

## К анализу трансформации степных ландшафтов в зонах нефтедобычи на основе данных дистанционного зондирования\*

*К.В. Мячина, к.г.н., ФГБУН ИС УрО РАН*

Количественные и качественные характеристики природных компонентов степных территорий, изменённых в процессе недропользования, являются одним из базовых показателей геоэкологического состояния ландшафтов, которые необходимо учитывать при разработке территориальных схем устойчивого развития и рационализации природопользования. В то время как современные степные ландшафты практически повсеместно представлены сельскохозяйственными территориями, освоенными адаптировавшимися видами биоты, внедрение в сложившиеся агро-степные системы техногенных блоков недропользования, таких, как элементы инфраструктуры нефтедобычи, способно нарушить сложившийся баланс и оказать значительное негативное влияние на состояние степной биоты.

Цель исследования – выявить закономерности техногенной модификации степных ландшафтов Оренбургской области в районах нефтепромыслов, предложить совокупность универсальных индикаторов их состояния, разработать алгоритм комплексной геоэкологической оценки степных зон нефтедобычи на основе традиционных геоэкологических методов, а также методов интерпретации данных дистанционного зондирования Земли [1–3].

Территория нефтегазоносной части Оренбургской области составляет ~ 90 тыс. км<sup>2</sup>, её большая часть расположена в границах степной зоны (рис. 1). В качестве ключевого выбран участок в границах Боголюбовского, Кодяковского и Смоляного нефтяных месторождений, занимающий около 170 км<sup>2</sup>, разработка недр на участке ведётся с 1994 г.

Объекты инфраструктуры указанных месторождений (добывающие и нагнетательные скважины, ряд узловых сооружений, трубопроводная и дорожно-

\* Работа выполнена по теме НИР ИС УрО РАН «Ландшафтные и биологические факторы устойчивого развития геосистем Заволжско-Уральского региона»

транспортная сеть и пр.) размещены в пределах различных типов степных ландшафтов: водораздельных равнин (плакоров), холмисто-увалистых равнин, участков поймы реки Большой Уран и её притоков. Значительная часть объектов, как и по всей нефтегазоносной части области, находится в границах земель сельскохозяйственного назначения.



Рис. 1 – Нефтегазоносная часть Оренбургской области: 1 – нефтегазовые месторождения, 2 – территория исследования в границах Боголюбовского, Кодяковского и Смоляного нефтяных месторождений

Рассмотрены результаты количественной оценки таких показателей трансформации ландшафтов, как развитие дорожно-транспортной сети и изменение общей площади водных объектов в пределах изучаемой территорий. При этом стоит отметить, что в достижении определённого уровня техногенной трансформации ландшафтов одну из основных ролей играет эффект усиления результата при совокупном воздействии нескольких факторов (т.н. положительный синергетический эффект).

**Материал и методы исследования.** В качестве исходных данных использовали многоспектральные снимки спутников Landsat-5TM (июнь 1987 г.) и Landsat-8OLI (июнь 2013 г.) с пространственным разрешением основных каналов ~30 м/пиксель, а также цифровую модель рельефа SRTM территории изучения. Для анализа динамики ландшафтов использовали 2 изображения:

– снимок, предшествующий началу разработки нефтяных месторождений и внедрению объектов

инфраструктуры на изучаемой территории, (1987 г.);  
– снимок, отражающий текущую ситуацию в границах ключевого участка (2013 г.).

Данные снимки подобраны с учётом пригодности к дальнейшей обработке (низкая облачность, отсутствие помех на изображениях). Предварительная подготовка снимков включала радиометрическую калибровку и атмосферную коррекцию. Для каждого исходного изображения выполняли оцифровку и расчёты параметров дорожно-транспортной сети, а также сети водных объектов. Также проводили аналитическую обработку цифровой модели рельефа территории изучения для выявления геоэкологических особенностей водосборной площади реки Большой Уран, на которой расположена значительная часть объектов инфраструктуры месторождений. Обработку и интерпретацию спутниковых данных осуществляли в ПО ENVI 5.1 и среде ArcGIS 10.2.

**Результаты исследования.** Дорожная сеть достаточно хорошо выделяется при визуальном дешифрировании снимков, представленных в определённом сочетании каналов, оптимально отображающем необходимые элементы. Тем не менее для получения максимально возможной точности в ходе оцифровки в качестве вспомогательных использовались изображения, полученные в результате спектральных преобразований исходных материалов методом независимых компонент. Однако невысокое пространственное разрешение снимков может служить причиной погрешности (10 – 15%) при векторизации дорожно-транспортных объектов.

Для оцифровки слоя водных объектов использовались изображения, полученные в ходе расчёта водного индекса Cedex, основанного на преобразованиях красного и инфракрасных каналов изображения, так как результаты расчёта водного индекса NDWI, формируемого с использованием зелёного и ближнего инфракрасного каналов изображения, в данном случае показывают недостоверный результат, захватывая в значимый диапазон значений многочисленные участки пашни, что, по-видимому, объясняется избыточным увлажнением почвы на указанных территориях в изучаемый период.

Данные, полученные в результате обработки одновременных космических изображений, отображены в таблице.

Для участка Боголюбовского, Кодяковского и Смоляного нефтяных месторождений доступен космический снимок за период, предшествующий разработке, что позволяет выявить увеличение плот-

Динамика дорожной сети и площади водных объектов ключевого участка нефтяных месторождений

| Территория  | Дата снимка | Характеристика дорожной сети |                               | Общая площадь поверхностей водных объектов, км <sup>2</sup> |
|---|-------------|------------------------------|-------------------------------|---|
|   |             | длина, км                    | плотность, км/км <sup>2</sup> |   |
| В границах Боголюбовского, Кодяковского и Смоляного месторождений | 1987        | 121,4                        | 0,71                          | 1,33  |
|   | 2013        | 174,9                        | 1,02                          | 0,97  |

ности дорожной сети на 44% (в 1,43 раза) за период недропользования на рассматриваемой территории. Можно выделить следующие особенности распределения дорожно-транспортной сети: в 1987 г. дороги в основном связывали населённые пункты и с.-х. угодья, а также были приурочены к водоёмам, вероятнее всего, в рекреационных целях. В 2013 г. отмечается резкое возрастание количества дорог, связывающих объекты нефтепромыслов между собой и с объектами социальной инфраструктуры территории. Можно предположить, что эти дороги являются как официально утверждёнными и отражёнными в проектах развития инфраструктуры месторождений, так и стихийно возникающими в процессе передвижения ведомственного транспорта для субъективного удобства движения и сокращения пути.

В процессе эксплуатации ландшафтов на территории изучения в границах трёх нефтяных месторождений также прослеживается уменьшение общей площади водного зеркала: общая площадь водных объектов сократилась более чем в 1,3 раза (~ на 27%). Однако нельзя однозначно утверждать, что причиной указанного сокращения стало развитие нефтедобывающего производства. Подобные негативные изменения можно объяснить комплексом причин: многочисленными атмосферными и почвенными засухами, отмечавшимися на территории за изучаемый период (1999, 2001, 2002, 2009, 2010, 2012 гг.), в результате которых могли уменьшиться площади малых водоёмов; естественной эвтрофикацией водоёмов, происходящей в связи с тенденцией к сокращению финансирования регулярных очистных мероприятий; техногенным заиливанием и прямым забором воды, осуществляемым в том числе в процессе функционирования объектов нефтепромыслов. Как правило, основной причиной техногенного заиливания являются нарушения гидрологического режима, выражающиеся в загрязнении поверхностных водотоков химическими веществами и механическими частицами, изменениями микроформ гидрографической сети, изменением режима увлажнения и микроморфологии ландшафтов водосборной территории, в том числе и вследствие внедрения объектов нефтепромыслов. Подобные факторы часто приводят к перекрытию ложбин стока, ручьёв и прочих мелких водотоков, следствием чего является снижение объёма поверхностного стока с конкретного водосбора. В условиях степной зоны, отличающейся малой водностью, подобные последствия могут повлечь изменения всей структуры окружающих ландшафтных единиц. На рисунке 2, выполненном на основе цифровой модели рельефа SRTM, показано, что значительная часть основных стоков с водосборной площади р. Большой Уран проходит через агломерации

объектов нефтепромыслов, что может привести либо к загрязнению вод поверхностного стока и соответственно основного водотока, либо, как указывалось выше, к изменению объёма питания водотока из-за перекрытия ложбин стока в ходе техногенных преобразований.

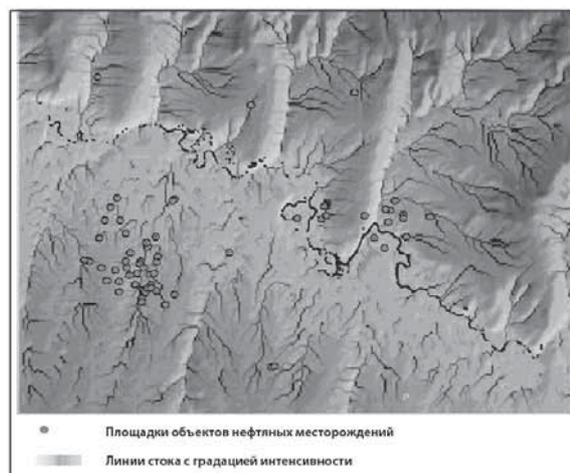


Рис. 2 – Направления и интенсивность линий стока водосборной площади р. Большой Уран на участке в границах Боголюбовского, Кодяковского и Смоляного месторождений нефти

**Выводы.** В процессе функционирования нефтегазопромыслов отмечается значительное увеличение плотности дорожно-транспортной сети, что ведёт к высокой степени фрагментации территории. Следующим этапом исследований планируется изучение динамики и параметров фрагментации, являющейся одним из наиболее значимых показателей техногенной трансформации ландшафтов.

Уменьшение площадей водных объектов, наблюдаемое в границах месторождений, нельзя однозначно считать следствием недропользования. Однако возможное развитие нарушений естественного гидрологического режима поверхностных водотоков в процессе функционирования нефтепромыслов является значимым фактором трансформации структуры окружающих ландшафтов и требует дальнейшего изучения.

### Литература

1. Mjachina K. V., Baynard C. W., Chibilyev A.A. Oil and gas development in the Orenburg region of the Volga–Ural steppe zone: qualifying and quantifying disturbance regimes // *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*. 2014. Т. 21. № 2. С. 111–126.
2. Мячина К.В. Анализ космических изображений с расчётом NDVI для изучения динамики ландшафтного покрова территории нефтяного месторождения в Оренбургской области // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2013. № 4 (42). С. 206–209.
3. Чибилёв А.А., Мячина К.В. Геоэкологические последствия нефтегазодобычи в Оренбургской области: научное издание. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 132 с.