным техногенным нагрузкам, все чаще используется космический мониторинг. Преимуществами дистанционного изучения ландшафтов на основе космических снимков (КС) являются масштабность исследований, возможность получения в процессе их дешифрирования архивной или оперативной информации о состоянии природных объектов. Как показано, например в [2], использование данных космической съемки на территориях с однородным растительным покровом, отличающимся низкой степенью устойчивости, позволяет распознать нарушенные территории с достаточной степенью точности. Представляет интерес оценить возможность использования КС для оценки показателей, определяющих величину техногенной нагрузки в нефтегазодобывающих районах степной зоны, где большая доля земель используется в сельском хозяйстве.

Методические вопросы геоэкологического анализа территорий

Геоэкологический анализ степных ландшафтов нефтегазовых районов Оренбургской области проведен на основе оценки двенадцати диагностических показателей, определяющих величину техногенной нагрузки на территории нефтегазодобычи и, соответственно, уровень возможной трансформации ландшафтов. Выбор используемых показателей, перечень которых приведен в табл. 1, обоснован в ряде более ранних работ [1, 3].

Для анализа их совокупного влияния на состояние ландшафтов использован метод балльных оценок, широко применяемый в геоэкологии. Популярность указанного метода обусловлена возможностью приведения значений показателей к безразмерному виду, что решает проблему разной размерности величин. Исследуемые объекты сравниваются между собой по общей сумме баллов всех показателей: чем меньше разница баллов, тем ближе объекты, и, наоборот, чем больше разница, тем в большей степени они различаются. Балльные оценки показателей находятся путем их шкалирования либо расчетом по формулам, но могут и непосредственно присваиваться показателям, формирующим систему [4]. В данной работе балльные оценки присваивались непосредственно показателям и шкалировались (табл. 1), после чего вычислялись общие суммы баллов.

В зависимости от общей балльной оценки, полученной по двенадцати показателям, предлагается выделять 6 уровней трансформации ландшафтов: незначительный (0–10 баллов), слабый (10–30 баллов), средний (30–50 баллов), умеренно-сильный (50–70 баллов), сильный (70–90 баллов), максимальный (90–110 баллов).

Далее для обработки полученных данных применен статистический метод группировок – метод многомерных средних. Метод группировок [5] позволяет выявить закономерности изменения основных показателей в рассматриваемой совокупности нефтегазовых районов области, установить взаимосвязи и зависимости различных сторон оказываемого воздействия и определить влияние факторов на изменение результативного признака. В нашем случае метод многомерных средних дает возможность проследить зависимость уровней техногенной трансформации ландшафтов нефтегазодобывающих территорий от той или иной группы факторов и выявить те показатели модификации, которые оказывают наиболее существенное влияние в каждом конкретном районе.

Целью группировки является разбиение совокупности районов на качественно однородные группы по большому числу признаков одновременно и определения на их основе связи и влияния факторных признаков на результативный. В качестве факторных признаков в данной работе использованы показатели, определяющие величину техногенной нагрузки в районах нефтегазодобычи, приведенные в табл. 1. Общая балльная оценка использована в качестве результативного признака.

Таблица 1. *Балльная оценка показателей техногенной нагрузки в районах нефтегазодобычи*

	Показатель	Количественная характеристика показателя и соответствующее ей количество баллов
1	Количество месторождений нефти и газа (действующих, законсервированных, выработанных)	1–5 – 1б 21–25 – 5б 41–45 – 9б 6–10 – 2б 26–30 – 6б 46–50 – 10б 11–15 – 3б 31–35 – 7б 51–55 – 11б 16–20 – 4б 36–40 – 8б
2	Плотность скважин (кол-во/100 км^2)	< 1 – 1б > 5–10 – 3б > 16–20 – 5б 1–5 – 2б > 10–15 – 4б > 20–25 – 6б
3	Количество узловых сооружений нефтепромыслов	1–3 – 1б 4–6 – 2б 7–9 – 3б
4	Наличие и количество месторождений с различными сроками разработки	1 месторождение, введенное в разработку до 1952 г. – 3б в период 1952–1975 гг. – 2б после 1975 г. – 1б
5	Наличие и количество месторождений разной размерности (по величине запасов сырья)	1 среднее м-ние (10–30 млн т) – 1б 1 крупное м-ние (> 30 млн т) – 2б
6	Количество крупных аварий на объектах нефтегазодобычи	1–3 – 1б 7–9 – 3б 4–6 – 2б 10–12 – 4б
7	Наличие и количество памятников природы и особо охраняемых природных территорий, находящихся в зоне влияния нефтепромыслов	1–3 – 1б 10–12 – 4б 4–6 – 2б 13–15 – 5б 7–9 – 3б 16–18 – 6б
8	Доля земель от общей площади района, отведенных под объекты нефтегазодобычи	0–1 % – 1б >20–30 % – 4б >1–10 % – 2б >30–40 % – 5б >10–20 % – 3б
9	Наличие и количество месторождений с тяжелой нефтью (ρ>0,89 г/см^3)	1–2 – 1б 3–4 – 2б 5–6 – 3б
10	Наличие и количество месторождений с высоким содержанием сероводорода в попутном нефтяном газе (H_2S>3 %)	1–2 – 1б 3–4 – 2б 5–6 – 3б
11	Наличие и количество месторождений со скважинами, находящимися в долгосрочной консервации (более 20 лет)	1–2 – 1б 3–4 – 2б 5–6 – 3б
12	Наличие и количество месторождений с различными объемами накопленной добычи углеводородного сырья (тыс. т/км^2)	Месторождение с объемом добычи < 100 – 1б > 500–1000 – 3б 100–500 – 2б > 1000–1500 – 4б

Многомерная группировка построена на основе принципа перехода от величин с определенной размерностью (i) к относительным безразмерным величинам (ij).

Все значения факторных признаков X_i заменяются отношениями:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\overline{X}_j}, \quad (1)$$

где $\overline{X}_j$ – средний уровень j-го факторного признака.

С использованием безразмерных величин факторных признаков P_{ij} определяется многомерная средняя:

$$\overline{P}_{ij} = \frac{\sum P_{ij}}{k}, \quad (2)$$

где k – число факторных признаков.

Из анализируемых факторных признаков, близких между собой по характеру воздействия, формируются группы – обобщенные факторы, при этом значимость влияния групп на результативный фактор предполагается одинаковой.

На основе относительных величин факторных признаков, составляющих обобщенный фактор (группу), определяются факторные многомерные средние для каждой группы.

Ширина равного интервала для построения групп на основе многомерной средней определяется по формуле:

$$h = \frac{\overline{P}_{\max} - \overline{P}_{\min}}{n}, \quad (3)$$

где n – число групп.

Результаты и обсуждение

В качестве классификационных единиц для оценки уровня трансформации ландшафтов в результате деятельности нефтегазодобывающего комплекса использованы административные районы Оренбургской области.

Результаты классификации районов Оренбургской области по уровню техногенной трансформации ландшафтов, полученные на основе описанного выше метода балльных оценок, приведены на рис. 1. Как видно из рисунка, максимальным уровнем трансформации ландшафтов характеризуются Курманаевский и Оренбургский районы области.

Далее был применен метод многомерных средних, где в качестве факторных признаков модификации ландшафтов использованы двенадцать показателей, приведенных в табл. 1. Общая балльная оценка использовалась как результативный признак. По каждому показателю производились: двухфакторный анализ (наличие/отсутствие признака), количественный анализ, качественный анализ.

Из исходных факторных признаков, близких между собой по характеру воздействия, были сформированы группы (обобщенные факторы) следующим образом:

а) «Количественная характеристика нефтегазопромысловых объектов» включает следующие

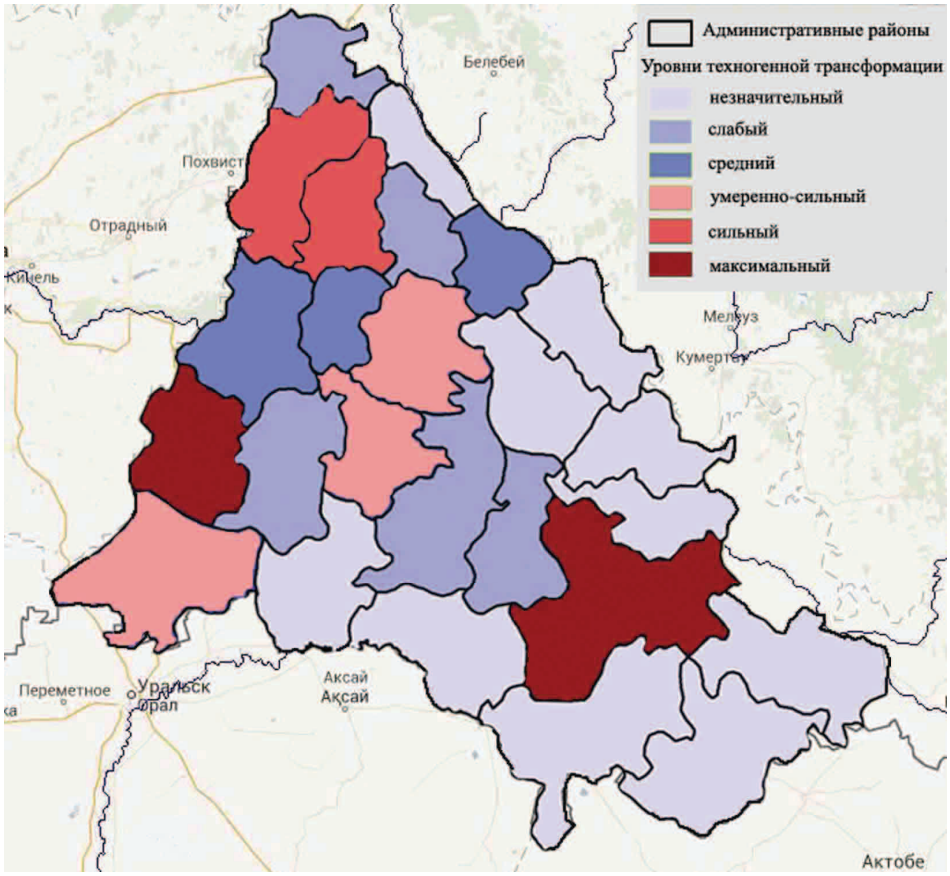

Рис. 1. *Классификация районов Оренбургской области по уровню техногенной трансформации ландшафтов на основе метода балльных оценок*

показатели: количество месторождений нефти и газа (действующих, законсервированных, выработанных), плотность пробуренных скважин (кол-во/100 км^2), количество узловых сооружений нефтепромыслов;

b) «Качественная характеристика месторождений» включает показатели: наличие месторождений с различными сроками разработки, наличие месторождений разной размерности (по величине запасов сырья), наличие месторождений с различными объемами накопленной добычи (тыс. т/км^2);

c) «Характеристика непосредственных нарушений в ландшафтах» включает показатели: количество крупных аварий на объектах нефтегазодобычи за одинаковый период времени, доля земель от общей площади района, отведенных под объекты нефтегазодобычи, наличие памятников природы и особо охраняемых природных территорий, находящихся в зоне влияния нефтепромыслов;

d) «Характеристика степени возможных опасностей» включает показатели: наличие и количество месторождений с тяжелой нефтью (ρ>0,89 г/см^3), наличие и количество месторождений с высоким содержанием сероводорода в попутном нефтяном газе (H_2S>3 %), наличие и количество месторождений со скважинами, находящимися в долгосрочной консервации (более 20 лет).

На основе формул (1, 2) определены относительные величины факторных признаков, составляющих группу, и факторные многомерные средние для каждой группы. Интервалы по многомерной средней, рассчитанные с использованием формулы (3), имеют следующий вид:

- до 0,603 включительно (районы со слабым уровнем трансформации);
- от 0,603 до 1,033 включительно (районы со средним уровнем трансформации);
- от 1,033 до 1,463 включительно (районы с сильным уровнем трансформации);
- от 1,463 и более (районы с очень сильным уровнем трансформации).

Результаты многомерной группировки нефтегазодобывающих районов Оренбургской области представлены в табл. 2.

Так, очень сильный уровень техногенной трансформации ландшафтов, связанной с количеством объектов, прослеживается на территории 6-ти районов (Курманаевского, Асекеевского, Бугурусланского, Бузулукского, Красногвардейского, Сорочинского). Очень сильный уровень техногенной трансформации, связанной с качественной характеристикой объектов, отмечается на территории 5-ти районов (Асекеевского, Бугурусланского, Курманаевского, Красногвардейского, Сорочинского). Очень сильный уровень техногенной трансформации, связанной с непосредственными нарушениями в ландшафтах, наблюдается на территории 3-х районов (Асекеевского, Бугурусланского, Курманаевского). Очень сильный уровень техногенной трансформации, связанный с характеристикой возможных опасностей, в районах области отсутствует.

На основе анализа данных, приведенных в табл. 2, можно сделать вывод, что наибольший вклад в преобразование природных комплексов вносят показатели количественных характеристик, наименьший – показатели характеристик степени возможных опасностей.

Одной из наиболее сложных задач при геоэкологическом анализе природно-техногенных комплексов является выявление реального количества ландшафтов, измененных и нарушенных в процессе внедрения объектов инфраструктуры, в нашем случае – объектов инфраструктуры нефтегазовых промыслов.

Далее выполнена оценка возможности использования космических снимков среднего пространственного разрешения со спутников Landsat для оценки показателей, определяющих величину техногенной нагрузки в нефтегазодобывающих районах. КС со спутников Landsat широко применяются в решении природно-ресурсных задач и распространяются на безвозмездной основе.

В качестве ключевого участка была выбрана территория в границах Бобровского нефтяного месторождения, расположенного на границе Бузулукского и Курманаевского административных районов. Бобровское месторождение находится в разработке более 40 лет, является одним из самых крупных нефтяных месторождений в области, за-

Таблица 2. *Результаты многомерной группировки нефтегазодобывающих районов Оренбургской области*

Группы районов по многомерной средней	ЧР	ОБТТ	Обобщённые факторы (группы)							
			Количественная характеристика объектов		Качественная характеристика месторождений		Характеристика непосредственных нарушений в ландшафтах		Характеристика степени возможных опасностей	
			ЧР	ОБТТ	ЧР	ОБТТ	ЧР	ОБТТ	ЧР	ОБТТ
до 0,603 включительно	11	11,272	12	10,750	13	12,077	12	11,750	15	21,267
от 0,603 до 1,033 включительно	7	30,714	2	29,000	5	34,600	6	36,833	7	47,143
от 1,033 до 1,463 включительно	5	59,000	4	35,750	1	53,000	3	42,667	2	40,500
1,463 и более	1	96,000	6	66,667	5	69,400	3	80,000	0	0

ЧР – число районов;
ОБТТ – общий балл техногенной трансформации.

нимает площадь более 100 км^2 и обладает инфраструктурой высокой плотности: более 250 скважин, наличие узловых сооружений и трубопроводов, многочисленные полевые дороги, соединяющие объекты месторождения. Ландшафты Бобровского месторождения характеризуются внушительным объемом техногенного вмешательства, способствующего значительной трансформации ландшафтов.

Выбор территории Бобровского месторождения обусловлен также тем, что оно расположено на территории типичной степной зоны, что предполагает возможность интерполяции полученных результатов на другие месторождения Оренбургской области, которые также расположены преимущественно в степной зоне. Рельеф месторождения представляет собой холмистую равнину, частично расчлененную овражно-балочной сетью. При этом, как и почти по всей территории Оренбургской области, основным типом земель в границах полигона месторождения являются земли сельскохозяйственного назначения (70...80 %). Вегетационный период в районе исследования наступает, как правило, 20 апреля и заканчивается примерно к 10 октября [6].

Для определения объектов инфраструктуры нефтегазовых промыслов и земель, нарушенных в результате их функционирования, был обработан космический снимок со спутника Landsat-5 (сканер TM) с пространственным разрешением 30 м с датой съемки 13.06.2009 г. Для дешифрирования КС использован программный комплекс ERDAS Imagine, в частности, метод неконтролируемой классификации Isodata [7]. Наиболее приемлемые результаты были получены при первоначальном разбиении пикселей выбранного КС на 70 классов, с дальнейшим выявлением и объединением классов, относящихся к классу «Инфраструктура». Основную часть объектов инфраструктуры месторождения составляют кустовые площадки добывающих скважин, а также площадки нагнетательных и законсервированных скважин, факельных установок, технологических объектов, цеха добычи нефти и газа и др. Кроме того, к классу «Инфраструктура» были отнесены дороги и коммуникации. Верификация результатов дешифрирования указанных объектов инфраструктуры Бобровского нефтяного месторождения, за исключением дорог и коммуникаций, производилась по векторному слою, содержащему 462 объекта (рис. 2), который был получен ручной оцифровкой данных космических снимков высокого пространственного разрешения, представленных в программе GoogleEarth.

На рис. 3 приведены результаты дешифрирования КС со спутника Landsat-5.

Точность распознавания объектов инфраструктуры Бобровского нефтяного месторождения с использованием метода неконтролируемой классификации Isodata составила 56 %. Такая низкая точность распознавания обусловлена тем, что часть пикселей, отображающих объекты инфраструктуры, попала в классы, которые также содержат значительное количество пикселей, относящихся к территориям, нарушенным в результате сельскохозяйственного освоения; т. е. указанные пиксели имеют практически идентичные спектральные яркости, что затрудняет применение методов классификации с обучением.

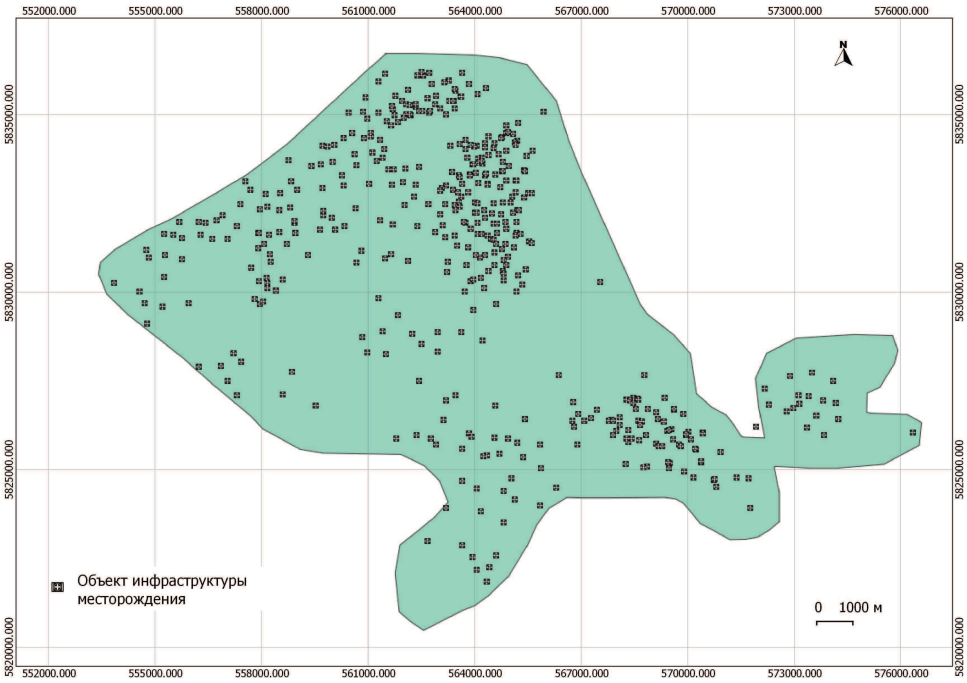

Рис. 2. *Объекты инфраструктуры Бобровского нефтяного месторождения, идентифицированные в процессе ручной оцифровки данных Google Earth*

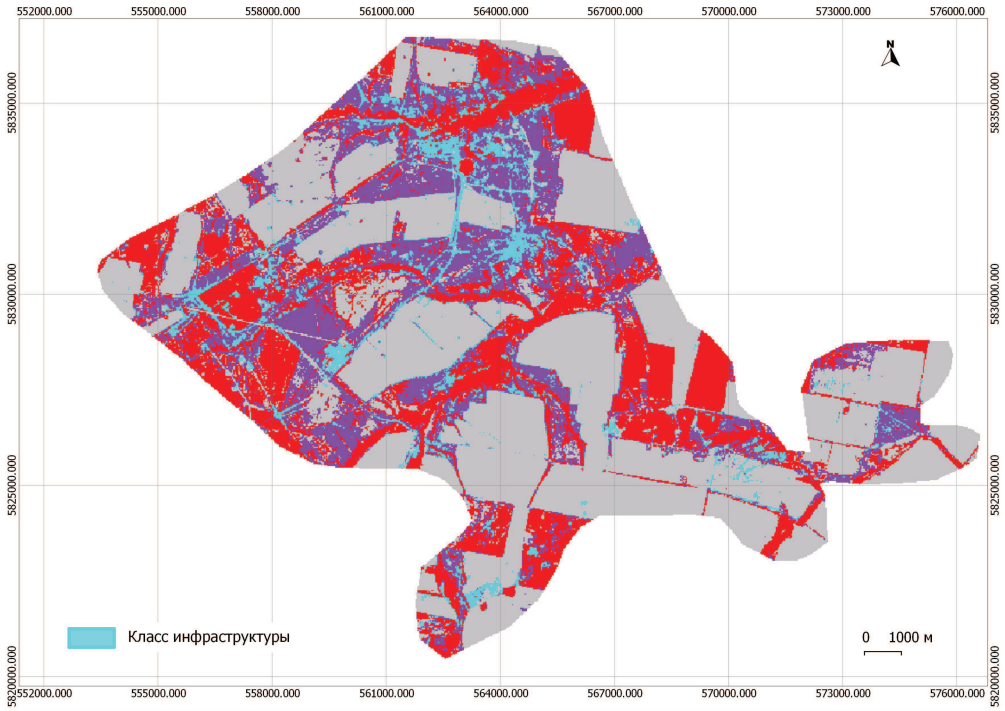

Рис. 3. *Результаты классификации фрагмента космического снимка Landsat-5 территории Бобровского месторождения*

Выводы

Традиционные геоэкологические методы, используемые в работе, позволяют дифференцировать территории нефтегазодобычи степной зоны Оренбургской области по уровням техногенной трансформации ландшафтов. Представленная классификация обнаруживает закономерности пространственного распределения техногенно-модифицированных ландшафтов и агломерации объектов нефтегазодобычи. Использованный в работе подход предполагает возможность введения новых или уточненных показателей и большую пространственную детализацию, а также позволяет на единой методической основе сравнивать уровни и варианты трансформации ландшафтных комплексов различных регионов нефтегазодобычи.

Обработка данных дистанционного зондирования Земли из космоса помогает проводить анализ техногенных нарушений ландшафтов и контролировать текущую геоэкологическую ситуацию. Однако использование методов автоматической классификации снимков среднего пространственного разрешения практически не позволяет с достаточной точностью разделить ландшафты, нарушенные в результате двух видов природопользования: нефтегазового недропользования и сельскохозяйственного освоения.

Тем не менее, предлагаемый в работе двухаспектный подход даёт возможность сравнивать и анализировать воздействие на ландшафты в районах нефтегазодобычи и выявлять наиболее серьёзные показатели техногенного преобразования, что, в свою очередь, может способствовать разработке дальнейшей стратегии природопользования и рекомендаций по предотвращению негативных последствий и обеспечению экологической безопасности региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чибилёв А.А., Мячина К.В. Геоэкологические последствия нефтегазодобычи в Оренбургской области: научное издание. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 132 с.
2. Елсаков В.В., Щанов В.М. Дистанционный мониторинг разновременных нарушений растительного покрова в районах добычи и транспортировки нефти // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2004. – № 1. – С. 152–155.
3. Мячина К.В., Чибилёв А.А. Геоэкологические особенности нефтегазодобывающих районов Оренбургского Приуралья // Проблемы региональной экологии. – 2006. – № 4. – С. 11–20.
4. Коробов В.Б., Кочуров Б.И. Балльные классификации в геоэкологии: преимущества и недостатки // Проблемы региональной экологии. – 2007. – № 1. URL: http://www.ecoregion.ru/journal.php?num=18&stat=3&pstat=1&jrn=pre&jrs_page=1&pre_page=1&eut_page=1&tpe_page=1&lng=rus (дата обращения: 25.09.2013).
5. Шмойлова Р.А., Минашкин В.Г., Садовникова Н.А. и др. Теория статистики. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 656 с.
6. Чибилев А.А. Энциклопедия «Оренбуржье». Т. 1. Природа. – Калуга: Золотая аллея, 2000. – 192 с.
7. ERDAS Imagine v. 8.3. Field Guide. – Atlanta, 1997. – 656 p.

Поступила 26.09.2013 г.

UDC 502.568: 577.4

GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF STEPPE LANDSCAPES IN OIL AND GAS PRODUCTION FIELDS (BY THE EXAMPLE OF ORENBURG REGION)

Kseniya V. Myachina,
Cand Sc., Institute of steppe Ural Branch of Russian Academy of Sciences,
Russia, 460000, Orenburg, Pionerskaya street, 11. E-mail: mavicsen@list.ru.

Olga S. Tokareva,
Cand Sc., Tomsk Polytechnic University,
Russia, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30. E-mail: ostokareva@gmail.com.

Study of anthropogenically affected landscape's transformation is essential to ensure the sustainable development of territories. The paper considers the methodical issues to evaluate the transformation of landscapes by oil and gas production complex. The authors have used the points-based assessment and method of multidimensional medium. The results of landscapes geoecological analysis in oil and gas production fields of the Orenburg region's steppe zone are introduced in the paper. The analysis was performed on the base of twelve indicators describing the amount of the technogeneous load. There is a possibility to use medium-resolution satellite imagery to evaluate the transformation of landscapes. It is possible to define the presence of manmade objects in the borders of the oil and gas fields in the territory mainly used for agricultural purposes. However, it is difficult to define the density of drills and the number of nodal structures of oil and gas fields using only satellite imagery within the agricultural territories.

Key words:
Oil and gas production, transformation of landscapes, indicators, statistical methods, objects of infrastructure, satellite image, interpretation, Orenburg region.

REFERENCES

1. Chibilev A.A., Myachina K.V. *Geoekologicheskie posledstviya neftegazodobychi v Orenburgskoy oblasti: nauchnoe izdanie* [Geoecological effect of oil and gas production in the Orenburg region: scientific publication]. Ekaterinburg, UrO RAN, 2007. 132 p.
2. Elsakov V.V., Shchanov V.M. Distancionnyy monitoring raznovremennykh narusheniy rastitelnogo pokrova v rayonakh dobychi i transportirovki nefti [Remote monitoring of violations of vegetation happening at different times in areas of production and transportation of oil]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa – Modern problems of remote sensing of the Earth from space*, 2004, no. 1, pp. 152–155.
3. Myachina K.V., Chibilev A.A., Geoekologicheskie osobennosti neftegazodobyvayushchikh rayonov Orenburgskogo Priuralya [Geoecological features of oil and gas production areas of Orenburg Priuralie]. *Problemy regionalnoy ekologii – Problems of regional ecology*, 2006, no. 4, pp. 11–20.
4. Korobov V.B., Kochurov B.I. Ballnye klassifikatsii v geoecologii: preimushchestva i nedostatki [Numerical classification in ecology: advantages and disadvantages]. *Problemy regionalnoy ekologii*, 2007, no. 1. Available at: http://www.ecoregion.ru/journal.php? num=18&stat=3&pstat=1&jrn=pre&jrs_page=1&pre_page=1&eut_page=1&tpe_page=1&lng=rus (accessed 25 September 2013).
5. Shmoylova R.A., Minashkin V.G., Sadovnikova N.A. *Teoriya statistiki* [Theory of Statistics]. Moscow, Finansy i statistika, 2003. 656 p.
6. Chibilev A.A. *Entsiklopediya «Orenburzhe». Priroda* [Encyclopedia «Orenburg». Nature]. Kaluga, Zolotaya alleya, 2000. Vol. 1, 192 p.
7. *ERDAS Imagine v. 8.3. Field Guide*. Atlanta, 1997. 656 p.