

## НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ: ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Г.Д. Русецкая

*Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация*

### Информация о статье

Дата поступления  
4 июня 2019 г.

Дата принятия к печати  
10 декабря 2019 г.

Дата онлайн-размещения  
20 декабря 2019 г.

### Ключевые слова

Недропользование;  
нефтегазовый комплекс;  
экологические системы;  
экологические законы;  
природный капитал

### Аннотация

Отсутствие реальной оценки природного капитала во многом определяет возникновение экономических и экологических проблем в различных сферах хозяйствования. Экономически неэффективное использование природного капитала приводит к его истощению, игнорирование экологических законов при разработке и использовании технологий недропользования негативно воздействует на окружающую среду, разрушая экологические системы. Недропользование в нефтегазовом комплексе и формирование высокосложных природно-технических систем вызывают нарушение экологического равновесия окружающей среды, изменение баланса средообразующих компонентов — вещества, энергии, информации. Поддержание устойчивости таких систем и восстановление нарушенного или утраченного их равновесия выдвигают на первое место отношение к окружающей среде как к природной системе, жизнеспособный потенциал которой регулируется природными экологическими законами. Объективная оценка состояния природно-технической системы в недропользовании должна выполняться на основе системного анализа, в рамках которого рассматривается взаимодействие и взаимозависимость всех ее составляющих, а также внутренние и внешние взаимосвязи природных и техногенных подсистем. Анализ требует комплексного рассмотрения процессов использования исходного сырья, загрязнения компонентов биосферы углеводородами и другими веществами, а также оценки риска их негативного воздействия через биогеохимические циклы с учетом многосреднего подхода. В связи с увеличением в России доли трудноизвлекаемых запасов нефти, ухудшением ее качественных характеристик, формированием новых центров недропользования возрастает значение принятия экологически и экономически обоснованных решений с учетом природных законов.

## EXPLOITATION OF NATURAL RESOURCES IN OIL AND GAS INDUSTRY: COMMON FACTORS OF USE AND CONSERVATION OF ECOLOGICAL SYSTEMS

Genrietta D. Rusetskaya

*Baikal State University, Irkutsk, the Russian Federation*

### Article info

Received  
June 4, 2019

Accepted  
December 10, 2019

Available online  
December 20, 2019

### Abstract

The lack of a realistic estimate of the natural capital largely determines the economic and ecological problems in different sectors of economy. Economically inefficient use of the natural capital leads to its depletion. Flouting of environmental laws, when developing and applying technologies of exploitation of natural resources, has a detrimental effect on the environment, destroying the ecological systems. Exploitation of natural resources in oil and gas industry and development of highly sophisticated natural-engineering systems cause disruption of the ecological balance in the environment and shift in the balance of the envi-

**Keywords**

Exploitation of natural resources; oil and gas industry; ecological systems; environmental laws; natural capital

Современные взаимоотношения между экономикой и экологией продолжают оставаться противоречивыми, несмотря на усилия различных организаций и большое количество международных и национальных документов о необходимости их гармонизации. Противоречия проявляются в оценке природных ресурсов и практическом игнорировании природных законов.

Методы рыночной оценки природных ресурсов практически не определяют реальную ценность природного капитала, не учитывают регулирующие механизмы расходования и воспроизводства ресурсов в соответствии с размерами истощения природного капитала. Нерациональное, часто экономически неэффективное использование этого капитала, сопряженное с ним негативное воздействие на окружающую среду, разрушение экосистем со временем ведут к сокращению общественного благосостояния.

В долгосрочной перспективе обилие природных ресурсов обычно негативно коррелирует с темпами роста экономики и жизненных стандартов. Анализ ситуации в сырьевой сфере стран Группы двадцати, богатых полезными ископаемыми, свидетельствует о том, что ключевой задачей в деле обеспечения устойчивого экономического роста должно стать управление сырьевыми отраслями экономики на основе комплексной оценки расходования природного капитала и бережного отношения к окружающей среде [1–4].

С недропользованием связано нарушение экологического равновесия окружающей среды, изменение баланса средообразующих компонентов — вещества и энергии, а также информации.

Процесс функционирования предприятий недропользования ведет к формированию высокосложных природно-технических систем. Восстановление нарушенного или утра-

ченного равновесия в природно-технических системах и поддержание их устойчивости выдвигают на первое место отношение к окружающей среде как к природной системе, жизнеспособный потенциал которой регулируется природными экологическими законами. Игнорирование нарастающих проблем в таких системах, несоблюдение основных законов экологии, таких как законы внутреннего динамического равновесия, ограниченности природных ресурсов и др., ведет по природоразрушающему пути.

Современные технологии управления природно-техническими системами должны учитывать усложняющиеся условия и неопределенную информационную ситуацию, в которых находится объект управления. Как правило, воздействие на объект со стороны внешней среды, взаимодействие с другими объектами и усложнение самого объекта управления требуют применения теории сложных систем.

Состояние системы подобного рода практически невозможно выразить в целом одной моделью без анализа процессов на уровне отдельных подсистем, для которых характерны определенные свойства и качества. Исследование структуры сложных природно-технических систем — это изучение их пространственных отношений в их взаимодействии и связей между элементами отдельной системы, определение способных влиять на нее закономерностей развития. Для обоснования принимаемых решений структурный подход должен сочетаться с методами системного анализа, что позволит исследовать целостность системы, ее внешние и внутренние связи [5–8].

Одна из ведущих проблем современно-го использования природных ресурсов — стремление к так называемому эффективному их использованию — по сути сводится

к хищнической эксплуатации. Чтобы в долгосрочной перспективе избежать серьезных, разрушающих последствий, необходима их оценка на основе знания ресурсных возможностей, лимитов эксплуатации естественных ресурсов, экологических законов управления природопользованием.

Любое преобразование природы вызывает ответную реакцию. Не имея абсолютной информации о механизмах и функциях природы, действуя в отрыве от понимания природных закономерностей, человек способствует переменам, приводящим к существенным сдвигам в крупных природных образованиях в соответствии с законом оптимальности [9]. Следствием такого взаимодействия общества с окружающей средой на современном этапе является:

- рост отходов человеческой деятельности и концентрация рассеянной энергии в виде теплового загрязнения;
- рост ядовитых отходов химических и других производств;
- упрощение экосистем и разрушение природных циклов;
- появление генетических изменений в растениях и животных организмах.

Производственная деятельность нефтегазового комплекса является постоянным источником техногенной опасности и загрязнения окружающей среды. Стремясь обеспечить экономическую безопасность и энергетическую независимость, отдельные государства, регионы, компании игнорируют экологическую безопасность.

Формирование природно-технических систем в энергетическом комплексе приводит к отчуждению территории, ее осушению или подтоплению, вырубке лесов, изменению характера землепользования, прокладке дорог и линий коммуникаций, изменению гидрологического режима и качества поверхностных и подземных вод.

В соответствии с разделением хозяйствующих субъектов по степени их негативного воздействия на окружающую среду предприятия нефтегазового комплекса отнесены к первой (со значительным воздействием) и второй (с умеренным воздействием) категориям<sup>1</sup>, они входят в число 300 объектов, наи-

<sup>1</sup> О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и смежное законодательство, подзаконные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ : (ред. от 26 июля 2019 г.) // СПС «КонсультантПлюс» ; Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : федер. закон от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ : (ред. от 26 июля 2019 г.) // Там же ; Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негатив-

более загрязняющих окружающую среду на всех этапах деятельности. При добыче нефти экологические проблемы возникают практически сразу.

С геолого-разведочными работами (ГРП) и добычей полезных ископаемых органически связано экологическое равновесие окружающей природной среды, зависящее от степени нарушенности земной поверхности и загрязнения воздушной и водной сред.

В комплекс ГРП входит разведка со значительным объемом горнопроходческих (сооружение канав, шурфов, штолен с применением взрывчатых веществ и бульдозеров) и буровых работ с обустройством энергетического и сопутствующего хозяйств. На всех этапах применяются геофизические методы разведки с комплексом сопровождающих работ — прокладка просек в тайге, временных дорог к ним. Бурение скважин и производство взрывных работ в них ведут к повреждению верхних слоев почвы и растительного покрова на значительных площадях, происходит нарушение и загрязнение поверхностных водотоков. В северных районах и в условиях многолетней мерзлоты техногенное воздействие ГРП на растительный покров и верхние слои земли проявляется особенно сильно, и последствия этого воздействия ощущаются многие десятилетия. По данным ГФУ ГП «Иркутскгеология», только за период 1990–2000 гг. в результате проходки 42 тыс. м штолен, более 6 млн м канав и траншей, более 75 тыс. м шурфов и бурения более 2 млн пог. м скважин нарушен почвенно-растительный покров на площади более 3 тыс. га, а рекультивировано только 400 га. ОАО «ВостСибнефтегазгеология» пробурено 175 глубоких скважин, нарушено около 4 тыс. га почвенно-растительного слоя. За этими объемами ГРП тысячи гектаров погубленного при проходке канав леса, около 10 тыс. буровых площадок и десятки тысяч незасыпанных канав, траншей и шурфов. В результате сжигания тысяч тонн горюче-смазочных материалов, взрыва сотен тысяч тонн взрывчатых веществ, горящих фонтанов нефти и газа нанесен вред воздушной среде. При этом значительные площади (до 18 га на каждую скважину) загрязняются химическими реагентами.

В последние пять лет добыча нефти в России росла, несмотря на относительно низкую

ное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 28 сент. 2015 г. № 1029 // Там же.

ценовую конъюнктуру и введенные США и ЕС секторальные санкции. Крупные инвестиции прошлых лет, многочисленные налоговые льготы, а также девальвация рубля не только позволили избежать сокращения добычи, но и обеспечили ее рекордный рост [10]. В 2018 г. в сравнении с 2017 г. прирост добычи нефти в России составил 1,6 %. В 2018 г. в эксплуатацию введено 54 месторождений.

Производственная деятельность по добыче нефти является постоянным источником техногенной опасности и сопровождается вовлечением в процессы значительного количества природных ресурсов (вода, почва и др.). К основным объектам негативного воз-

действия на окружающую среду нефтедобывающих предприятий относятся буровые площадки (разведочные и эксплуатационные скважины), кустовые насосные станции, нефтенасосные станции, центральные пункты сбора нефти, газа и воды, установки подготовки нефти, резервуарные парки, факельные устройства, трубопроводы нефти и газа, шламовые амбары. Количественные показатели воздействия нефтедобывающей промышленности на окружающую среду (данные по 21 предприятию) приведены в таблице.

Из данных таблицы следует, что при добыче каждой тонны нефти в окружающую

**Значения показателей, характеризующих воздействие нефтедобывающих предприятий на окружающую среду при добыче 1 т нефти**

№ п/п	Воздействие			Состояние	Отклик		
	Удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс. т/т	Общее удельное водопотребление, м <sup>3</sup> /т	Образование отходов бурения, тыс. т/т	Площадь нефтесеквестрированных (нарушенных) земель, км <sup>2</sup>	Уровень утилизации попутного нефтяного газа, %	Доля площади рекультивированных земель в нарушенных землях, м <sup>2</sup>	Использовано, обезврежено отходов бурения, т
1	3,996	0,035	7,547	1,759	95,900	54,633	43,263
2	4,878	0,038	8,097	2,155	47,320	62,167	65,637
3	3,500	0,033	7,025	2,021	32,423	29,955	72,251
4	3,875	0,031	7,048	2,178	82,094	45,217	53,129
5	3,326	0,037	7,941	1,469	65,899	50,261	63,345
6	3,362	0,028	6,618	1,815	30,834	35,842	32,907
7	3,879	0,026	4,907	1,052	49,974	71,287	55,683
8	3,582	0,032	10,398	1,822	50,839	35,774	35,708
9	3,744	0,046	6,558	2,500	61,665	46,185	65,059
10	3,434	0,027	8,448	2,004	48,087	17,282	52,708
11	3,293	0,028	9,244	1,192	58,974	36,461	45,068
12	4,185	0,051	10,015	2,469	59,971	58,625	52,149
13	3,694	0,036	8,431	2,327	49,051	37,444	98,067
14	5,022	0,043	6,142	1,703	71,002	64,630	73,669
15	3,626	0,050	7,330	1,587	62,272	53,544	36,862
16	5,379	0,024	5,821	1,389	63,690	26,807	24,533
17	2,397	0,032	6,282	2,764	35,259	46,663	50,761
18	3,869	0,034	7,118	1,216	70,721	51,039	29,847
19	4,053	0,022	10,873	1,415	60,452	50,098	26,435
20	6,222	0,046	6,522	1,406	90,206	38,765	51,632
21	4,435	0,046	8,212	1,869	46,786	64,938	61,901
min	2,397	0,026	4,907	1,052	30,834	17,282	24,533
max	6,222	0,051	10,873	2,764	95,900	64,938	73,669

Источник: [11].

среду поступает значительное количество загрязнений, нерационально используются природные ресурсы. Также виден низкий уровень утилизации ценных ресурсов — попутного нефтяного газа, нарушенных земель.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух составляют от 2,3 до 6,2 тыс. т/т. При этом образуется значительное количество отходов бурения — от 4,9 до 10,8 тыс. т/т, площадь нефтезагрязненных (нарушенных) земель составляет от 1,0 до 2,7 км<sup>2</sup>.

Нефтегазодобывающая отрасль хозяйствования отличается большой землеемкостью. Под разработку месторождений резервируются и отводятся значительные площади, в среднем около 50 тыс. га на одно месторождение. Только на менее 50 % нарушенных земель осуществляется рекультивация, и от 24,5 до 73,7 т отходов бурения обезвреживается или используется. В настоящее время наметилась тенденция к увеличению темпов разрушения почвенного покрова по сравнению со скоростью почвообразования (для формирования 1 см почвенного слоя требуется от 10 до 50 лет и более в зависимости от условий [5]). В силу технофильности природных элементов (отношение их ежегодной добычи к среднему содержанию в земной коре или кларку), а также все большего техногенного геохимического давления, перехода элементов из техногенного потока в природный на поверхности Земли образуются непропорциональные среднеглобальному естественному фону скопления элементов [12].

Объективная оценка состояния природно-технической системы должна выполняться на основе системного анализа, в рамках которого рассматривается взаимодействие и взаимозависимость всех ее составляющих, внутренние и внешние взаимосвязи природных и техногенных подсистем [13]. Анализ требует рассмотрения загрязнения компонентов биосферы углеводородами и другими веществами и оценки риска их негативного воздействия через биогеохимические циклы.

Важнейшее звено круговорота веществ в природно-технических системах — почва. Токсическое воздействие нефти и ее продуктов при поступлении из почвы в клетки и сосуды растений проявляется в повреждении, разрушении, а затем и отмирании их живых тканей, в отрицательном влиянии на рост, метаболизм и развитие растений, подавлении роста их наземных и подземных частей, задержании прорастания семян. Загрязненные почвы становятся также

источником вторичного загрязнения воздуха в результате испарения легких фракций углеводородов [14].

Негативное воздействие нефтепромыслов на экологические системы, заключающееся в загрязнении нефтью и нефтепродуктами, выбросами в атмосферу загрязняющих веществ, высокоминерализованными пластовыми водами, использованными в процессе бурения химическими реагентами, буровыми растворами и др., осуществляется путем гидравлической связи за счет фильтрации, сорбции, хемосорбции, осаждения и испарения [15].

Одним из основных принципов природопользования на территории должен быть многосредный подход. Первым уровнем в трофической цепи природной экосистемы являются лесные системы с их многочисленным биологическим разнообразием и почвенными характеристиками. Лес — сложная полифункциональная система, во многом определяющая существование других организмов и факторы абиотической среды.

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ воздействуют на леса сверху в результате выпадения кислотных дождей, приводя к заболеваниям деревьев, развитию сухостойности, потере листьев и хвои (30–70 % от общей массы). Значительная часть загрязнений оказывается на почве, вследствие чего деятельность нефтегазовых предприятий становится причиной ухудшения качества лесных земель, снижения жизнеспособности и разнообразия лесов из-за нарушения их питания, роста и развития.

Не менее вредное влияние на природные системы оказывают пластовые воды. При попадании их на почву происходит ее хлоридно-натриевое засоление, загрязнение большим количеством веществ химической природы (Hg, Cd, Pb и др.). При сильном загрязнении почвы изменяется гумусовое состояние, pH среды, следствием чего является частичная или полная утрата почвенного плодородия. Тяжелые металлы опасны для живых организмов, они связываются с сульфгидрильными группами белков, приводя к ингибированию ферментов, нарушению обмена веществ. Нефтепродукты в природной среде нарушают процесс фотосинтеза, кислородный и углеродный обмен, процессы естественного круговорота минеральных и органических веществ, состояние биоценозов, разрушая экосистему на определенной территории.

В соответствии с законом внутреннего динамического равновесия любое измене-

ние среды приводит к развитию природных цепных реакций, нейтрализующих произведенное изменение до определенного предела. Экологические системы — сложные системы, обладающие свойством нелинейности, следовательно, воздействие хозяйственной деятельности на эти системы также носит нелинейный характер. Практически многократное увеличение концентрации загрязняющего вещества может не иметь заметных последствий, но затем ничтожная его прибавка приведет к катастрофе (закон экологической корреляции). Загрязнитель, меняя цепь природных реакций, вызывает срыв в экологической корреляции, и экосистема начинает разрушаться как бы изнутри при минимальном изменении силы внешнего фактора [9; 16, с. 32–35].

В отсутствие данных об ассимиляционной емкости территории, изменении биомассы на лесных территориях, экологических рисках в результате техногенного воздействия необходимы исследования количественной и качественной динамики, загрязнения окружающей среды в районах строительства и эксплуатации нефтегазовых комплексов.

Авторы [17] рекомендуют проведение инженерно-экономических изысканий (ИЭИ) для принятия обоснованных решений при подготовке проектной документации. Характеристика и картографирование почвенно-растительного покрова являются ключевыми инструментами сохранения видового разнообразия растительных сообществ, редких и исчезающих видов растений, плодородности почв и их способности к самоочищению. На основе полученных данных ИЭИ предложено разрабатывать обоснованные проектные решения по исключению или минимизации ущерба природным комплексам и принимать последующие экологически обоснованные решения для рекультивации нарушенных земель и восстановления растительного покрова.

На территориях нефтегазового комплекса имеются до сих пор не рекультивированные нефтезагрязненные участки. Отсутствуют научно обоснованные технологии их рекультивации. В то же время экологическая реставрация нарушенных земель — одно из самых действенных, востребованных, но исключительно капиталоемких направлений охраны природы. В отличие от сравнительно примитивной технической и универсальной биологической рекультивации нарушенных земель, экологическая реставрация, проводящаяся в развитых странах, направлена на формирование близких к исходному состоянию экосистем, ее технологии зонально

адаптированы. Она включает восстановление исходного рельефа, гидрологического режима, почвенного и растительного покрова, населения животных и в некоторых случаях — традиционного хозяйствования. Затраты в разных регионах России могут составлять от 20–30 до 70–100 тыс. дол. на 1 га. Наиболее высоко оценены земли, имеющие нефтяное и другое химическое загрязнение, требующее детоксикации, нейтрализации, удаления и перевозки на специальные полигоны хранения отходов, восстановления и консервации мерзлотного режима.

С целью регулирования охраны земель в практике США для получения разрешения на хозяйственную деятельность, кроме заявки, которая включает сведения о планируемых видах работ, и планов природоохранных мероприятий, предусмотрено внесение залога, гарантирующего компенсацию возможного ущерба.

Исследование компонентов окружающей среды необходимо проводить и на прилегающих к производственной территории участках, а не только в зоне непосредственного воздействия, учитывая эффект распространения влияния антропогенного воздействия в окружающем пространстве.

При несоответствии физической среды функционально-структурным особенностям системы происходит смена функций, вымирание охватывает не только исчезающие системы, но и не связанные с ними функциональные совокупности и их иерархию. Один вид никогда индивидуально не исчезает, с ним вместе меняется вся пищевая цепь, а затем биоценоз, экосистема и частично вся их иерархия [9].

По данным Всемирного банка, из 300 млн т углекислого газа, выделяемого в атмосферу планеты, на долю России приходится значительная часть.

Отклонения в составе газов атмосферы, ее загрязнение оксидами серы, азота вызывают огромные изменения в экосистемах суши и водной среды. Результатом такого воздействия становится деградация и гибель лесов, нарушение циклов развития морских организмов. Незначительные изменения концентрации диоксида углерода сопровождаются парниковым эффектом.

Около 15 % всех вредных выбросов в России приходится на сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ). В 2017 г. на 1 т добытой нефти объем выбросов загрязняющих веществ (которые сосредоточены преимущественно в регионах с высоким уровнем добычи углеводородов [18]) составил около

8 кг. Большой вклад дает Восточная Сибирь при сжигании ПНГ на факелах. Кроме потерь ценного природного ресурса, существует реальная опасность загрязнения окружающей среды. Декларировались меры по изменению ситуации [19], которая в том числе объяснялась перемещением нефтегазового комплекса России в новые регионы освоения. Но очевидно осуществление традиционно сложившейся в России стратегии «конца трубы». Безусловно, решение вопросов повышения эффективности комплексного недропользования требует значительных инвестиций на стадии проектирования и реализации, но такой подход практически не учитывает нарастающую угрозу ухудшения состояния окружающей среды.

По результатам исследований в Институте фундаментальных проблем биологии РАН РФ изотопный состав углерода в атмосфере меняется, что, вероятно, связано с увеличением поступления техногенного диоксида углерода и метана.

Загрязнение атмосферы, почв и вод ведет к нарастанию энергии в сферах планеты, угрожая ей в соответствии со вторым законом термодинамики разладом, тепловым шоком. Из первого закона термодинамики следует, что рост антропогенной нагрузки на экосистему приводит к синергетическому эффекту [9].

Изменения в крупных экосистемах относительно необратимы: анализируя их проявление от места воздействия до биосферы в целом, можно сделать вывод, что они меняют глобальные процессы и тем самым переводят их на новый эволюционный уровень (согласно закону необратимости эволюции Л. Долло). В процессе эксплуатации природных ресурсов важно не переходить пределы, позволяющие природным системам сохранять свойства самоорганизации и саморегуляции.

В настоящее время топливно-энергетический комплекс (ТЭК) является одним из устойчиво работающих производственных комплексов российской экономики. Он определяющим образом влияет на состояние и перспективы развития национальной экономики, обеспечивая около четверти производства валового внутреннего продукта, примерно половину доходов федерального бюджета, экспорта и валютных поступлений. Вместе с тем в отраслях ТЭК сохраняются механизмы и условия хозяйствования, неадекватные принципам устойчивого развития, действует ряд факторов, негативно влияющих на функционирование и развитие ТЭК.

В последние годы в России неуклонно снижается доля высококачественных запасов нефти. Две трети запасов классифицируется как трудноизвлекаемые. На вновь открываемых месторождениях качество нефти хуже по химическому составу, содержанию серы и плотности; месторождения часто находятся далеко от инфраструктуры, в сложных горно-геологических и климатических условиях. Имеющиеся запасы и ресурсы нефти распределенного фонда недр в основных районах добычи (Западно-Сибирская, Волго-Уральская и др. нефтегазоносные провинции) могут обеспечить воспроизводство минерально-сырьевой базы в ближайшие 10–15 лет не более чем наполовину, все большее значение будет иметь освоение новых месторождений, в частности в Восточной Сибири. При этом акцентируется внимание на ужесточении экологических требований в области недропользования<sup>2</sup>. Происходит смещение добычи и производства энергетических ресурсов в северные и восточные районы. Разведанные в пределах Сибирской платформы запасы многих полезных ископаемых позволяют рассматривать Восточную Сибирь как район для создания перспективных центров добычи углеводородного сырья. Площадь нефтегазоперспективных земель в Восточной Сибири превышает 3,5 млн км<sup>2</sup> [20].

Смещение добычи и производства энергетических ресурсов из традиционных районов с развитой инфраструктурой в новые, северные и восточные, требует значительных инвестиционных ресурсов, что в большой степени удорожает проекты. Аварии и риск возникновения событий переходят в новые регионы освоения углеводородных ресурсов. При этом существует закономерность: чем в более отдаленном месте расположено месторождение, тем менее жесткие экологические ограничения к нему предъявляются и тем больший экологический ущерб наносится окружающей среде.

В непроходимой тайге созданы города с сотнями километров автодорог и трубопроводов, установками, скважинами и резервуарами. Непрерывно идет изучение геологии новых участков, расположенных на значительном удалении от освоенных месторождений. В северных условиях высокой экологической уязвимости промышленная деятельность является значительно разрушительной для природной среды. Нарушение

<sup>2</sup> Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2030 года. URL: <http://www.rosnedra.gov.ru/article/8743.html>.

теплофизического равновесия при разведке и добыче нефти в условиях многолетней мерзлоты обуславливает техногенные изменения, разрушение природных ландшафтов. Газовый фактор в Восточной Сибири существенно выше, чем в традиционных регионах нефтедобычи. Большинство месторождений — газовые, газоконденсатные, нефтегазоконденсатные, что требует активного использования технологий улавливания и переработки ПНГ.

Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике относится к приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации<sup>3</sup>, что предопределяет необходимость соизмерения производственно-экономических результатов предприятий с экологическими последствиями на основе разумного научно обоснованного компромисса при перемещении в новые регионы страны.

В долгосрочной перспективе, после 2025 г., поддержание объемов добычи нефти в России будет становиться все более сложной задачей в связи с увеличением доли трудноизвлекаемых запасов нефти и ухудшением ее качественных характеристик. В этих условиях возможность использования технологий гидроразрыва пласта (ГРП) и многостадийного гидроразрыва ограничена необходимостью обращения к зарубежным технологиям и оборудованию для освоения нетрадиционных запасов и в настоящее время требует значительного инвестирования, так как инвестиционный цикл в энергетической отрасли составляет не менее пяти — семи лет. Кроме того, директивой США от 2017 г. запрещена поставка программного обеспечения для осуществления ГРП [10]. В то же время применение технологии ГРП связано со значительным негативным воздействием на окружающую среду, большим расходом воды и др.

Начиная с 90-х гг. прошлого века в России в области природопользования и охраны окружающей среды было принято большое

<sup>3</sup> О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [Электронный ресурс] : указ Президента РФ от 1 дек. 2016 г. № 642 // СПС «КонсультантПлюс» ; Научно-технологическое развитие Российской Федерации : гос. прогр. РФ на 2018–2025 гг. URL: <http://static.government.ru/media/files/AAVpU2sDAvMQklHV20ZJZc3MDqcTxl8x.pdf>.

количество законодательных актов, постановлений и распоряжений, значительная часть которых была противоречивой, слабо проработанной и изменялась по мере совершенствования структуры органов управления. Сегодня часто люди, наделенные властью, воспринимают экологические законы в качестве ограничителя экономического роста.

Принцип экономической ответственности предприятий, реализуемый в виде взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду, по-прежнему не отражает фактического состояния. В настоящее время ежегодный объем поступлений в бюджетную систему Российской Федерации от оплаты негативного воздействия достигает 27 млрд р., что составляет 0,04–0,05 % от ВВП. Эта сумма может быть еще ниже за счет предоставления предприятиям льгот. Все это не улучшает экологическую ситуацию, а способствует продолжению накопления экологического ущерба природе, так как многие предприятия предпочитают платежи значительным затратам на техническое и технологическое перевооружение.

Ситуация в стране предположительно изменится с внедрением наилучших доступных технологий (НДТ) в рамках реформ, определенных законом от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ, а также согласно ст. 23 закона 2002 г. № 7-ФЗ, регламентирующей нормирование воздействий на основе технологических и технических нормативов НДТ. Плановый период перехода на НДТ — 14 лет (с 2014 г.). Предполагается стабилизация экологической ситуации, улучшение качества окружающей среды. Однако практика следования этому закону свидетельствует о продолжении накопления экологического ущерба окружающей среде.

Таким образом, любое преобразование природы вызывает ответную реакцию. Особенно сильное проявление результатов взаимодействия в природно-технических системах нефтегазового комплекса. Не имея абсолютной информации о механизмах, функциях и материально-энергетических возможностях экологических систем, действуя в отрыве от понимания природных закономерностей, на которых основаны процессы недропользования, человек способствует переменам, приводящим к существенным сдвигам в крупных природных образованиях.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эндрес А. Экономика природных ресурсов / А. Эндрес, И. Квернер. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Питер, 2004. — 256 с.
2. Karabegovic A. Institutions, Economics growth and the «Curse» of National Resources / A. Karabegovic // Studies in Mining Policy. — 2009. — URL: <https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/CurseofNaturalResources2009.pdf>.



3. Агеева С.Д. Неравенство в ресурсных экономиках федеративного типа / С.Д. Агеева // Регион: экономика и социология. — 2013. — № 2 (78). — С. 66–88.
4. Никулин А.А. Сырьевой сектор как фактор устойчивого экономического роста / А.А. Никулин // Проблемы национальной стратегии. — 2018. — № 1 (40). — С. 169–187.
5. Блауберг И.В. Проблемы целостности и системный подход / И.В. Блауберг. — Москва : Эдиториал УРСС, 1997. — 448 с.
6. Цветков В.Я. Систематика сложных систем / В.Я. Цветков // Современные технологии управления. — 2017. — № 7 (79). — С. 2–11.
7. Суходолов А.П. Системный анализ, моделирование. Математическое моделирование / А.П. Суходолов, В.А. Маренко. — Иркутск : Изд-во БГУ, 2018. — 144 с.
8. Русецкая Г.Д. Методология системного анализа в устойчивом управлении лесами / Г.Д. Русецкая, Т.И. Ведерникова. — DOI: 10.17150/25002759.2018.28(3).375-381 // Известия Байкальского государственного университета. — 2018. — Т. 28, № 3. — С. 375–381.
9. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. — Москва : Россия молодая, 1994. — 367 с.
10. Митрова Т. Перспективы российской нефтедобычи: жизнь под санкциями / Т. Митрова, Е. Грушевенко, А. Малов // Центр исследований в области энергетики бизнес-школы Сколково (SEneC). — URL: <https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/research04-ru.pdf>.
11. Боровский Б.В. Методические подходы к оценке экологической эффективности предприятий нефтедобывающей промышленности / Б.В. Боровский, П.А. Коротков, Н.П. Короткова // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2013. — № 3. — С. 49–55.
12. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. — Москва : Высш. шк., 1979. — 423 с.
13. Состояние биоразнообразия природных экосистем России / под ред. В.А. Орлова, А.А. Тишкова. — Москва : НИИ-Природа, 2004. — 116 с.
14. Тетельмин В.В. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе : учеб. пособие / В.В. Тетельмин, В.А. Язев. — Долгопрудный : Интеллект, 2013. — 352 с.
15. Коробов А.А. Экологизация нефтедобывающей промышленности / А.А. Коробов // Экономические проблемы природопользования на рубеже XXI века / под ред. К.В. Папенова. — Москва : ТЕИС, 2003. — С. 693–705.
16. Коммонер Б. Замыкающий круг. Природа, человек, технология / Б. Коммонер. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1974. — 280 с.
17. Непряхин П.С. Характеристика структуры почвенно-растительного покрова территории для принятия экологических обоснованных решений при проектировании нефтепроводных систем / П.С. Непряхин, Е.Н. Шалатонов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2013. — № 3 (11). — С. 92–94.
18. Эдер Л.В. По пути к попутному. На ухабах ПНГ / Л.В. Эдер, И.В. Проворная, И.В. Филимонова // Бурение и нефть. — 2018. — № 12. — С. 4–14.
19. Эдер Л.В. Нефтегазовый комплекс Восточной Сибири и Дальнего Востока: тенденции, проблемы, современное состояние / Л.В. Эдер, И.В. Филимонова, С.А. Моисеев // Бурение и нефть. — 2015. — № 12. — С. 3–12.
20. Пляскина Н.И. Ресурсный мегапроект Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса. Оценка реализуемости государственного плана развития газонефтехимии в Восточной Сибири и Республике Саха (Якутия) (часть 1) / Н.И. Пляскина, В.Н. Харитоновна, И.А. Вижина // Бурение и нефть. — 2014. — № 2. — С. 14–18.

## REFERENCES

1. Endres A., Querner I. *Die Ökonomie natürlicher Ressourcen*. Stuttgart, Kohlhammer, 2000. 227 S. (Russ. ed.: Endres A., Querner I. *Ekonomika prirodnikh resursov*. Saint Petersburg, Piter Publ., 2004. 256 p.).
2. Karabegovic A. Institutions, Economics growth and the «Curse» of National Resources. *Studies in Mining Policy*, 2009. Available at: <https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/CurseofNaturalResources2009.pdf>.
3. Ageeva S.D. Disparities in the Resource Economies of a Federative Type. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Region: Economics and Sociology*, 2013, no. 2 (78), pp. 66–88. (In Russian).
4. Nikulin A.A. Mineral Resource Sector as a Factor of Stable Economic Growth. *Problemy natsional'noi strategii = National Strategy Issues*, 2018, no. 1 (40), pp. 169–187. (In Russian).
5. Blauberg I.V. *Problema tselostnosti i sistemnyi podkhod* [The Problem of Integrity and the Systematic Approach]. Moscow, Editorial URSS Publ., 1997. 448 p.
6. Cvetkov V.Ja. Systematics of Complex Systems. *Sovremennye tekhnologii upravleniya = Modern Management Technology*, 2017, no. 7 (79), pp. 2–11. (In Russian).
7. Sukhodolov A.P., Marenko V.A. *Sistemnyi analiz, modelirovanie. Matematicheskoe modelirovanie* [System analysis, modeling. Mathematical modeling]. Irkutsk, Baikal State University Publ., 2018. 144 p.
8. Rusetskaya G.D., Vedernikova T.I. Methodology of Systems Analysis in Sustainable Forest Management. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2018, vol. 28, no. 3, pp. 375–381. DOI: 10.17150/25002759.2018.28(3).375-381. (In Russian).
9. Reimers N.F. *Ekologiya (teoriya, zakony, pravila, printsipy i gipotezy)* [Ecology (Theory, Laws, Rules, Principles and Hypotheses)]. Moscow, Rossiya Molodaya Publ., 1994. 367 p.
10. Mitrova T., Grushevenko E., Malov A. Perspectives of Russian Oil Production: Life with Sanctions. *SKOLKOVO Energy Centre*, 2018. Available at: <https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/research04-ru.pdf>.

11. Borovskii B.V., Korotkov P.A., Korotkova N.P. Methodological Approaches to the Assessment of Environmental Efficiency of Oil Industry Companies. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie = Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2013, no. 3, pp. 49–55. (In Russian).
12. Perelman A.I. *Geokhimiya* [Geochemistry]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1979. 423 p.
13. Orlova V.A., Tishkova A.A. (eds.). *Sostoyanie bioraznoobraziya prirodnykh ekosistem Rossii* [The Current State of Biodiversity of Russian Ecosystems]. Moscow, NIA-Nature Publ., 2004. 116 p.
14. Tetelmin V.V., Yazev V.A. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental Protection in the Oil and Gas Sector]. Dolgoprudny, Intellect Publ., 2013. 352 p.
15. Korobov A.A. Environmentalization of Oil Industry. In Papenov K.V. (ed.). *Ekonomicheskie problemy prirodopol'zovaniya na rubezhe XXI veka* [Economic Issues of Exploitation of Natural Resources at the Turn of the XXI Century]. Moscow, TEIS Publ., 2003, pp. 693–705. (In Russian).
16. Commoner B. *The Closing Circle: Nature, Man and Technology*. New York, Alfred A. Knopf, 1971. 326 p. (Russ. ed.: Commoner B. *Zamykayushchii krug. Priroda, chelovek, tekhnologiya*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 280 p.).
17. Nepryahin P.S., Shalatonov E.N. Characteristic of Structure of Territory Top-Soil and Growth Cover for Environmentally Reasoned Decision-Making under Pipeline Systems Designing. *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefiti i nefteproduktov = Science and Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation*, 2013, no. 3 (11), pp. 92–94. (In Russian).
18. Eder L.V., Provornaya I.V., Filimonova I.V. On the Way to the Prosperous. APG Bumps. *Burenie i neft' = Drilling and Oil*, 2018, no. 12, pp. 4–14. (In Russian).
19. Eder L.V., Filimonova I.V., Moiseev S.A. The Oil and Gas Industry in Eastern Siberia and the Far East: Trends, Challenges, Current Status. *Burenie i neft' = Drilling and Oil*, 2015, no. 12, pp. 3–12. (In Russian).
20. Plyaskina N.I., Kharitonova V.N., Vzhina I.A. Resource Megaproject of East-Siberian Oil and Gas Complex. Assessment of Possibilities to Realize the State Plan of Gas-Petrochemistry Development in Eastern Siberia and Sakha (Yakutia) Republic (Part 1). *Burenie i neft' = Drilling and Oil*, 2014, no. 2, pp. 14–18. (In Russian).

#### Информация об авторе

Русецкая Генриетта Денисовна — доктор технических наук, профессор, кафедра инженерно-экономической подготовки, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: rusetskaya2010@yandex.ru.

#### Author

Genrietta D. Rusetskaya — D.Sc. in Engineering, Professor, Department of Engineering and Economic Training, Baikal State University, Irkutsk, the Russian Federation, e-mail: rusetskaya2010@yandex.ru.

#### Для цитирования

Русецкая Г.Д. Недропользование в нефтегазовом комплексе: закономерности использования и сохранения экологических систем / Г.Д. Русецкая. — DOI: 10.17150/2500-2759.2019.29(4).523-532 // Известия Байкальского государственного университета. — 2019. — Т. 29, № 4. — С. 523-532.

#### For Citation

Rusetskaya G.D. Exploitation of Natural Resources in Oil and Gas Industry: Common Factors of Use and Conservation of Ecological Systems. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2019, vol. 29, no. 4, pp. 523–532. DOI: 10.17150/2500-2759.2019.29(4).523-532. (In Russian).