

ЛИКВИДАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ: ПОДХОДЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

О. А. Куликова, Е. А. Мазлова

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 14 января 2019 г.

Представлены результаты анализа современных российских и зарубежных подходов к оценке объектов накопленного вреда окружающей среде (НВОС) с целью установления необходимости проведения мероприятий по ликвидации НВОС в условиях Арктики. Предложен алгоритм экспертной оценки арктических объектов НВОС и целесообразности их рекультивации. Даны научно обоснованные предложения потенциально эффективных и целесообразных методов ликвидации нефтяных загрязнений арктических и северных экосистем.

Ключевые слова: накопленный вред окружающей среде, Арктика, ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде, нефтяное загрязнение, нефтезагрязненные почвы, рекультивация.

Введение

Согласно «Основам государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» и федеральной целевой программе «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014—2025 гг. необходим экологический мониторинг объектов накопленного вреда окружающей среде (НВОС) в целях последующей реабилитации загрязненных и антропогенно измененных территорий.

Однако, принимая во внимание большие площади Арктической зоны России, ее удаленность от промышленных и инфраструктурных объектов, ограниченную транспортную доступность, следует заметить, что устранение объектов НВОС связано со значительным объемом инвестиций в мероприятия по рекультивации и реабилитации территорий.

В условиях ограниченности региональных бюджетов существует критическая проблема приоритетов распределения средств и выбора наиболее эффективных и целесообразных направлений ликвидации объектов НВОС с точки зрения поставленных государством целей [1].

Таким образом, целью исследования стало изучение подходов к выбору методов рекультивации нефтезагрязненных земель в рамках проектов ликвидации объектов НВОС.

Результаты исследования

В соответствии с «Правилами ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде» приказом Минприроды России¹

¹ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации «Об утверждении критериев и срока категорирования объектов, накопленный вред окружающей среде на которых подлежит ликвидации в первоочередном порядке» от 4 августа 2017 г. № 435. — URL: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/51667.html/>.

определены следующие критерии отнесения объектов НВОС, подлежащих ликвидации в первоочередном порядке:

- объем компонента природной среды, содержание загрязняющих веществ в котором превышает установленное значение норматива качества окружающей среды (млн м³);
- масса отходов производства и потребления (млн т всего);
- площадь территории (акватории), подверженной негативному воздействию (га);
- кратность превышения предельно допустимой концентрации;
- наличие на объектах НВОС опасных веществ, указанных в международных договорах, стороной которых является Россия;
- количество населения, проживающего на территории, где окружающая среда испытывает негативное воздействие объекта НВОС (тыс. человек);
- количество населения, проживающего на территории, где окружающая среда находится под угрозой негативного воздействия вследствие расположения объекта НВОС (тыс. человек);
- общее влияние объекта НВОС на состояние экологической безопасности.

Мировой опыт предлагает схожие подходы к оценке негативных воздействий на окружающую природную среду. Так, в соответствии с Директивой Европейского парламента и Совета Европейского союза 2004/35/ЕС серьезность какого-либо ущерба, оказавшего негативное влияние на достижение или поддержание благоприятного статуса сохранения сред обитания или видов, должна оцениваться с учетом статуса сохранения на момент причинения ущерба, услуг, предоставляемых производимыми ими удобствами, и их способности к естественному восстановлению.

Также согласно Европейской директиве 2014/52/CE (EIA Directive) для оценки воздействий следует использовать критерии установления значительно влияния:

- величина и пространственные масштабы воздействия (например, географический район и численность населения, на которые, вероятно, будет оказано воздействие);
- природа негативного влияния;
- трансграничность негативного влияния;
- интенсивность и сложность негативного влияния;
- вероятность негативного влияния;
- ожидаемые длительность, частота, обратимость негативного влияния;
- кумуляция и синергизм оцениваемого негативного влияния и влияний существующих или планируемых хозяйствующих, промышленных объектов (оценка кумулятивного воздействия на окружающую среду);
- возможность эффективного снижения негативного влияния [2].

В соответствии с алгоритмом процесса экологической оценки участков и организаций согласно



Рис. 1. Алгоритм идентификации экологических аспектов и последствий (оценка последствий опциональна)²
Fig. 1. Algorithm for identifying environmental aspects and consequences (impact assessment is optional)²

ГОСТ Р ИСО 14015-2007³ и ISO 14015-2001⁴ представляется целесообразной последовательность процедур экспертной оценки приоритетности НВОС, приведенная на рис. 1.

Процесс идентификации экологических аспектов и последствий для принятия решения о необходимости проведения работ по ликвидации объекта НВОС включает несколько этапов.

1. Наличие подтвержденной информации об экологических аспектах. На этом этапе источником информации являются данные экологического мониторинга территорий, а также специально организованные работы по отбору проб, проведению соответствующих испытаний, изысканий на исследуемой

² IS/ISO 14015: Environmental Management – Environmental Assessment of Sites and Organizations (EASO). – 18 p.

³ ГОСТ Р ИСО 14015-2007. Экологический менеджмент. Экологическая оценка участков и организаций: Официальное издание. – М.: Стандартинформ, 2009.

⁴ IS/ISO 14015: Environmental Management – Environmental Assessment of Sites and Organizations (EASO). – 18 p.

территории. Полученная информация проходит процедуры валидации — оценки точности, корректности, соответствия поставленным целям.

На этом этапе также проводится расчет общего размера ущерба, причиненного окружающей среде в результате загрязнения, захламления, нарушения, затем согласно ГОСТ Р 54003-2010⁵ составляется отчет об оценке размера ущерба, нанесенного окружающей среде в результате загрязнения, захламления, нарушения почв, который может быть использован при паспортизации территорий (участков), в прошлом понесших экологический ущерб.

Расчет размера вреда, причиненного почвам, может осуществляться в соответствии с приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 8 июля 2010 г. № 238⁶. Тем не менее данная методика не устанавливает необходимые для расчета вреда нормативы качества окружающей среды для почв⁷.

Также должны быть использованы методики оценки ущерба, нанесенного (наносимого) водным ресурсам, животному миру, рыбным запасам и т. д. с учетом установленных такс для исчисления размера ущерба [3] и коэффициентов экологической ситуации и экологической значимости территории⁸.

2. Процесс объективной идентификации экологических аспектов осуществляется путем их сравнения с установленными критериями. В результате идентификации должны быть определены проблемы, имеющие экологическую, социальную, экономическую важность.

Приложение А ГОСТ Р 54003-2010, в свою очередь, устанавливает конкретные критерии для определения приоритетности объектов и объемов проведения очистных работ по устранению НВОС, ранжированные по степени их значимости.

С учетом критериев, предлагаемых рассмотренными документами, предложен алгоритм оценки

приоритетности объектов НВОС на территории Арктической зоны России и Крайнего Севера. В качестве примера использования этого алгоритма была проведена оценка приоритетности территории поселка Мыс Каменный (Ямало-Ненецкий автономный округ, Обская губа) и прилегающего к нему не функционирующего объекта (табл. 1). Оценка значимости критериев проводилась на основе данных экологического мониторинга территории, полученных авторами по результатам экспедиции 2018 г.

3. Дальнейшим этапом может стать оценка последствий экологических проблем.

Результатом оценки и контроля накопленного вреда окружающей среде на конкретной территории может быть принятие решения — от полной ликвидации загрязнения до мониторинга ситуации с постепенной ликвидацией опасных загрязнений и рекультивацией загрязненных в прошлом территорий.

В табл. 1 представлена совокупность основных критериев определения приоритетности ликвидации объектов НВОС. Экспертная оценка подразумевает установление значимости (веса) каждого критерия применительно к конкретному рассматриваемому объекту. Сумма взвешенных критериев позволит сравнительно оценить приоритетность ликвидации объекта НВОС. Так, для оцениваемой территории поселка Мыс Каменный нами был определен высокий уровень приоритетности объекта, что предполагает проведение его мониторинга, разработку плана его рекультивации и реабилитации, проведение соответствующих работ.

При этом общепринято, что оценка целесообразности рекультивации загрязненных территорий должна учитывать:

- Правовые нормы природоохранного законодательства России.
- Условия рыночной экономики, в соответствии с которыми затраты на рекультивацию должны повышать ценность участка по сравнению с исходной ценой. Однако при оценке целесообразности рекультивации территорий «исторического» загрязнения оказывается невозможно использовать классические подходы к определению рентабельных проектов и эффективности инвестиций. Поэтому предлагается использовать анализ «затраты-выгоды» (Cost-Benefit Analysis) и расчет критериев социальной оценки (Social Appraisal) посредством монетизации нерыночных эффектов, важных для общества, но не для отдельных предприятий и хозяйствующих субъектов [1].
- Меры предупреждения разрушений и обесценивания соседних земель [4].

Так, по данным Минприроды России и Всероссийского научно-исследовательского института охраны окружающей среды (ФГБУ «ВНИИ Экология») [5], по состоянию на 20 февраля 2019 г. в Государственный реестр объектов НВОС было включено 16 объектов, расположенных в Арктике, из них 3 расположены на сухопутных территориях. Согласно докладу

⁵ ГОСТ Р 54003-2010 Экологический менеджмент. Оценка прошлого накопленного в местах дислокации организаций экологического ущерба. Официальное издание. — М.: Стандартинформ, 2011.

⁶ Приказ Минприроды России «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» от 8 июля 2010 г. № 238 (с изменениями на 11 июля 2018 г.). — URL: <http://docs.cntd.ru/document/902227668>.

⁷ Пояснительная записка к проекту постановления Правительства Москвы «О внесении изменений в постановления Правительства Москвы», вопрос об отмене обязательного наличия сертификата соответствия Московской добровольной системы сертификации «Экологичные почвы» / Правительство Москвы. Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. — URL: <http://www.dpioos.ru/eco/ru/normdocs>.

⁸ Письмо Комитета Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству «О методике определения размеров ущерба от деградации почв и земель» от 29 июля 1994 г. № 3-14-2/1139. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/9014048>.

**Таблица 1. Алгоритм оценки арктических территорий объектов НВОС
(на примере поселка Мыс Каменный и прилегающей к нему территории)**

Критерий/значимость	«0»	Очень низкая	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
1. Риск негативного влияния на здоровье местного населения и работающего персонала					4	
2. Объем накопленных отходов, сбросов, площадь загрязнения, нарушения земель					4	
3. Техническое состояние территории						5
4. Вероятность и возможные масштабы потенциальных чрезвычайных ситуаций			2			
5. Негативное воздействие объекта на чувствительные экосистемы с учетом влияния на биоразнообразие						5
6. Уязвимость экосистем, низкая способность экосистем к самовосстановлению, самоочищению						5
7. Трансграничность негативного влияния					4	
8. Ориентировочная стоимость работ по консервации, мониторингу и/или рекультивации				3		
9. Кумуляция и синергизм оцениваемого негативного влияния и влияний существующих или планируемых хозяйствующих, промышленных объектов						5
10. Возможность эффективного снижения негативного влияния					4	
11. Наличие на сопредельных территориях особо охраняемых природных территорий		1				
12. Наличие технической возможности безопасного обезвреживания, утилизации, захоронения отходов				3		
13. Наличие международных обязательств по устранению (ограничению) негативного воздействия						5
14. Наличие софинансирования реализации пилотных проектов						5
15. Численность населения, находящегося в пределах воздействия оцениваемой территории *	—	—	—	—	—	—
16. Предполагаемое использование в будущем оцениваемой территории для хозяйственных и/или иных нужд с минимизацией вредного воздействия на человека и окружающую среду *	—	—	—	—	—	—
Суммарно	—	1	2	6	16	30
Итого (П)	55					

* Данные критерии не следует относить к категории обязательных при проведении оценки в связи с низкой плотностью местного населения Арктической зоны России и локальным, ограниченным характером хозяйствования.

Примечание. Максимальное суммарное количество баллов (при использовании 14 критериев) равно 70. Оценка приоритетности (П):

П > 56 баллов — очень высокая;

42 < П ≤ 56 — высокая;

28 < П ≤ 42 — средняя;

14 < П ≤ 28 — низкая;

П ≤ 14 — очень низкая.

директора ФГБУ «ВНИИ Экология» 2017 г. [6] на территории Арктической зоны Российской Федерации выявлено 102 объекта НВОС. С момента начала реализации программы ликвидации объектов НВОС были выполнены следующие ключевые природоохранные проекты [7]:

- пилотный проект «Ликвидация прошлого экологического ущерба, связанного с размещением несанкционированных свалок судов вдоль побережья Кольского залива» (Мурманская область);
- выполнение первого этапа работ по ликвидации накопленного экологического ущерба на территории Государственного природного заповедника «Ненецкий» и восстановление естественных ландшафтов в дельтовой части реки Печоры на прилегающей особо охраняемой природной территории;
- ликвидация накопленного вреда на архипелаге Земля Франца-Иосифа;
- ликвидация нефтяного загрязнения в водоохранной зоне ручья Кузнецов (Мезенский район, Архангельская область).

Согласно постановлению Правительства РФ⁹ работы по рекультивации земель осуществляются в соответствии с проектом рекультивации земель последовательно в два этапа: технический и биологический. Выбор подходов к техническому и биологическому этапам должен учитывать региональные климатические, экологические, экономические и логистические особенности.

Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза 2004/35/ЕС от 21 апреля 2004 г. «Об экологической ответственности, направленной на предотвращение экологического ущерба и устранение его последствий» приводит следующие критерии выбора разумных вариантов восстановительных действий с использованием наилучших доступных технологий:

- влияние каждого варианта действий на здоровье общества и безопасность;
- стоимость применения варианта действий;
- вероятность успеха каждого варианта действий;
- степень предотвращения ущерба в будущем каждым вариантом действий и исключения побочного ущерба в результате применения варианта действий;
- степень пользы каждого варианта действий для каждого компонента природных ресурсов и/или их использования;
- степень учета каждым вариантом действий текущих социальных, экономических и культурных

⁹ Постановление Правительства РФ «О проведении рекультивации и консервации земель» от 10 июля 2018 г. № 800 (ред. от 7 марта 2019 г.) (вместе с «Правилами проведения рекультивации и консервации земель»). — URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=%20319859&fld=134&dst=100000001,0&rnd=0.4631230831478823#09410415692107481>.

нужд, а также других соответствующих факторов, характерных для этой местности;

- продолжительность времени, которое потребуется для эффективного устранения последствий экологического ущерба;
- степень восстановления каждым вариантом действий территории, подвергшейся экологическому ущербу;
- географическая связь с поврежденной территорией.

В настоящее время в России порядок проведения работ по обследованию территорий нефтяного загрязнения и их рекультивации устанавливается требованиями ГОСТ Р 57447-2017 ИТС НДТ¹⁰. Была произведена оценка применимости общепринятых методов рекультивации нефтезагрязненных земель в отношении арктических объектов НВОС.

Так как для объектов НВОС более характерно «старое» загрязнение средними и тяжелыми фракциями нефти и нефтепродуктов, замазученность почвогрунтов, то наиболее реализуемым методом из предлагаемых стандартом представляется снятие загрязненного грунта с помощью техники (бульдозеров, экскаваторов). Этот метод применим и для замерзшего, и для оттаявшего грунта, но ограничен проходимостью техники.

Из числа физико-химических методов для очистки песчаных грунтов предлагается промывка водными растворами поверхностно-активных веществ с последующим отстаиванием образовавшейся суспензии в специальных гидроизолированных прудах или емкостях. Метод применим в теплое время года.

Дренирование почвогрунта как разновидность способа промывки возможно сочетать с биологическими методами очистки. Оно применимо для очистки от легких нефтяных фракций, однако необходимо учитывать температурные ограничения этого метода.

Метод экстракции растворителями в промывных барабанах с последующей отгонкой летучих растворителей применим в любых климатических условиях, но сопряжен с потребностью в более сложном оборудовании и растворителях.

Сорбционные технологии сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности почв в условиях «старого» загрязнения неактуальны, однако перемешивание почвогрунта с органическими, минеральными сорбентами, например в сочетании с биологическими методами очистки, может дать положительный эффект, так как данное мероприятие способствует не только сорбции загрязнителя и снижению его миграционной способности, но и аэрации почвогрунта, улучшению его структурных характеристик, что важ-

¹⁰ ГОСТ Р 57447-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Основные положения. — М.: Стандартинформ, 2017.

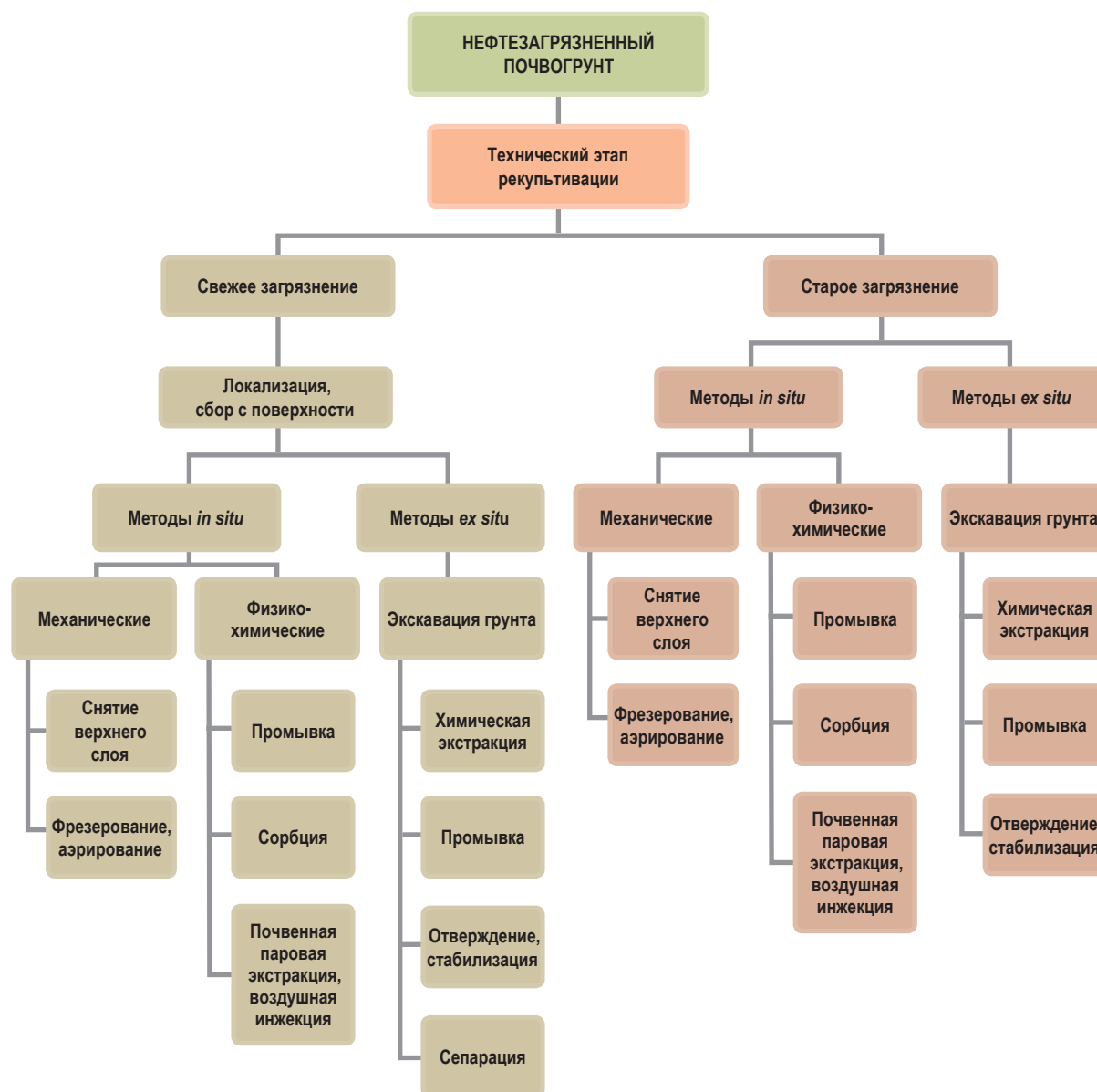


Рис. 2. Мероприятия технического этапа рекультивации [8; 9]
Fig. 2. Activities of the remediation technical stage [8; 9]

но для интенсификации или инициации процессов самоочистки. Необходимо корректно выбирать используемый сорбент во избежание нарушения кислотно-щелочного режима почвы, оптимального для функционирования аборигенных и вносимых микроорганизмов.

Термические, электрокинетические методы авторами не рассматриваются, так как их технологически сложно осуществить в условиях удаленности объектов проведения работ, кроме того, их применение связано с риском растепления многолетнемерзлотных грунтов и увеличением эмиссии парниковых газов.

Биологический этап рекультивации подразумевает следующие мероприятия: внесение органических

и минеральных удобрений, биопрепаратов нефтеокисляющего действия, посев трав и высадку древесных растений там, где это уместно. Важно при этом учитывать такие факторы, как природно-климатические условия, включая биологическую активность почв, их самоочищающую способность, увлажненность, длительность вегетационного периода. Выбор удобрений должен быть оптимальным для данной территории, предпочтительно использовать плодородный слой почвы, компосты, потенциально плодородные грунты. Важно учитывать особенности региональных особенностей флоры и фауны.

Кроме того, предпочтительным следует считать использование биопрепаратов на основе аборигенных микроорганизмов-нефтедеструкторов. Выбор



Рис. 3. Мероприятия биологического этапа рекультивации и ремедиации [8; 10–12]
 Fig. 3. Activities of the remediation biological stage [8; 10–12]

растений для фиторемедиации территории должен основываться на изучении перспективности тех видов растений, что присущи данному биогеоценозу. Это позволит избежать изменения видового состава и биоразнообразия арктических экосистем вследствие интродукции инвазивных видов.

Так как аэрирование почв стимулирует активность вносимых микроорганизмов, предлагаются способы улучшения воздушного режима почв. Способ фрезерования, доступный и в условиях заболоченности территории, целесообразно использовать при локальном загрязнении почв. Мощность «старого» загрязнения не должна превышать 10 см, для свежих — 20–30 см.

Засев трав на стадии фиторемедиации следует проводить после снижения уровня нефтяного загрязнения до приемлемых значений, устанавливаемых экспериментально и индивидуально.

На рис. 2 и 3 представлены альтернативы методам рекультивации и ремедиации нефтянозагрязненных и нарушенных земель, представляющиеся целесообразными в условиях Арктики, согласно ГОСТ Р 57447-2017 ИТС НДТ и данным различных исследователей.

Также в состав мероприятий по ликвидации НВОС должны входить работы по очистке водных объектов, подвергшихся прямому или опосредованному негативному воздействию источников загрязнения.

Разработку комплекса мероприятий по очистке, рекультивации и ремедиации следует производить с учетом потенциального риска вторичного загряз-

нения, микробиологического заражения территорий, внедрения в экосистему инвазивных видов и др. Так как исследуемые территории характеризуются низкой естественной устойчивостью экосистем к нефтяному загрязнению, представляется целесообразным проводить комплекс работ по созданию искусственных биогеохимических барьеров, обеспечивающих локализацию очищаемого участка и минимизацию дальнейшего загрязнения прилегающих территорий.

В соответствии с «Порядком организации работ по ликвидации накопленного вреда окружающей среде»¹¹ проект работ по ликвидации НВОС должен включать:

- пояснительную записку, содержащую в том числе результаты предварительного обследования, сведения о месторасположении, площади, источнике и характере нарушения окружающей среды;
- эколого-экономическое обоснование предлагаемых мероприятий и технических решений по ликвидации накопленного вреда, описание требований к параметрам и качественным характеристикам работ по ликвидации накопленного вреда, обоснование достижения запланированных значений физических, химических, биологических показателей состояния окружающей среды и/или их совокупности по окончании работ;
- содержание, объемы и временной график работ по ликвидации накопленного вреда с разбивкой по этапам проведения отдельных видов работ;
- сметные расчеты (локальные и сводные) затрат на проведение работ по ликвидации накопленного вреда (для каждого этапа работ), финансируемых с привлечением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации;
- мероприятия по обеспечению безопасности производства работ и охране труда.

К настоящему времени в России реализовано небольшое количество проектов ликвидации объектов НВОС, характеризующихся наличием нефтезагрязненных арктических территорий (табл. 2), что обуславливает неполноту накопленного опыта в области проведения эколого-экономической оценки таких проектов и разработки план-графиков работ по ликвидации объектов НВОС. Кроме того, для разработки проекта ликвидации объекта НВОС следует иметь представление об изменении экологического эффекта выбираемых технологий рекультивации и ремедиации и сроках достижения поставленных целей, увеличивающихся в арктическом климате. Таким образом, представляется разумной предварительная реализация пилотных проектов по ликвидации НВОС с целью отработки и проверки целесообразности и эффективности предлагаемых мероприятий.

По некоторым данным [13; 14], в Арктической зоне находится порядка 3000 объектов НВОС. Таким об-

¹¹ Постановление Правительства РФ «О проведении рекультивации и консервации земель»...

Таблица 2. Примеры проектов ликвидации НВОС и рекультивации нефтезагрязненных арктических земель в России и других странах [7; 16; 17]

Объект НВОС	Характеристика загрязнения	Технологии ликвидации и рекультивации	Результат
<i>Россия</i>			
Земля Франца-Иосифа ¹²	Металлолом, нефтешламы, нефтезагрязненный грунт, отходы. Площадь 222 га	Техническая рекультивация 349 га	В результате проведенных в 2012—2017 гг. работ ликвидировано более 50 тыс. т отходов на площади более 2000 га *
Ручей Кузнецов	Нефтяное загрязнение в водоохранной зоне ручья. Площадь загрязнения 4000 м ² , порядка 15 тыс. т отходов нефтепродуктов и грунта	Выемка донных отложений, грунта. Термообработка. Вывоз грунта на полигон ТКО. Планировка территории и посев многолетних трав	В процессе реализации
<i>Зарубежный опыт</i>			
Арктическая метеостанция «Эврика» (Канада)	Разлив 37 тыс. л дизельного топлива, площадь загрязнения 3200 м ²	Биоштабелирование (Biopiles) <i>in situ</i> : добавление минерального удобрения (N:P:K = 15:3:2) и полив; затем верхние 40 см почвы были перевалены. Контроль: химические, микробиологические, молекулярно-биологические анализы проб	Снижение содержания нефтяных углеводородов (НУВ) в активном слое за семилетний период с 10 г/кг до 1 г/кг, что ниже норматива Канады (2,5 г/кг). Установлен рост численности сообществ микроорганизмов-биодеструкторов, адаптированных к условиям Арктики
Станция «Оповещение» (Канада)	Территории «исторического» 12-летнего нефтяного загрязнения, свежие разливы дизельного топлива	Биоштабелирование (Biopiles) <i>ex situ</i> : загрязненный грунт был извлечен и помещен на площадку с обвалованием и гидроизолированным дном, были внесены минеральные удобрения. Контроль: оценка микробиологической активности и измерение стабильных изотопов ¹⁵ N	Снижение содержания фракций C10...C16 для «исторически» и свежезагрязненных грунтов произошло на один порядок до 0,1...0,2 г/кг. Изотопный анализ выявил увеличение соотношения ¹⁵ N/ ¹⁴ N, что указывает на присутствие и активность бактерий-деструкторов
		Создание биологического барьера — минибиореактора, в котором биodeградируют поступающие НУВ. Мониторинг в точках до и после биобарьера	Конечные результаты еще не получены. Установлены признаки биodeградации алканов и ароматических соединений
Остров Резольюшен (Канада)	Загрязнение ароматическими (включая полиароматические) УВ, НУВ	Запахивание с внесением минеральных удобрений, воды и периодическими аэрацией и перекапыванием. Цель — стимуляция естественных процессов биodeградации	Снижение содержания НУВ на 80% через четыре года
Уткиагвик (Аляска), США	Загрязнение дизельным топливом в районах его хранения	Извлечение и <i>ex situ</i> очистка сильно загрязненных почвогрунтов. Запахивание среднезагрязненных почв с использованием чистой почвы, добавлением минерального удобрения (P:N = 2:1) и периодическим перекапыванием	Полная деградация ПАУ и НУВ либо снижение их содержания до допустимого уровня

* Оценка результатов геоэкологического обследования загрязненных участков островов архипелага ЗФИ в соответствии с планом выполнения работ и с учетом проведенных работ в 2012—2017 годы: Отчет о НИР / ВАВТ Минэкономразвития России. — М., 2017.

¹² Здесь с 2011 г. ведется реальная работа по очистке территории.

разом, опыт других стран и результаты осуществления проектов в России (см. табл. 2) позволяют оценить эффективность и целесообразность различных методов рекультивации нефтезагрязненных земель в рамках ликвидации НВОС в Арктике.

Среди применимых технологий рекультивации земель в Арктике можно выделить два основных подхода: «оставить как есть» для слабо загрязненных и нарушенных территорий и очистка до приемлемых уровней нефтяного загрязнения. В качестве примеров технологий очистки почв авторы [18] указывают экскавацию и термическую обработку, отмыв почв, пассивную биоремедиацию, запахивание, биоудаление и воздушный барботаж.

Арктический совет в отчете в рамках «Программы арктического мониторинга и оценки» [19] приводит данные об эффективности мер стимулирования процессов самоочистки, самозарастания толерантными растениями внесением удобрений, аэрацией.

Таким образом, представляется актуальным и перспективным дальнейшее изучение путей снижения нефтяного загрязнения до уровней, необходимых для проведения фито- и биоремедиации в условиях низких температур, а также стимулирования естественных процессов самоочистки почв. Так как такие методы, как экскавация, термическая обработка, запахивание и барботаж, являются технически сложными для реализации в условиях удаленности объекта НВОС, то, вероятно, необходима предварительная оценка обоснованности их применения, например в случае угрозы здоровью местного населения или большого масштаба загрязнения.

Эффективность таких природоподобных технологий, как фито- и биоремедиация, определяется степенью загрязнения почвы нефтепродуктами и тяжелыми металлами, наличием биогенных элементов, кислорода, температурой, величиной pH и влажностью почвы [20]. Для создания оптимальных условий для роста и развития микроорганизмов и растений, с одной стороны, проводят предварительный технический этап рекультивации, а с другой — используют меры стимулирования фито- и биоремедиации.

Заключение

В настоящее время нормативно-правовая база России, регулирующая и регламентирующая порядок действий в отношении объектов НВОС, не развита в достаточной мере и характеризуется противоречивостью предлагаемых подходов, ориентированных главным образом на экономическую оценку проектов.

Выбор подходов к техническому и биологическому этапам рекультивационных работ должен учитывать региональные климатические, экологические, экономические и логистические особенности. Следует иметь представление об изменении экологического эффекта выбираемых технологий рекультивации и ремедиации и сроках достижения поставленных целей, удлиняющихся в арктическом климате. Таким

образом, представляется необходимой дальнейшая реализация пилотных проектов по ликвидации НВОС с целью отработки и проверки целесообразности и эффективности предлагаемых мероприятий.

Статья подготовлена в рамках Соглашения о сотрудничестве № 66/2018 от 15 июня 2018 г. между Некоммерческим партнерством «Российский центр освоения Арктики» и Российским государственным университетом нефти и газа (национальным исследовательским университетом) имени И. М. Губкина.

Литература

1. Medvedeva O. E., Vakula M. A. Technique of the selection of investment projects for elimination of accumulated damage to the environment in the Russian Arctic based on cost-benefit analysis // *Arctic and North*. — 2016. — № 5. — С. 94—106. — DOI: 10.17238/issn2221-2698.2016.25.108.
2. Environmental impacts — direct, indirect, cumulative / CEG-IST Technico Lisboa. — URL: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/845043405429493/2.%20Environmental%20impacts.pdf>.
3. Медведева О. Е. Задачи оценки экологического ущерба в Арктической зоне // *Арктика и Север*. — 2015. — № 18. — С. 131—147.
4. Эбзеева М. М. Ликвидация накопленного экологического ущерба — приоритетное направление деятельности в сфере охраны окружающей среды // *Экономика и эколог. менеджмент*. — 2012. — № 2. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/likvidatsiya-nakoplenno-ekologicheskogo-uscherba-prioritetnoe-napravlenie-deyatelnosti-v-sfere-ohrany-okruzhayushchey-sredy>.
5. Информационная база государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде по состоянию на 20.02.2019 / ФГБУ «ВНИИ Экология». — URL: <http://www.vniiecolology.ru/index.php/upravlenie-otkhodami/gosudarstvennyj-reestr-ob-ektov-nakoplenno-ego-vreda-okruzhayushchey-srede>.
6. Ликвидация объектов накопленного вреда на территории Арктической зоны / ФГБУ «ВНИИ Экология». — URL: http://vniiecolology.ru/images/documents/doklad_SGFokina_01.03.2017%D0%A2.pdf.
7. Фокин С. Г. Реализация мероприятий по ликвидации накопленного вреда окружающей среде в Арктической зоне Российской Федерации / *Материалы доклада VIII Международного форума «Арктика: настоящее и будущее»*. — URL: http://vniiecolology.ru/images/documents/Arctic_2018.pdf.
8. Шейнфельд С. А., Касьянов П. В. Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для нефтедобывающего сектора. — М.: Изд-во ООО «РА ИЛЬФ», 2015. — С. 167—174.
9. Barnes D. L., Laderach Sh. R., Shower Ch. Treatment of Petroleum-Contaminated Soil in Cold, Wet, Remote Regions. — Washington: USDA's TARGET Center, 2002. — 59 p.

10. Si-Zhong Y., Hui-Jun J., Zhi W. et al. Bioremediation of Oil Spills in Cold Environments: A Review // *Pedosphere*. — 2009. — № 19 (3). — P. 371—381.
11. Thomassin-Lacroix E. J. M., Eriksson M., Reimer K. J., Mohn W. W. Biostimulation and bioaugmentation for on-site treatment of weathered diesel fuel in Arctic soil // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* — 2002 — № 59. — P. 551—556.
12. Camenzuli D., Freidman B. L. On-site and in situ remediation technologies applicable to petroleum hydrocarbon contaminated sites in the Antarctic and Arctic // *Polar Research*. — 2015. — Vol. 34. — P. 24492. — URL: <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v34.24492-24492>.
13. Filler D. M., Snape I., Barnes D. L. Contamination, regulation, and remediation: an introduction to bioremediation of petroleum hydrocarbons in cold regions. *Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons in Cold Regions*. — [S. l.]: Cambridge Univ. Press, 2008. — 298 p.
14. Information bulletin on the Arctic. 2750 contaminated sites in Arctic // *Polar Star*. — 2009. — № 2/49. — 51 p.
15. Ликвидация накопленного вреда окружающей среде на территории Российской Федерации: Круглый стол на тему: «Правовые и организационные проблемы рекультивации объектов накопленного вреда окружающей среде». — URL: http://komitet2-21.km.duma.gov.ru/upload/site22/MPR_Tagilova_OA.pdf.
16. Remediation of Oil Polluted Soil in the Arctic — Conference Summary. Danish Ministry of Defence Estate Agency (MDEA). — URL: http://www.ejendomsstyrelsen.dk/nyheder/Documents/ROPSA%20Translation_final.pdf.
17. Granberg M., Ask A., Gabrielsen G. W. Local contamination in Svalbard. Overview and suggestions for remediation actions / *Norsk Polarinstitutt*. — [S. l.], 2017. — 49 p.
18. Jorgenson M. T., Joyce M. R. Six Strategies for Rehabilitating Land Disturbed by Oil Development in Arctic Alaska // *Arctic*. — 1994. — Vol. 47, № 4. — P. 374—390.
19. Chapter 10: Petroleum Hydrocarbons. — URL: <https://www.amap.no/documents/download/96/inline>.
20. Шуганов А. М. Биоремедиация нефтезагрязненных почв органическими компонентами отходов лесозаготовительной промышленности (на примере дерново-подзолистых почв Уральского федерального округа): Дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. — Екатеринбург, 2016. — 252 с.

Информация об авторах

Куликова Ольга Алексеевна, аспирант, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина (119991, Россия, Москва, Ленинский просп., д. 65), e-mail: kulikovaoa@bk.ru.

Мазлова Елена Алексеевна, доктор технических наук, профессор, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина (119991, Россия, Москва, Ленинский просп., д. 65), e-mail: mazlovaea@gmail.com.

Библиографическое описание данной статьи

Куликова О. А., Мазлова Е. А. Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде в условиях Арктики: подходы и ограничения рекультивации нефтезагрязненных земель // *Арктика: экология и экономика*. — 2019. — № 4 (36). — С. 26—37. — DOI: 10.25283/2223-4594-2019-4-26-37.

ELIMINATION OF ACCUMULATED ENVIRONMENTAL DAMAGE IN THE ARCTIC: APPROACHES AND LIMITATIONS FOR OIL-CONTAMINATED SITES REMEDIATION

Kulikova O. A., Mazlova E. A.

Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (Moscow, Russian Federation)

The article was received on January 14, 2019

Abstract

The article presents the analysis results of current Russian and world approaches used to assess objects of accumulated environmental damage (AED) in order to justify the need of AED elimination in the Arctic zone. The

algorithm for expert assessment of the AED objects in the Arctic and the feasibility of their remediation are proposed. It is assumed that the results of the assessment and control of the AED objects in the Arctic territories will be the basis for the decision-making process regarding these objects. The findings may indicate the need to expand the range of activities from monitoring the situation with the gradual reduction of hazardous pollution and remediation of contaminated areas up to the complete elimination of the AED facility.

The authors propose a scientifically based approach to the selection of potentially effective and relevant methods for eliminating oil pollution in the Arctic and northern ecosystems. When choosing approaches to the technical and biological stages of remediation, regional climatic, ecological, economic and logistic features should be taken into account.

The development of an action program for the remediation of the AED territories should take into account the potential risk of secondary pollution, microbiological contamination of the territories, the introduction of invasive species into the ecosystem, etc. Since the studied areas are characterized by low natural stability of ecosystems, especially with regard to oil pollution, the creation of engineered biogeochemical barriers seems appropriate to localize the treated area and minimize contamination of adjacent territories.

Keywords: *accumulated environmental damage, the Arctic, the elimination accumulated environmental damage, oil contamination, oil-contaminated soils, remediation.*

The article was prepared in the framework of the Cooperation Agreement No. 66/2018 of June 15, 2018 between the Non-Profit Partnership “Russian Center for Arctic Development” and Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University).

References

1. Medvedeva O. E., Vakula M. A. Technique of the selection of investment projects for elimination of accumulated damage to the environment in the Russian Arctic based on cost-benefit analysis. *Arctic and North*, 2016, no. 5, pp. 94—106. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2016.25.108.
2. Environmental impacts — direct, indirect, cumulative. CEG-IST Technico Lisboa. Available at: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/845043405429493/2.%20Environmental%20impacts.pdf>.
3. Medvedeva O. E. Zadachi otsenki ekologicheskogo ushcherba v Arkticheskoi zone. [The tasks of the assessment of environmental damage in the Arctic]. *Arktika i Sever*, 2015, no. 18, pp. 131—147. (In Russian).
4. Ebzeeva M. M. Likvidatsiya nakoplennoego ekologicheskogo ushcherba — prioritnoe napravlenie deyatel'nosti v sfere okhrany okruzhayushchei sredy. [Liquidation of accumulated environmental damage — priority activity in the field of the environmental protection]. *Ekonomika i ekolog. menedzhment*, 2012, no. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/likvidatsiya-nakoplennoego-ekologicheskogo-uscherba-prioritnoe-napravlenie-deyatelnosti-v-sfere-okhrany-okruzhayushchej-sredy>. (In Russian).
5. Informatsionnaya baza gosudarstvennogo reestra ob'ektov nakoplennoego vreda okruzhayushchei sredy po sostoyaniyu na 20.02.2019. [Information base of the state register of objects of accumulated environmental damage as of 02/20/2019]. FGBU “VNII Ekologiya”. Available at: <http://www.vniiecolgy.ru/index.php/upravlenie-otkhodami/gosudarstvennyj-reestr-ob-ektov-nakoplennoego-vreda-okruzhayushchej-sredy>. (In Russian).
6. Likvidatsiya ob'ektov nakoplennoego vreda na territorii Arkticheskoi zony. [Liquidation of objects of accumulated environmental damage in the Arctic zone]. FGBU “VNII Ekologiya”. Available at: http://vniiecolgy.ru/images/documents/doklad_SGFokina_01.03.2017%D0%A2.pdf. (In Russian).
7. Fokin S. G. Realizatsiya meropriyatii po likvidatsii nakoplennoego vreda okruzhayushchei sredy v Arkticheskoi zone Rossijskoi Federatsii. [Implementation of measures to eliminate the accumulated environmental damage in the Arctic zone of the Russian Federation]. *Materialy doklada VIII Mezhdunarodnogo foruma “Arktika: nastoyashchee i budushchee”*. Available at: http://vniiecolgy.ru/images/documents/Arctic_2018.pdf. (In Russian).
8. Sheinfel'd S. A., Kas'yanov P. V. Sbornik innovatsionnykh reshenii po sokhraneniyu bioraznobraziya dlya nefteobrabotnykh sektorov. [Collection of innovative solutions for the conservation of biodiversity for the oil sector]. Moscow, Izd-vo OOO “RA IL’F”, 2015, pp. 167—174. (In Russian).
9. Barnes D. L., Laderach Sh. R., Shower Ch. Treatment of Petroleum-Contaminated Soil in Cold, Wet, Remote Regions. Washington, USDA’s TARGET Center, 2002, 59 p.
10. Si-Zhong Y., Hui-Jun J., Zhi W. et al. Bioremediation of Oil Spills in Cold Environments: A Review. *Pedosphere*, 2009, no. 19 (3), pp. 371—381.
11. Thomassin-Lacroix E. J. M., Eriksson M., Reimer K. J., Mohn W. W. Biostimulation and bioaugmentation for on-site treatment of weathered diesel fuel in Arctic soil. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2002, no. 59, pp. 551—556.
12. Camenzuli D., Freidman B. L. On-site and in situ remediation technologies applicable to petroleum hydrocarbon contaminated sites in the Antarctic and Arctic. *Polar Research*, 2015, vol. 34, pp. 24492. Available at: <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v34.24492-24492>.
13. Filler D. M., Snape I., Barnes D. L. Contamination, regulation, and remediation: an introduction to biore-

- mediation of petroleum hydrocarbons in cold regions. *Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons in Cold Regions*. [S. I.], Cambridge Univ. Press, 2008, 298 p.
14. Information bulletin on the Arctic. 2750 contaminated sites in Arctic. *Polar Star*, 2009, no. 2/49, 51 p.
15. Likvidatsiya nakoplennoogo vreda okruzhayushchei srede na territorii Rossiiskoi Federatsii. [Elimination of accumulated environmental damage in the Russian Federation]. *Kruglyi stol na temu: "Pravovye i organizatsionnye problemy rekul'tivatsii ob"ektov nakoplennoogo vreda okruzhayushchei srede"*. Available at: http://komitet2-21.km.duma.gov.ru/upload/site22/MPR_Tagilova_OA.pdf. (In Russian).
16. Remediation of Oil Polluted Soil in the Arctic — Conference Summary. Danish Ministry of Defence Estate Agency (MDEA). Available at: http://www.ejendomsstyrelsen.dk/nyheder/Documents/ROPSA%20Translation_final.pdf.
17. *Granberg M., Ask A., Gabrielsen G. W.* Local contamination in Svalbard. Overview and suggestions for remediation actions. *Norsk Polarinstitutt*. [S. I.], 2017, 49 p.
18. *Jorgenson M. T., Joyce M. R.* Six Strategies for Rehabilitating Land Disturbed by Oil Development in Arctic Alaska. *Arctic*, 1994, vol. 47, no. 4, pp. 374—390.
19. Chapter 10: Petroleum Hydrocarbons. Available at: <https://www.amap.no/documents/download/96/inline>.
20. *Shigapov A. M.* Bioremediatsiya neftezagryaznennykh pochv organicheskimi komponentami otkhodov lesozagotovitel'noi promyshlennosti (na primere der-novo-podzolistykh pochv Ural'skogo federal'nogo okruga). [Bioremediation of oil-contaminated soils by organic components of waste from the logging industry (using the example of sod-podzolic soils of the Urals Federal District)]. *Dis. ... kand. biol. nauk: 03.02.08. Ekaterinburg*, 2016, 252 p. (In Russian).

Information about the authors

Kulikova Olga Alekseyevna, Postgraduate, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (65, Leninsky Prosp., Moscow, Russia, 119991), e-mail: kulikovaoa@bk.ru.

Mazlova Elena Alekseyevna, Doctor of Engineering Science, Professor, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (65, Leninsky Prosp., Moscow, Russia, 119991), e-mail: mazlovaea@gmail.com.

Bibliographic description

Kulikova O. A., Mazlova E. A. Elimination of accumulated environmental damage in the Arctic: approaches and limitations for oil-contaminated sites remediation. *Arctic: Ecology and Economy*, 2019, no. 3 (35), pp. 26—37. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-3-26-37. (In Russian).

© Kulikova O. A., Mazlova E. A., 2019