

Ксения Викторовна МЯЧИНА —
научный сотрудник лаборатории ландшафтного
разнообразия и заповедного дела,
кандидат географических наук
mavicsen@list.ru;

Светлана Александровна ДУБРОВСКАЯ —
младший научный сотрудник лаборатории
биогеографии и мониторинга биоразнообразия,
кандидат географических наук —

Институт степи УрО РАН (Оренбург)

УДК 577.4:519.2:504.12

**ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ
НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНОВ ОРЕНБУРГСКОГО ПРИУРАЛЬЯ
НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

**THE APPRAISAL OF LANDSCAPE TRANSFORMATION
IN OIL-AND-GAS PRODUCTION AREAS OF THE ORENBURG
TRANSURALS ON THE BASIS OF STATISTICAL TECHNIQUES**

АННОТАЦИЯ. Выявлены уровни и варианты техногенной трансформации ландшафтов в нефтегазодобывающих районах Оренбургской области. Использован статистический метод многомерной группировки — метод многомерных средних. Для каждого района показаны закономерности изменения основных показателей техногенной нагрузки, установлены взаимосвязь и зависимость результирующего признака (уровня трансформации) от выделенных групп факторов — показателей нагрузки.

SUMMARY. Levels and variants of the technology-related landscape transformation in oil-and-gas production areas of the Orenburg region were identified. Multivariate grouping statistical technique — the multivariate average method — was used. For each area the changes in main indicators of technology-related landscape transformation were shown; interrelation and dependence of the resulting feature (transformation level) on the factor groups — load indicators — were identified.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Ландшафт, нефтегазодобывающие районы, статистические методы.

KEY WORDS. Landscape, oil-and-gas production areas, statistical techniques.

Введение. Объекты нефтегазопромыслов являются мощными источниками воздействия на все компоненты природных комплексов и вызывают ту или иную степень дестабилизации и перестройки природных систем. Изучение уровней и вариантов трансформации природных комплексов в районах с развитой сетью нефтегазопромыслов является необходимым условием в решении экологических проблем нефтегазоносных регионов, так как:

— соотношение площадей естественных ландшафтов с площадями природно-техногенных комплексов определяет, как известно, возможности дальнейшего устойчивого развития территорий;

— недостаточная изученность и неполное представление о происходящих в ландшафтах изменениях может послужить причиной экологического кризиса, а в некоторых случаях — экологических катастроф.

Объекты и методы. Для Оренбургской области проблема изменения естественных ландшафтов под воздействием нефтегазодобычи особенно актуальна. Область входит в крупнейшую Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию и является одним из ведущих нефтегазодобывающих регионов степной зоны Евразии. Разведка и добыча углеводородного сырья ведется на территориях 24 административных районов, средняя плотность добывающих скважин составляет 4,75 шт./100 км², количество нефтегазопромысловых узловых сооружений различного назначения — около 70. Многие из сооружений, особенно на западе области, создавались в 40-е гг. XX в., когда вопрос о необходимости соблюдения природоохранных мероприятий на предприятиях нефтяной промышленности не ставился, и не реконструировались с года постройки. Ежегодно на таких участках встречается до нескольких десятков порывов. В этот же период начала формироваться нефтегазотранспортная система Оренбургской области. На сегодняшний день производится ремонт и замена наиболее поврежденных участков трубопроводов, как магистральных, так и промысловых, но еще их значительная часть нуждается в реконструкции в связи с высокой степенью изношенности и несоответствия существующим экологическим и технологическим требованиям, что также приводит к высокому проценту аварийных порывов.

В работе использовался метод многомерной группировки [1] — метод многомерных средних. Целью группировки явилось разбиение совокупности районов на качественно однородные группы по большому числу признаков одновременно и определение на их основе влияния факторных признаков на результативный.

Результаты. В качестве основных диагностических показателей, определяющих уровень техногенной трансформации природных комплексов каждого района, выделены следующие:

- общее количество месторождений нефти и газа в районе (действующих, законсервированных, выработанных);
- плотность пробуренных скважин (кол-во/100 км²);
- общее количество узловых сооружений нефтегазопромыслов;
- наличие и количество месторождений с различными сроками разработки;
- наличие и количество месторождений разной размерности (по величине запасов сырья);
- количество крупных аварий на объектах нефтегазодобычи за определенный период времени;
- наличие и количество особо охраняемых природных территорий, находящихся в границах или в зоне влияния нефтегазпромыслов;
- доля земель от общей площади района, отведенных под объекты нефтегазодобычи;
- наличие и количество месторождений с тяжелой нефтью ($\rho > 0,89$ г/см³);
- 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);
- наличие и количество месторождений с различными объемами накопленной добычи углеводородного сырья (тыс.т/км²).

Предлагаемые 12 показателей в нашем случае являются факторными признаками трансформации ландшафтов. По каждому показателю были произведены: двухфакторный анализ (наличие/отсутствие признака), количественный анализ, качественный анализ; по результатам каждому показателю присвоено определенное количество баллов. На этой основе для каждого района просчитана общая балльная оценка трансформации [2], являющаяся результативным признаком (табл. 1).

Таблица 1

Балльная оценка уровней техногенной трансформации районов Оренбургского Приуралья вследствие нефтегазодобычи

Район (i)	Уровень техногенной трансформации (в баллах)												Общий балл X_0
	Признак X_1	Признак X_2	Признак X_3	Признак X_4	Признак X_5	Признак X_6	Признак X_7	Признак X_8	Признак X_9	Признак X_{10}	Признак X_{11}	Признак X_{12}	
Абдулинский	1	1	1	3	1	1	-	2	1	-	1	3	15
Акбулакский	1	1	-	4	1	-	-	1	-	-	-	4	12
Александровский	1	1	-	2	-	-	-	1	-	-	1	2	8
Асекеевский	4	3	2	22	7	4	3	4	3	-	-	20	72
Беляевский	1	1	-	2	-	1	-	1	-	-	-	2	8
Бугурусланский	4	3	2	24	4	4	3	4	2	-	-	22	72
Бузулукский	2	3	2	7	4	2	6	3	1	1	3	7	41
Грачевский	2	4	1	5	3	4	-	4	1	-	2	8	34
Илекский	1	1	-	1	-	1	-	1	-	-	-	1	6
Красногвардейский	3	6	1	14	5	4	1	3	2	-	1	13	53
Курманаевский	5	4	3	25	9	4	5	4	2	3	-	32	96
Матвеевский	3	2	1	6	2	3	-	2	2	-	1	6	28
Новосергиевский	2	1	1	7	4	2	-	4	-	-	1	6	28
Октябрьский	1	1	1	2	-	1	-	1	1	-	1	2	11
Первомайский	3	2	2	15	7	1	2	3	-	-	1	15	50
Переволоцкий	1	1	1	4	1	3	-	2	1	-	1	3	18
Пономаревский	2	2	2	11	3	2	-	3	2	2	2	9	40
Сакмарский	1	1	1	2	-	-	-	1	-	-	-	2	8
Северный	2	1	2	10	2	-	1	2	2	-	1	7	30
Соль-Илецкий	1	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	5
Сорочинский	3	6	3	15	7	1	1	3	1	2	-	15	57
Ташлинский	1	1	-	1	-	-	-	1	-	-	1	1	6
Тоцкий	1	1	-	3	1	1	-	2	1	1	1	5	17
Шарлыкский	1	1	1	4	2	-	-	1	-	-	1	4	15

Таблица 2

Матрица отношений

Район	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	P_{i5}	P_{i6}	P_{i7}	P_{i8}	P_{i9}	P_{i10}	P_{i11}	P_{i12}	\bar{P}_j
Абдулинский	0,512	0,490	0,630	0,189	0,270	0,436	0	0,889	0,636	0	0,789	0,379	0,435
Акбулакский	0,511	0,490	0	0,253	0,270	0	0	0,444	0	0	0	0,505	0,206
Александровский	0,511	0,490	0	0,126	0	0	0	0,444	0	0	0,789	0,253	0,218
Асекеевский	2,043	1,469	1,259	1,389	1,888	1,744	1,091	1,778	1,909	0	0	2,526	1,425
Беляевский	0,511	0,490	0	0,126	0	0,436	0	0,444	0	0	0	0,253	0,188
Бугурусланский	2,043	1,469	1,259	1,516	1,079	1,744	1,091	1,778	1,273	0	0	2,779	1,336
Бузулукский	1,021	1,469	1,259	0,442	1,079	0,872	2,182	1,333	0,636	0,556	2,368	0,884	1,175
Грачевский	1,021	1,959	0,630	0,316	0,809	1,744	0	1,778	0,636	0	1,579	1,012	0,957
Илекский	0,511	0,490	0	0,063	0	0,436	0	0,444	0	0	0	0,126	0,173
Красногвардейский	1,532	2,938	0,630	0,884	1,349	1,744	0,364	1,333	1,273	0	0,789	1,642	1,182
Курманаевский	2,554	1,959	1,889	1,579	2,428	1,744	1,818	1,778	1,273	1,667	0	4,042	1,894
Матвеевский	1,532	0,979	0,630	0,379	0,540	1,308	0	0,889	1,273	0	0,789	0,758	0,757
Новосергиевский	1,021	0,490	0,630	0,442	1,079	0,872	0	1,778	0	0	0,789	0,758	0,655
Октябрьский	0,511	0,490	0,630	0,126	0	0,436	0	0,444	0,636	0	0,789	0,253	0,359
Первомайский	1,532	0,979	1,259	0,947	1,888	0,436	0,727	1,333	0	0	0,789	1,895	0,983
Переволоцкий	0,511	0,490	0,630	0,253	0,270	1,308	0	0,889	0,636	0	0,789	0,379	0,513
Пономаревский	1,021	0,979	1,259	0,695	0,809	0,872	0	1,333	1,273	1,111	1,579	1,137	1,006
Сакмарский	0,511	0,490	0,630	0,126	0	0	0	0,444	0	0	0	0,253	0,205
Северный	1,021	0,490	1,259	0,632	0,540	0	0,364	0,889	1,273	0	0,789	0,884	0,762
Соль-Илецкий	0,511	0,490	0	0,063	0	0	0	0,444	0	0	0	0,126	1,027
Сорочинский	1,532	2,938	1,889	0,947	1,888	0,436	0,364	1,333	0,636	1,111	0	1,894	1,248
Ташлинский	0,511	0,490	0	0,063	0	0	0	0,444	0	0	0,789	0,126	0,202
Тоцкий	0,511	0,490	0	0,189	0,270	0,436	0	0,889	0,636	0,556	0,789	0,632	0,450
Шарлыкский	0,511	0,490	0,630	0,253	0,540	0	0	0,444	0	0	0,789	0,505	0,308

В основу построения многомерной группировки положен принцип перехода от величин, имеющих определенную размерность, к безразмерным относительным величинам.

Все значения факторных признаков X_i заменяются отношениями:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\bar{X}_j}, \text{ где } \bar{X}_j \text{ — средний уровень } j\text{-го факторного признака.}$$

На основе относительных величин всех факторных признаков P_{ij} определяется многомерная средняя:

$$\bar{P}_{ij} = \frac{\sum P_{ij}}{k}, \text{ где } k \text{ — число факторных признаков.}$$

Расчетные значения относительных величин по каждому признаку и многомерная средняя приведены в табл. 2.

Из исходных факторных признаков, близких между собой по характеру воздействия, сформируем группы — обобщенные факторы — следующим образом:

— группа *a* «Количественная характеристика нефтегазопромысловых объектов» включает следующие показатели: количество месторождений нефти и газа (действующих, законсервированных, выработанных); плотность пробуренных скважин (кол-во / 100 км²); количество узловых сооружений нефтепромыслов;

— группа *b* «Качественная характеристика месторождений» включает показатели: наличие (и количество) месторождений с различными сроками разработки; наличие (и количество) месторождений разной размерности (по величине запасов сырья); наличие (и количество) месторождений с различными объемами накопленной добычи углеводородного сырья (тыс.т/км²);

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

— группа *d* «Характеристика степени возможных опасностей» включает показатели: наличие и количество месторождений с тяжелой нефтью ($\rho > 0,89$ г/см³); 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).

При этом значимость влияния групп на результирующий фактор предполагается одинаковой.

На основе относительных величин факторных признаков, составляющих обобщенный фактор (группу), определяются факторные многомерные средние для каждой группы (табл. 3).

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

$$h = \frac{\bar{P}_{\max} - \bar{P}_{\min}}{n}$$

где n — число групп; исходя из объема совокупности $n = 4$.

По нашим данным (табл. 2), $\bar{P}_{\max} = 1,894$, $\bar{P}_{\min} = 0,173$, $h = 0,430$.

Таблица 3

Многомерные средние общих факторных признаков техногенной трансформации районов Оренбургской области

Район	\bar{P}_{ij}	\bar{P}_{aj}	\bar{P}_{bj}	\bar{P}_{cj}	\bar{P}_{dj}
Абдулинский	0,435	0,544	0,279	0,442	0,475
Акбулакский	0,206	0,334	0,343	0,148	0
Александровский	0,218	0,334	0,126	0,148	0,263
Асекеевский	1,425	1,590	1,881	1,538	0,636
Беляевский	0,188	0,337	0,126	0,293	0
Бугурусланский	1,336	1,590	1,791	1,538	0,424
Бузулукский	1,175	1,250	0,802	1,462	1,187
Грачевский	0,957	1,203	0,712	1,174	0,738
Илекский	0,173	0,334	0,063	0,293	0
Красногвардейский	1,182	1,7	1,292	1,147	0,687
Курманаевский	1,894	2,134	2,683	1,780	0,980
Матвеевский	0,757	1,047	0,559	0,732	0,687
Новосергиевский	0,655	0,714	0,760	0,883	0,263
Октябрьский	0,359	0,544	0,126	0,293	0,475
Первомайский	0,983	1,257	1,577	0,832	0,263
Переволоцкий	0,513	0,544	0,301	0,732	0,475
Пономаревский	1,006	1,086	0,880	0,735	1,321
Сакмарский	0,205	0,544	0,126	0,148	0
Северный	0,762	0,923	0,685	0,418	0,687
Соль-Илецкий	1,027	0,333	0,063	0,148	0
Сорочинский	1,248	2,120	1,576	0,711	0,582
Ташлинский	0,202	0,334	0,063	0,148	0,263
Тоцкий	0,450	0,334	0,364	0,442	0,660
Шарлыкский	0,308	0,544	0,433	0,148	0,263

Интервалы по многомерной средней имеют вид:

— до 0,603 включительно (интервал включает районы со слабым уровнем трансформации);

— от 0,603 до 1,033, включая 1,033 (интервал включает районы со средним уровнем трансформации);

— от 1,033 до 1,463, включая 1,463 (интервал включает районы с сильным уровнем трансформации);

— от 1,463 и более (интервал включает районы с очень сильным уровнем трансформации).

Таким образом, многомерная группировка нефтегазодобывающих районов Оренбургской области имеет вид, представленный в табл. 4.

Из таблицы видно, что из 24-х районов Оренбургского Приуралья, в которых ведется нефтегазодобыча, в 11-и наблюдается слабый уровень общей техногенной трансформации, в 7-и районах — средний, в 5-и — сильный, в 1-ом районе наблюдается очень сильный уровень общей техногенной трансформации.

Слабый уровень техногенной трансформации, связанной с количеством нефтегазопромысловых объектов, прослеживается на территориях 12-и районов, средний — в 2-х районах, сильный — в 4-х районах, очень сильный уровень техногенной трансформации, связанной с количеством объектов, прослеживается на территории 6-и районов.

Таблица 4

**Многомерная группировка нефтегазодобывающих районов
Оренбургской области**

Группы районов по многомерной средней	Число районов	Общий балл техногенной трансформации	Обобщенные факторы (группы)							
			Количественная характеристика объектов		Качественная характеристика месторождений		Характеристика непосредственных нарушений в ландшафтах		Характеристика степени возможных опасностей	
			Число районов	Общий балл техногенной трансформации	Число районов	Общий балл техногенной трансформации	Число районов	Общий балл техногенной трансформации	Число районов	Общий балл техногенной трансформации
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, включая 1,033	7	30,714	2	29,000	5	34,600	6	36,833	7	47,143
от 1,033 до 1,463, включая 1,463	5	59,000	4	35,750	1	53,000	3	42,667	2	40,500
от 1,463 и более	1	96,000	6	66,667	5	69,400	3	80,000	0	0

Слабый уровень техногенной трансформации, связанной с качественной характеристикой месторождений, отмечается на территориях 13-и районов, средний — в 5-и районах, сильный — в 1-м районе, очень сильный уровень техногенной трансформации отмечается на территориях 5-и районов.

Слабый уровень техногенной трансформации, связанной с непосредственными нарушениями в ландшафтах, наблюдается на территориях 12-и районов, средний — в 6-и районах, сильный — в 3-х районах, очень сильный уровень техногенной трансформации наблюдается на территориях 3-х районов.

Слабый уровень техногенной трансформации, связанной с количеством нефтегазопромысловых объектов, прослеживается на территориях 12-и районов, средний — в 2-х районах, сильный — в 4-х районах, очень сильный уровень — на территории 6-и районов.

Слабый уровень техногенной трансформации, связанной с характеристикой степени возможных опасностей, прослеживается на территориях 15-и районов, средний — в 7-и районах, сильный — в 2-х районах, очень сильный уровень в районах области отсутствует. Можно отметить, что наибольший вклад в преобразование природных комплексов вносят показатели количественных характеристик, наименьший — показатели характеристик степени возможных опасностей.

Выводы. Предлагаемый подход дает возможность сравнивать и анализировать воздействие на ландшафты в районах нефтегазодобычи и выявлять наиболее серьезные показатели техногенного преобразования, что, в свою очередь, может способствовать разработке дальнейшей стратегии природопользования и рекомендаций по предотвращению негативных последствий и обеспечению экологической безопасности территорий. Кроме того, на единой методической основе можно сравнивать уровни и варианты трансформации ландшафтных

комплексов регионов. Используемый в работе подход предполагает возможность введения в дальнейшем новых или более подробных показателей и большую пространственную детализацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория статистики / Под ред. Р.А. Шмойловой. М.: Финансы и статистика, 2003. С. 117-125.
2. Чибилев А.А., Мячина К.В. Геоэкологические последствия нефтегазодобычи в Оренбургской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 134 с.

Наталья Василевна КОКОРИНА —
доцент кафедры экологии,
кандидат сельскохозяйственных наук

N_Kokorina@ugrasu.ru;

Алексей Михайлович КАСАТКИН —
зав. лабораторией экологии

A_Kasatkin@ugrasu.ru;

Юрий Михайлович ПОЛИЩУК —
зав. кафедрой экологии, доктор

физико-математических наук, профессор

Yu_Polishchuk@ugrasu.ru—

Югорский государственный университет

УДК 504.06; 633.877; 553.98

БИОИНДИКАЦИЯ АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИ СЖИГАНИИ ПОПУТНОГО ГАЗА В ФАКЕЛАХ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

BIOINDICATION OF ATMOSPHERIC POLLUTION AT GAS FLARING ON OIL FIELDS IN MIDDLE TAIGA OF WESTERN SIBERIA

АННОТАЦИЯ. Изучены вопросы биоиндикации атмосферных загрязнений в условиях средней тайги Западной Сибири. Отбор образцов производился на 17 ключевых участках, находящихся на расстоянии 0,4-16,5 км от факела для сжигания попутного газа. Установлены наиболее информативные биоиндикационные показатели сосны сибирской кедровой, с использованием которых выявлена зона воздействия факела на Приобском месторождении.

SUMMARY. Problems of atmospheric pollution bioindication in the conditions of West-Siberian middle taiga are studied. Sampling was made on 17 key sites which are 0.4-16.5 km away the flare. The most informative bioindicators of cedar trees were found which helped to reveal the flare impact zone at Priobskoye oil field.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Атмосферное загрязнение, биоиндикация, сжигание попутного газа, средняя тайга Западной Сибири.

KEY WORDS. Atmosphere pollution, bioindication, gas flaring, West-Siberian middle taiga.

Введение. Современная практика оценки воздействий техногенного загрязнения атмосферы на природную среду опирается на санитарно-гигиенические