

Литвинова А. А., Игнатьева М. Н.

Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург

**Оценка вреда, причиняемого природным ресурсам
при их загрязнении в условиях северных регионов**

**Estimation of the damage to natural resources caused
by pollution in conditions of Northern regions**

УДК 330.131.5:378

Аннотация. В настоящее время дальнейшее хозяйственное освоение северных территорий требует перехода от экстенсивного природопользования к равновесному природопользованию. Реализация принципов равновесного природопользования при освоении углеводородного сырья предполагает прогнозную оценку воздействий и последствий добычи нефти и газа при всестороннем учете ландшафтно-экологических особенностей территорий. В статье в методическом плане рассматриваются вопросы прогнозирования формирования экологических зон вокруг нефтегазодобывающего комплекса. В статье раскрывается содержание основных методологических положений, определяющих оценку экономического ущерба, обусловленного антропогенным воздействием на окружающую среду.

Summary. Currently, further industrial development of the northern territories requires a transition from the extensive natural resource use to an equilibrium resource use. Realisation of principles of the equilibrium resource use for the development of hydrocarbon resources suggests a prognostic assessment of the environmental impact and consequences of oil and gas production within multi-dimensional framework of the landscape-environmental properties of the territories. The article covers on a methodical scale, issues related to forecasting of forming of ecological zones around the oil and gas producing complexes. The paper reveals the content of main methodological positions which define a valuation of the economic damage which caused by human intervention on the environment.

Ключевые слова: равновесное природопользование, экологические зоны, устойчивость экосистем, экономический ущерб.

Key words: equilibrium resource use, ecological zones, stability of ecological systems, economic damage.

В энергетической стратегии России на период до 2030 г. отмечается реализация энергетического освоения Восточной Сибири и Дальнего Востока, полуострова Ямал, Арктики [1]. Главными районами прироста запасов нефти и газа будут Западно-Сибирская, Лено-Тунгусская и Тимано-Печорская нефтегазоносные провинции. Освоение новых месторождений нефти и газа будет сопровождаться развитием сети магистрального трубопроводного транспорта [2]. Прогнозируемый к развитию нефтегазодобывающий тип природопользования характеризуется преобладанием прямого ресурсопотребления в форме добычи полезных ископаемых, наличием сложных производственных систем, относится к крупноочаговому и деструктивному виду природопользования. Анализ причин возникновения экологических проблем при форсированном режиме освоения основных видов первичных природных ресурсов северных территорий показал, что факт низкой экологической емкости природных систем Севера и их важной роли в сохранении экологического равновесия в планетарном масштабе оказался недостаточно учитываемым. Поэтому дальнейшее вовлечение территорий Российского Севера в хозяйственный оборот требует перехода к равновесному природопользованию. В условиях северных территорий равновесное природопользование предполагает реализацию следующих основополагающих принципов:

- раннее предупреждение неблагоприятных экологических тенденций или гарантию их минимизации;

- первостепенность экологических целей;
- размещение и развитие материального производства на определенной территории в соответствии с ее экологической техноёмкостью;
- выбор вариантов организации производства, обеспечивающих наименьшую природоёмкость, сохранение окружающей среды и безопасные условия жизнедеятельности людей;
- учет интересов коренных малочисленных народов при освоении и вовлечении в хозяйственный оборот территорий российского севера;
- обеспечение оптимизации ландшафтов в рамках формирования экологически сбалансированной территориальной структуры с помощью выделения особоохраняемых природных территорий.

Реализация принципов равновесного природопользования в условиях северных территорий предполагает прогнозную оценку воздействий и последствий освоения нефтегазовых месторождений при всестороннем учете ландшафтно-экологических особенностей территорий. Воздействие нефтегазовой промышленности на природный комплекс начинает проявляться уже на стадии разведочного бурения, затем резко усиливается в период обустройства и остается стабильно высоким в течение всего периода эксплуатации. На разных стадиях освоения месторождений изменяются масштабы и формы техногенной нагрузки. В период разведочного бурения преобладают точечно-локальный (площадки буровых) и линейный (временные дороги, следы вездеходного транспорта) типы механического и химического воздействия преимущественно на почвенно-растительный покров и водные источники в районах расположения буровых. Размер площадных нарушений колеблется по разным оценкам от 2,7 до 22,7 га на одну буровую. Различия связаны с различным положением буровых в рельефе, сроками работы, сезонах года во время строительства и демонтажа [3, 78].

На стадии обустройства месторождения тип воздействия трансформируется в территориально-локальный, при котором нагрузку испытывают практически все компоненты природного комплекса, а растительный и почвенный покров преобразуется коренным образом. Источниками выделения в атмосферу загрязняющих веществ (оксида углерода, оксидов азота, углеводородов, пыли) на буровой являются дизель-электростанции, котельная, склады, газораспределительный пункт, факельная линия и устье скважин. Источниками выделения веществ (буровой шлам, буровые растворы, буровые сточные воды), загрязняющих почву и водные объекты, являются: буровая скважина, узел приготовления бурового раствора, рабочая площадка буровой вышки, насосная группа, блок очистки буровых отходов. Со строительством промкомплекса связан максимум механических нарушений почвенно-растительного покрова. Помимо механического нарушения в значительных масштабах происходит трансформация почвенно-растительного покрова за счет изменения гидрологического режима территории (осушение, обводнение). В период эксплуатации месторождений наибольшую опасность для природной среды представляет загрязнение почв, поверхностных и подземных вод нефтью, другими агрессивными веществами, хозяйственно-бытовыми и промышленно-ливневыми стоками, а также атмосферы – в результате сжигания попутного газа, испарений в резервуарах и т. д. Выбросы в атмосферу от стационарных источников на порядок выше, чем в период бурения эксплуатационных скважин. Основным источником загрязнения рек является неорганизованный сток с поверхности водосбора, а основным компонентом загрязняющих веществ – нефть и нефтепродукты, которые поступают на рельеф в процессе нефтедобычи, особенно при проливах нефти во время аварий. Причем до 50% основных загрязняющих веществ поступает в водные объекты при добыче нефти и газа, 15% – при бурении скважин; 15% – при транспортировке нефти и газа по магистральным трубопроводам; 10% – при первичной переработке нефти и газа.

На базе анализа данных форм статистической отчетности 2ТП-Водхоз, 2ТП-Воздух по предприятиям нефтедобычи, сведений о состоянии аварийности на нефтегазопроводных системах, проектных данных по месторождениям-аналогам нами были получены укрупненные показатели удельных нагрузок на окружающую среду. Показатели воздействия на окружающую среду по выбросам, сбросам загрязняющих веществ, а также размещения отходов в окружающую среду при разработке нефтегазовых месторождений в расчете на 1000 т добычи

нефти составляют (в числителе проектные данные, в знаменателе – реальные данные, учитывающие аварийные ситуации): буровые отходы – 300-400 куб. м, газообразные выбросы – 5-6 т, загрязняющие вещества в сбросах в водоемы – (0,12- 0,16 усл. т)/ (10-20 усл. т), проливы нефти – (0,4-0,5 кг) / (25-50 кг), поступление нефти и нефтепродуктов в водоемы – (0,08-1,0 кг) / (7-10 кг) [4, 28].

Площади отвода земель при обустройстве нефтегазовых месторождений по основным объектам в соответствии с нормативными документами в среднем составляют: при обустройстве кустовых площадок – 3,5-4,0 га на один куст из 6-8 скважин, при прокладке линейных сооружений – 2,5 га на 1 км линейных коммуникаций, при строительстве промысловых объектов – 1,5-2,0 га на один объект. По экспертным оценкам каждый гектар проектного отвода сопровождается 3-10 гектарами реально отчуждений земель. В расчете на 1000 т извлекаемых запасов нефти количество реально отчуждаемых земель составит в среднем: при оценке извлекаемых запасов нефти до 10 000 тыс. т – 0,22-0,74 га, от 10 000 тыс. т до 40 000 тыс. т – 0,15-0,5 га, более 40 000 тыс. т – 0,08-0,27 га [4, 28].

По данным опытных обследований на каждый отводимый под промышленное строительство при освоении нефтегазовых месторождений 1 га земель приходится 0,38 га «нарушенных земель» за пределами границ отвода. Из них: до 42,3% земельного участка обычно загрязняются нефтепродуктами, буровыми отходами и растворами, минерализованными водами; до 33,5% территории характерно сильное механическое повреждение древостоя, растительного покрова и почв; до 19,7% – затопление и подтопление лесов грунтовыми водами; до 4,5% – повреждение древостоя вокруг факелов.

Следует отметить, что наиболее специфичными воздействиями при нефтегазодобыче являются механические нарушения и химическое загрязнение, в первую очередь – нефтяное загрязнение. В результате механических нарушений и химического загрязнения происходят изменения в природных комплексах: меняется структура почвенного покрова, изменяются геохимические и геотермические параметры почв. В зависимости от интенсивности и характера воздействия, миграционных процессов загрязняющих веществ в природных комплексах, устойчивости компонентов биогеоценоза (БГЦ) к механическому и химическому воздействию формируются экологические последствия, выражающиеся в различной степени нарушения БГЦ – от перестройки его структуры до частичного или полного разрушения. Как правило, максимальное антропогенное воздействие приводит к упрощению видового состава фитоценоза, формированию производного сообщества, в состав которого входят наиболее устойчивые виды растений, приспособленные к существованию в нарушенных местообитаниях.

Практикой установлено, что по мере приближения к объекту воздействия снижается общее биологическое разнообразие, падает продуктивность, происходят морфологические изменения видов и упрощение структуры биоценозов. В результате добычи углеводородов в районе действия нефтедобывающего комплекса формируется несколько экологических зон с разным уровнем качественных и количественных изменений БГЦ. Рассматриваемые зоны не имеют постоянных границ, они изменяются в соответствии с изменением всех частей биоценозов в результате воздействия НГДК на окружающую среду, т. е. динамика перемещения границ определяется параметрами источников воздействий, вызывающих нарушение и загрязнение окружающей среды. Сама динамика изменения воздействий объясняется динамикой освоения месторождения (вводом новых буровых площадок, строительством необходимых промысловых и магистральных нефтепроводов). Конфигурация же экологических зон и их размеры зависят от типов ландшафтов и свойств составляющих его компонентов, главным образом, почвенно-растительного покрова, в конечном итоге – от механической и химической устойчивости БГЦ к воздействиям. Так как устойчивость природных систем на севере значительно ниже, чем в средней полосе, ширина экологических зон, формирующихся в северных регионах, превышает размеры этих зон в средней полосе при одинаковых техногенных нагрузках в несколько раз.

По аналогии с предложенной нами типологией экологических последствий, обусловленных воздействием горнопромышленных комплексов на окружающую среду [5, 27-28], можно говорить о формировании 5, чаще – 4 экологических зон вокруг нефтегазодобывающего комплекса (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика зон экологических изменений природной среды в районе действия предприятий по добыче нефти и газа

Индекс зоны	Характеристика зоны	Характер экологических изменений природной среды	Характерные объекты и элементы окружающей среды	Коэффициент, характеризующий степень изменения природной среды
1	2	3	4	5
I	Зона глубоких качественных и количественных экологических изменений	Техногенные изменения рельефа местности, полное или частичное нарушение почвенного покрова, коренные изменения пространственной и видовой структуры биогеоценозов	Участки техногенного ландшафта: буровые площадки, шламовые амбары, дожимные насосные станции, промысловые и магистральные нефтегазопроводы, дороги, факела сжигания попутного газа и другие инженерные сооружения.	0,86 – 1,0
II	Зона частичной видовой структурной перестройки (зона функциональной перестройки)	Постепенное угнетение старых (природных) и распространение новых доминант в фитоценозе с сохранением общей пространственной структуры. Изменения в живых и неживых объектах природы выше критических значений, приводящие к качественным преобразованиям отдельных элементов и всего биогеоценоза в целом	Уничтожено более 50% растительного покрова, участки территории с интенсивным загрязнением почв, воздушного бассейна и водного бассейна, нарушенным режимом грунтовых и поверхностных вод или интенсивным механическими нарушениями	0,66 – 0,85
III	Зона количественных экологических изменений	Постепенное снижение до определенного уровня продуктивности доминант при сохранении пространственной и видовой структуры фитоценоза. Постепенное изменение вещественного состава.	Разрушено 30-50 % растительного покрова, участки с загрязненными почвами, водным и воздушным бассейном или нарушенным режимом грунтовых и поверхностных вод	0,31 – 0,65
IV	Зона кларковых экологических изменений	Незначительные изменения вещественного состава живых и неживых объектов природы в пределах, не вызывающих изменений пространственной и видовой структуры и снижения продуктивности доминант фитоценоза	Разрушено менее 30 % растительного покрова, участки территории с измененным составом водного и воздушного бассейнов в пределах установленных норм, но не выше их кларковых (фоновых) значений	0,10 – 0,30

Примечание: зоны с индексом I характеризуются как зоны с катастрофической ситуацией; зона II – критическое экологическое состояние; зона III – условно-удовлетворительное экологическое состояние; зона IV – удовлетворительное экологическое состояние.

Как следует из таблицы 1, каждой из выделенных зон присущи свои особенности. Так, для первой зоны характерны крупные структурные изменения естественных биогеоценозов, причем восстановление первоначальной экосистемы естественным путем в обозримом будущем невозможно. Это – буровые площадки, шламовые амбары, дожимные насосные станции, промысловые и магистральные нефтегазопроводы, дороги, факела сжигания попутного газа и другие инженерные сооружения, провалы, прогибы, прилегающие к ним нарушенные и загрязненные участки.

Для второй зоны характерна частичная видовая структурная перестройка, постепенное угнетение старых и распространенных новых доминант в фитоценозе. Изменения в живых и неживых объектах природы превышают критические значения, что приводит к качественным преобразованиям отдельных элементов и всего биогеоценоза в целом. В данном случае (вторая зона) пространственная структура биогеоценозов сохраняется (леса, реки, пашни, луга и т. д.), но их внутреннее структурное строение, видовой состав перестраиваются. Естественное восстановление возможно, но только после полного прекращения производственной деятельности.

Отличительной особенностью третьей зоны являются только количественные экологические изменения, т. е. снижение продуктивности, прироста доминант при сохранении пространственной и видовой структуры фитоценоза. И, наконец, для четвертой зоны характерны незначительные изменения живых и неживых объектов природы. Концентрация вредных веществ меньше предельно допустимых, но выше кларковых (фоновых). Продуктивность обычно сохраняется, может иметь место накопление загрязняющих веществ в живых организмах, что в последующем может привести к серьезным отрицательным последствиям в отношении человека.

В этой же таблице 1 приведены коэффициенты, количественно оценивающие степень изменения природной среды, установленные по результатам экспертного опроса. Основой для прогноза коэффициентов является изменение состава и состояния элементов биоты. Прогноз изменения биоты и животного мира предполагает наличие опыта проведения маршрутных исследований, геоботанического описания лесной ассоциации, оценки показателя дефолиации на различном удалении от источника техногенных воздействий и использования его при формировании экспертных оценок. Используются также материалы ландшафтного геоэкологического картографирования. Карта может стать хорошей основой при обосновании размещения промышленных объектов нефтедобычи и объектов инфраструктуры, в части прогнозирования формирования экологических зон.

Обобщение имеющегося опыта позволяет прогнозировать следующее расположение зон влияния нефтегазодобывающего комплекса (табл. 2). Общая зона воздействия вокруг нефтегазодобывающего комплекса может достигать от 60-70 до 150 км, в том числе зона полного разрушения экосистем формируется на расстоянии до 100 км. По мере снижения производственной мощности комплекса уменьшаются и размеры формирующихся экологических зон. Сама конфигурация зон напрямую зависит от механической и химической устойчивости ландшафтов и биогеоценозов.

Таблица 2. Прогнозное расположение зон влияния нефтегазодобывающего комплекса, км

Сроки освоения месторождения	Мелкие комплексы	Средние комплексы	Крупные комплексы
	Площади горного отвода, тыс. га		
	10	50	100
Начальный период	$\frac{8}{5}$	$\frac{10}{5}$	$\frac{70}{50}$
	$\frac{10}{8}$	$\frac{40}{25}$	$\frac{100}{80}$
Среднее освоение	$\frac{15}{10}$	$\frac{70}{50}$	$\frac{150}{100}$

Примечание: в числителе общая зона влияния, в знаменателе – зона с катастрофической ситуацией.

Таким образом, согласно результатам исследований, можно сделать вывод, что при освоении нефтегазовых месторождений в условиях северных территорий обязательным элементом является учет устойчивости природных систем к прогнозируемым воздействиям, который рекомендуется осуществлять в двух случаях:

1. При выборе альтернативных вариантов планируемых типов природопользования (промышленное, горнодобывающее, селитебное и т. п.). Так, в неустойчивых ландшафтах, выявленных в процессе построения ландшафтно-экологических карт, однозначно должен быть отбракован горнодобывающий тип природопользования без применения инновационных технологий.
2. При прогнозировании последствий. Так, для нефтегазодобывающих комплексов оценка экологических последствий должна осуществляться для четырех периодов освоения месторождения: геологоразведка, обустройство месторождений, эксплуатация (с оценкой возможных аварий) и на стадии отработки месторождения (последствия посттехногенеза) на основе построения экологических зон.

В конечном итоге, измененная природная среда в результате добыче нефти и газа приводит к качественному и количественному истощению природно-ресурсного потенциала территории. Стоимостную оценку экологических последствий или экономический ущерб, обусловленный нанесением вреда природным ресурсам при их загрязнении (нарушении) за пределами границ отвода предлагается выполнять для выделенных экологических зон на основе оценки снижения ценности природных ресурсов в каждой их них. В свою очередь коэффициенты снижения экономической ценности природных ресурсов μ (табл. 3) приравниваются к коэффициентам изменения (нарушения) природной среды с учетом классификации экологических зон, приведенных в таблице 1.

Таблица 3. Значение коэффициента снижения экономической ценности природных ресурсов μ , доли ед.

Виды ресурсов	Степень нарушенности экосистем			
	слабая (удовлетворительная)	умеренная (условно-удовлетворительная)	сильная (кризис)	очень сильная (катастрофическая)
Лесные, дикорастущие, охотничьи, земельные	0,10–0,30	0,31–0,65	0,66–0,85	0,86–1,00

Алгоритм расчета ущерба, обусловленный нанесением вреда природным ресурсам при их загрязнении, $\dot{O}_j$ приводится ниже.

1. Определение годового размера ущерба каждого вида природного ресурса (земельные, лесные, охотничьи, дикорастущие) в рамках выделенных экологических зон.

Годовой размер ущерба в t -м году от загрязнения j -го природного ресурса $\dot{O}_{jt}$ определяется по формуле:

$$\dot{O}_{jt} = \hat{I}_j \sum_{z=1}^n S_z \times \mu_z, \text{ руб./год} \quad (1)$$

где O_j – ежегодная экономическая оценка j -го природного ресурса, руб./га;

S_z – площадь в рамках z -й экологической зоны, в которой расположен ресурс, га;

μ_z – коэффициент, характеризующий изменение (нарушение) природного ресурса в рамках z -ой экологической зоны;

j – вид природного ресурса;

z – экологическая зона ($z = 1 \dots n$);

n – количество экологических зон.

2. Определение общей величины ущерба для каждого вида природных ресурсов в рамках выделенных экологических зон с учетом периода их восстановления.

Величина экономического ущерба, причиняемого j -му природному ресурсу в рамках экологических зон, $\acute{O}_{\acute{y}j}$ рассчитывается за весь период восстановления ресурса в экологических зонах по формуле:

$$\acute{O}_{\acute{y}j} = \hat{I}_j \left(\sum_{t=1}^{T_1} S_1 \times \mu_1 + \sum_{t=1}^{T_2} S_2 \times \mu_2 + \dots \sum_{t=1}^{T_n} S_n \times \mu_n \right), \text{ руб/год} \quad (2)$$

где $T_1, T_2, T_3 \dots T_n$ – срок восстановления j -го природного ресурса в рамках $z_1, z_2 \dots z_n$ экологической зоны;

$S_1, S_2 \dots S_n$ – площадь в рамках $z_1, z_2 \dots z_n$ экологической зоны;

$\mu_1, \mu_2 \dots \mu_n$ – коэффициент, характеризующий снижение экономической ценности j -го природного ресурса в рамках $z_1, z_2 \dots z_n$ экологической зоны.

3. Определение общей величины экономического ущерба, обусловленного загрязнением (нарушением) природных ресурсов,

Общая величина экономического ущерба $\acute{O}_{\acute{y}}$ определяется суммированием ущербов по всем видам природных ресурсов в рамках всех выделенных экологических зон за весь период восстановления ресурсов в этих зонах:

$$\acute{O}_{\acute{y}} = \sum_{j=1}^m \acute{O}_{\acute{y}j}, \text{ руб} \quad (3)$$

где $\acute{O}_{\acute{y}}$ – экономический ущерб, обусловленный загрязнением природных ресурсов в рамках выделенных экологических зон за весь период восстановления ресурсов в этих зонах;

j – вид природного ресурса ($j = 1 \dots m$);

m – количество учтенных природных ресурсов

При использовании в расчетах величины экономической ценности природных ресурсов рекомендуется применять повышающие коэффициенты к особым условиям (K_y), приведенные в таблице 4 [5, 86]. К особым условиям, дополнительно повышающим экономическую оценку природных ресурсов, относятся: транспортная доступность, средозащитная и социальная ценность территории.

Таблица 4. Повышающие коэффициенты к особым условиям (K_y)

Наименование коэффициента	Значения коэффициента K_y
1. Коэффициент экологической опасности производства ($K_{\text{зо}}$)	
Нефтегазодобывающая промышленность	2,0
Трубопроводный транспорт	1,5
Прочие производства	1,2
2. Коэффициент удобства местоположения ($K_{\text{ум}}$)	
Вблизи населенных пунктов	2,0
Вблизи железных дорог	2,0
Вблизи автодорог с твердым покрытием	2,0
Вблизи водных транспортных артерий	1,5
3. Социальная ценность земли (K_c)	
В границах родовых угодий, территорий традиционного природопользования	3,0
В границах рыбных или охотничьих угодий, закрепленных за общественными предприятиями	2,0
4. Коэффициент для особо охраняемых природных территорий (K_n)	
Природные парки, заказники	5,0
Берега нерестовых, рыбопромысловых рек	3,0

Лесные площади лесов I группы	3,0
Памятники природы	3,0
Участники историко-культурного назначения	3,0
Орехово-промысловые зоны	2,5

В частности, социальная ценность земли имеет большое значение для социально-экономического развития коренных малочисленных народов Севера (КМНС). Она определяется тем, что земли являются главным источником средств существования КМНС, основным местом проживания и приложения рабочих рук.

Литература

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации 13 ноября 2009 г. № 1715-р // Прил. к обществ.-дел. журн. «Энергетическая политика». М.: ГУ ИЭС, 2010. 184 с.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации 22 ноября 2008 № 1737-р // Собрание законодательства Российской Федерации. М.: «Юридическая литература», N 50, 15.12.2008, ст.5977. 158 с.
3. Гладков В. И. Естественное зарастание нарушенных разведочным бурением участков в северных районах Тимано-Печерского ТПК // Природопользование в системе хозяйства Европейского Северо-востока. Сыктывкар, 1987. С. 78-86.
4. Коренные малочисленные народы Севера: направления социально-экономического развития в условиях интенсивного недропользования / В. П. Пахомов [и др.]. Препринт. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 77 с.
5. Игнатьева М. Н., Литвинова А. А., Логинов В. Г. Методический инструментарий экономической оценки последствий воздействия горнопромышленных комплексов на окружающую среду. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2010. 168 с.