

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

УДК 504.062

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

© 2022 г. Н. С. Рогова^{1,*}

¹ *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Ярославское шоссе, д. 26, Москва, 129337 Россия*

**e-mail: mos-007@yandex.ru*

Поступила в редакцию 19.10.2021 г.

После доработки 22.11.2021 г.

Принята к публикации 29.11.2021 г.

В статье предпринята попытка раскрыть основные причины неэффективности природоохранных мероприятий по ликвидации последствий загрязнения природной среды в следствии аварийных разливов нефтепродуктов при эксплуатации нефтегазовых месторождений в условиях Среднего Приобья. В последние годы наметилась тенденция сокращения образования новых нефтезагрязненных участков благодаря повышению надежности работы нефтепромыслового оборудования, возросли и темпы восстановления старых ранее нерекультивированных участков. Однако эта тенденция не отражает истинного положения вещей, так как при применении стандартных технологий рекультивации не в полном объеме учитываются особенности конкретного участка, вследствие чего проводимые природоохранные мероприятия малоэффективны. Это проявляется в увеличении сроков восстановления природной среды, и, как правило, приводит к повторному загрязнению прилегающей территории. В статье рассматриваются основные этапы устранения последствий аварийных разливов нефтепродуктов и их попадания на суходолы и водные объекты. На основании рассмотрения основных этапов рекультивации, автор излагает свое видение в повышении эффективности природоохранных мероприятий при проведении рекультивации с учетом физико-географических условий региона и особенностей участка загрязнения.

Ключевые слова: *окружающая природная среда, аварийный разлив нефтепродуктов, нефтезагрязненные земли, гидрозатвор, рекультивация*

DOI: 10.31857/S0869780922010118

ВВЕДЕНИЕ

Сибирский нефтегазоносный бассейн – крупнейший нефтегазоносный бассейн мира, расположенный в пределах Западно-Сибирской равнины, на территории которого добывается до 70% российской нефти. При этом нефтяная промышленность России играет значительную роль в социально-экономическом развитии страны и является важнейшим субъектом мирового рынка нефти и газа. Результаты ее деятельности являются основной базой для поддержания курса национальной валюты. Но, несмотря на положительное влияние нефтегазового комплекса на развитие и благосостояние страны, существуют отрицательные стороны его деятельности. В первую очередь они проявляются в негативном воздействии на окружающую природную среду. В настоящее время предпринимается много усилий по его снижению, но остаются слабые места при освоении месторождений, связанные с возникновением аварийных ситуаций на нефтепроводах и выбросом

нефтепродуктов в окружающую природную среду^{1,2}. Усугубляются последствия негативного воздействия на окружающую среду климатическими условиями в виде короткого лета, затяжными весной и осенью, в отдельные годы весной, плавно переходящей в осень, и долгой холодной снежной зимой. Кроме этого, основной особенностью территории Среднего Приобья является высокая заболоченность, и при этом во время весеннего половодья территория сильно подтопляется. В этот период движение возможно только по дорогам, построенным на насыпях.

¹ ГОСТ 17.5.3.04-83 “Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003393>

² РД 39-00147105-006-97 “Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте нефтепроводов”. Утв. 6.02.1997. <https://files.stroyinf.ru/Data1/9/9913>

МАТЕРИАЛЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отрицательное воздействие на природную среду происходит как при обустройстве месторождений, так при их эксплуатации. Природоохранные мероприятия, разрабатываемые на стадии проектирования, учитывают технологию разработки месторождения, физико-географические особенности территории и опыт освоения близких по природным условиям нефтегазовых месторождений.

К мероприятиям по снижению воздействия на окружающую природную среду относятся: охрана атмосферного воздуха, охрана поверхностных и подземных вод, рациональное использование водных ресурсов, охрана земель и недр, охрана лесов, растительного и животного мира, утилизация и снижение объемов образования отходов производства и потребления, применение современных природоохранных и ресурсосберегающих технологий.

Для контроля изменения состояния окружающей природной среды при проектировании разрабатывается программа производственного экологического мониторинга как на период строительства, так и на период эксплуатации месторождения. Программа мониторинга предусматривает и возможное возникновение аварийных ситуаций, классифицируя их по уровню негативного воздействия на окружающую среду [2].

Однако, если, опираясь на опыт и статистику, есть возможность закладывать природоохранные мероприятия в *проекты освоения* месторождений, то на этапе их эксплуатации невозможно предвидеть возникновение аварийных ситуаций. Практика показывает, что программа мониторинга, разработанной на стадии проекта, недостаточна для осуществления природоохранных мероприятий, так как невозможно в ряде случаев заочно оценить особенности аварии, ее масштаб и уровень воздействия на природную среду. К таким авариям относятся аварии, связанные с разливом нефтепродуктов на склонах и водных объектах, так как в этих случаях нефть может мигрировать на значительные расстояния. Самыми сложными являются аварии, происшедшие на переходах трубопроводов через реки и болота [3, 5]. Зачастую при возникновении аварийной ситуации нефтесодержащие продукты попадают на почву, в реки и водоемы, что приводит к загрязнению среды обитания животного и растительного мира [4]. Зона негативного воздействия в этом случае значительно шире участка загрязнения, и возникает не только сложность восстановления работы трубопровода, но и большие проблемы в устранении последствий разлива нефти.

На рис. 1 представлены фотографии последствий аварийных ситуаций, приведших к загряз-

нению верхового болота, лесного массива с образованием сухостоя и озера. Примером загрязнения реки и ее поймы могут служить фотографии, приведенные на рис. 2.

В зависимости от масштаба аварии, физико-географических условий, времени года, распространения излившихся нефтепродуктов, их попадания в водные объекты применяются различные технологии ликвидации их последствий.

Устранение аварийной ситуации заключается не только в возобновлении работы нефтепромыслового оборудования, но и в восстановлении условий окружающей природной среды, существовавших до аварии. В первую очередь проводятся работы по локализации разлива нефтепродуктов, их распространения по рельефу или водной поверхности озера, реки, болота. Согласно действующих нормативов [1], время локализации разлива нефти и нефтепродуктов не должно превышать 4 ч на воде и 6 ч на грунте.

Одновременно с восстановлением нефтепромыслового оборудования производится аварийный сбор локализованной нефтесодержащей воды. На рис. 3 приведены фото амбара и карьера, построенных в авральном режиме для аварийного сбора нефтесодержащей жидкости, образовавшейся при попадании нефти в природную среду.

После ремонта трубопровода и аварийного сбора излившихся нефтепродуктов проводятся полевые геодезические работы по определению площади загрязнения, глубины проникновения нефтепродуктов в грунты, дается характеристика растительности, подвергшейся загрязнению и т.д. На основании полевых работ разрабатывается проект рекультивации нефтезагрязненного участка³.

Перед недропользователем встает вопрос: что делать с остатками нефтепродуктов и загрязненным грунтом? В данной ситуации рассматриваются два возможных варианта: собрать оставшиеся нефтепродукты и загрязненный грунт и транспортировать их на полигон, если он находится на допустимом расстоянии, или складировать в непосредственной близости, предварительно подготовив для этого соответствующую обвалованную площадку. При устройстве площадки исходят из понимания, что защитные дамбы из грунта можно применять только в течение непродолжительного периода времени в виду того, что будет происходить фильтрация нефти как через дамбу, так и основание площадки. В последнее время, в виду ужесточения требований к охране природы при нефтедобыче, недропользователи стали применять дополнительные природоохранные мероприятия. Примером может служить гидроизоляция

³ Типовой проект рекультивации нефтезагрязненных земель ОАО «Юганскнефтегаз» 2018 г.

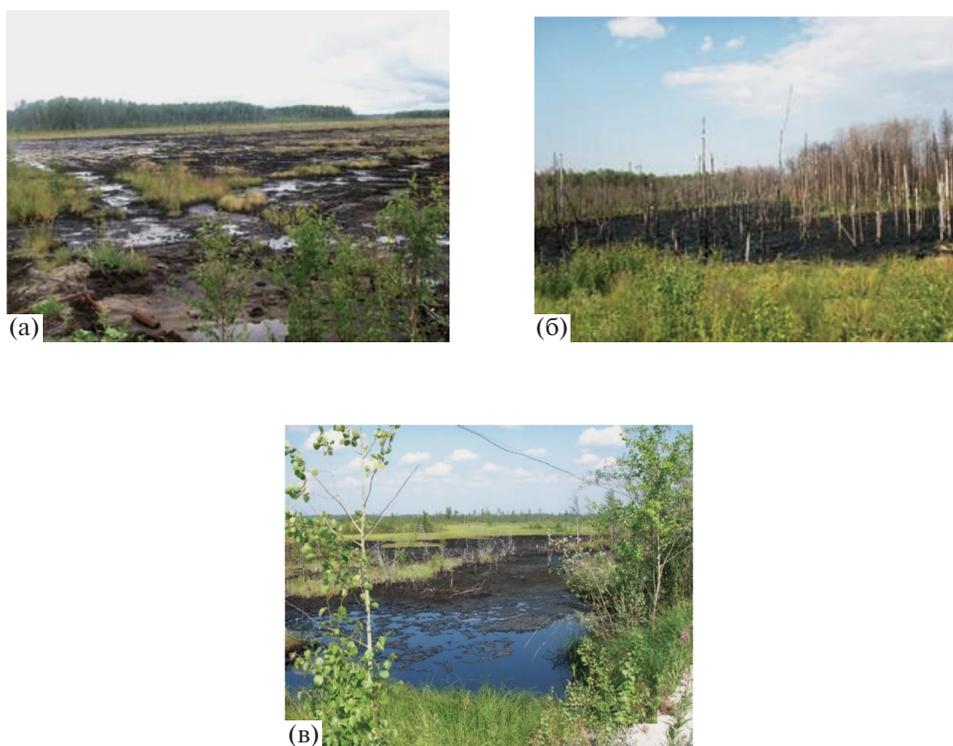


Рис. 1. Загрязнение нефтепродуктами верхового болота (а), лесного массива (б) и небольшого озера (в) при аварийном разливе нефти (фото из личного архива автора).

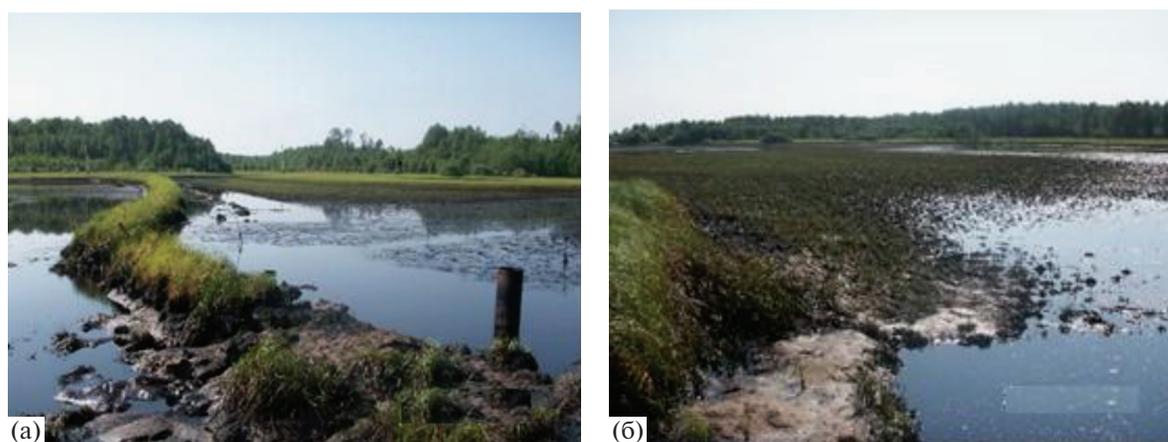


Рис. 2. Загрязнение нефтепродуктами акватории реки (а) и ее поймы (б) (фото из личного архива автора).

ция амбара, предназначенного для сбора аварийно собранной нефтесодержащей жидкости (рис. 4).

В тех случаях, когда эти работы выполняют со значительным опозданием, глубина загрязнения в результате фильтрации нефти существенно возрастает, что вызывает увеличение объема загрязненного грунта, усложнение технологии и стоимости его дальнейшей переработки [6]. Наибольшие трудности возникают при загрязнении грунтовых массивов с высоким уровнем грунто-

вых вод. Такие грунты (как правило, на заболоченных участках) обладают низкой несущей способностью и оказываются непроходимыми для землеройной техники.

В дальнейшем для регенерации грунтов и предохранения или очистки грунтовых вод целесообразно применять способ промывки, заключающийся в закладке отсасывающих скважин в пределах контура загрязнения (амбара, котлована или траншеи) и “питающих” за пределами участ-



Рис 3. Амбар (а) и искусственно созданный карьер (б) для хранения аварийно собранной нефтесодержащей жидкости (фото из личного архива автора).

ка. Отсасывающие скважины откачивают загрязненную воду в какую-либо емкость, а питающие подают чистую воду, в результате чего происходят промывка грунта и очищение грунтовых вод.

Для сбора нефтесодержащих продуктов с поверхности воды следует построить два амбара или два котлована, соединив их через гидрозатвор. Собранная жидкость подается в один из них, и при ее переливе во второй на гидрозатворе будет происходить отделение чистой воды от нефтесодержащей. Схема сбора нефти, приведенная на рис. 5, очень проста и эффективна как на болотных участках, так и на суходолах и при этом экономически целесообразна. Собранная нефтесодержащая жидкость поступает в амбар, сконцентрированная на поверхности нефть откачивается и направляется в технологическую схему сбора нефти, очищенная вода возвращается в природную среду.

После восстановления работы нефтепромышленного оборудования и сбора разлитых нефтепро-



Рис. 4. Гидроизоляция амбара, предназначенного для сбора нефтесодержащей жидкости (фото взято из открытых источников).

дуктов (все что можно было собрать сразу же после случившегося разлива) проводится полевое обследование загрязненного участка, оценка масштабов и степени загрязнения. На основании полученных результатов разрабатывается проект рекультивации данного участка. Обобщенная блок-схема основных этапов устранения аварийного разлива нефтепродуктов приведена на рис. 6.

Этапы рекультивации и способы очистки нефтезагрязненных участков

Аварийные ситуации, приведшие к разливу нефтепродуктов и их попаданию на рельеф и водные объекты, требуют проведения рекультивации и восстановления продуктивности природной среды. Рекультивация нефтезагрязненных земель проводится по следующему алгоритму (этапам). Выделяют следующие этапы рекультивации:

- *подготовительный* связан с разработкой проекта рекультивации на основе инженерных изысканий и соответствующий требованиям природоохранного законодательства;

- *технический*, связан с ликвидацией последствий аварийной ситуации: сбором и утилизацией нефтепродуктов, восстановлением и функционированием нарушенной геосистемы;

- *биологический* – завершающая часть проекта рекультивации, которая включает биологическую очистку почв, направленную на восстановление процессов почвообразования и завершение формирования ландшафта озеленения.

Особо негативное воздействие на окружающую природную среду проявляется при загрязнении водных объектов. Локализация, сбор и удаление нефти с водной поверхности на практике сложный и трудоемкий процесс в особенности при попадании в ручьи или реки.

Для локализации распространения нефти и нефтепродуктов по водной поверхности рек и

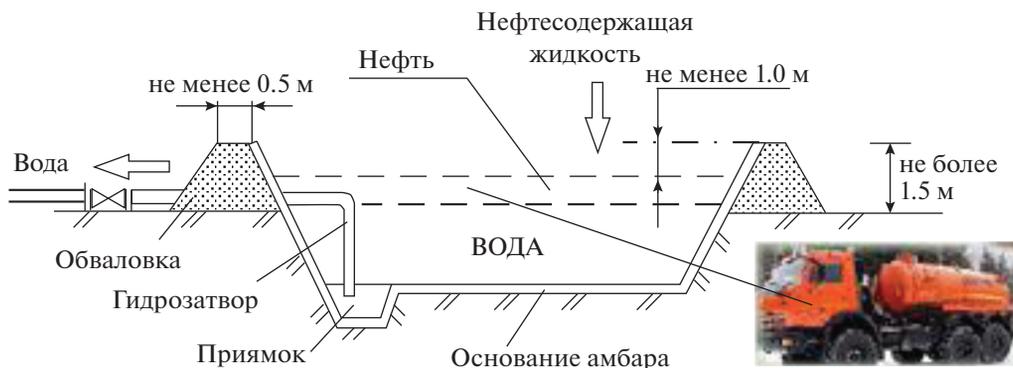


Рис. 5. Схема искусственного сооружения для сбора разлитой нефти³.



Рис. 6. Блок-схема проводимых природоохранных мероприятий при аварийном разливе нефтепродуктов³.

озер применяют боновые заграждения. Если поверхность озера и ширина реки значительна, то сбор и удаление нефти с поверхности воды осуществляют нефтесборщиками, а с небольших водных поверхностей сбор производят скиммерами (сепараторами) различной конструкции.

Однако сбор нефтесодержащей жидкости с водной поверхности реки осложняется быстрой ее миграцией с водным потоком. Строительство дамбы (см. рис. 2) и сифона на ней (см. рис. 5) задержит распространение нефти по реке, но дамба

должна быть более надежной, чем приведена на фото. Если рекультивацию провести несвоевременно и не уложиться в первый летне-осенний период, то она может быть разрушена осенним дождевым паводком или наверняка весенним, когда уровень воды может подняться на несколько метров. Выходом из данной ситуации может стать создание обводного канала, начало которого должно быть выше аварийного участка. Но на практике к такому решению прибегают только после разрушения дамбы, что приводит к более

сложным последствиям и необоснованным затратам.

Технология сбора нефти с поверхности воды абсорбирующими материалами довольно проста. Абсорбирующий материал разбрасывают в сыпучем виде. Он впитывает нефть и образует “густое” нефтяное пятно на поверхности воды. В качестве абсорбентов применяют пенополиуретан, торф, торфяной мох, опилки, солому и другие вещества, обладающие избирательной абсорбирующей способностью к нефти и нефтепродуктам.

Особые трудности возникают при очистке водоемов с малыми глубинами, особенно на болотах [5]. В этих случаях пятно нефти обычно обвалывают и стараются всеми мерами не допустить его дальнейшего распространения. Применяют все возможные способы сбора, вплоть до ручных с применением ограниченного числа видов техники, специально предназначенных для работ на болотах. Иногда пятно нефти можно отвести на место удобное для сбора, прорыв траншею или котлован. Сбор нефтепродуктов с поверхности болота усложняется тем, что его глубина может быть неоднородной. На практике такая ситуация нередко приводит к неполному сбору разлившихся нефтепродуктов и, как следствие, к образованию долговременного источника загрязнения.

Метод выжигания нефти (“быстрое окисление”) не только опасен в пожарном отношении, но часто невозможен из-за позднего обнаружения пятна, когда нефть уже смешалась с водой. Кроме того, при горении открытых нефтепродуктов происходит загрязнение атмосферы и возможно возникновение пожарной ситуации.

Очень прогрессивным является способ ликвидации загрязнений с помощью бактериальных препаратов, пригодный для очистки как водных поверхностей, так и почвы. Однако, в условиях Западной Сибири с коротким летним периодом применение бактериальных препаратов малоэффективно.

При возникновении аварийной ситуации на нефтесборных сетях или при отказе магистрального нефтепровода, пролегающего по суходолам, происходит загрязнение почвы и произрастающей на ней растительности. В этом случае стараются разлившуюся нефть отвести в естественные понижения местности, защитные амбары, траншеи или оконтуривают земляными дамбами. Эту процедуру выполняют параллельно с основными работами по ликвидации аварии. В настоящее время основным способом восстановления таких грунтов является срезка загрязненного нефтью слоя грунта и замена его привозным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав технологии устранения аварийных разливов нефтесодержащих продуктов, приводящих к загрязнению природной среды, как на этапе возникновения аварии, так и на этапе проведения рекультивации, можно сделать вывод, что они еще далеки от совершенства. Основная проблема при этом заключается в том, что существующие технологии не в полном объеме учитывают, как природные (физико-географические) условия региона, так и геолого-геоморфологические и ландшафтные особенности непосредственно загрязненного участка. Загрязнения, затронувшие водные акватории/потоки, болота или суходолы, нельзя оценивать одинаково. Очевидно, что подход к выбору способов и приемов очистки нефтезагрязненных участков в каждом конкретном случае должен быть индивидуален. Особенно это актуально в сложных природных условиях Среднего Приобья.

Подразумевая под рекультивацией загрязненных нефтью земель снижение ее содержания в почве, грунтах и воде до безопасных концентраций (как минимум) или восстановление первоначального плодородия ранее нарушенных земель (как максимум), следует четко понимать, что устранение аварийной ситуации и аварийный сбор нефти не являются рекультивацией, а лишь ей предшествуют.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Сметанин В.И. Рекультивация нарушенных земель / Под ред. А.И. Голованова. М.: КолосС, 2009. 325 с.
2. Григорьева И.Ю. Нефтяное загрязнение грунтов: инженерно-геологический и эколого-геологический аспекты. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2010. 198 с.
3. Григорьева И.Ю., Баранов Д.Ю., Абызова А.М. Особенности рекультивации нефтезагрязненных территорий в условиях Западной Сибири // Инженерные изыскания. 2015. № 13. С. 48–57.
4. Григорьева И.Ю., Шестакова А.Н. Фитотоксичность нефтезагрязненных грунтов // Инженерная геология. 2009. № 1. С. 30–33.
5. Капелькина Л.П., Малышкина Л.А. Рекультивация нарушенных земель на болотах при разработке нефтяных месторождений // Нефтяное хозяйство. 2015. № 9. С. 134–136.
6. Саромотин А.В. Исследование эффективности методов рекультивации // Материалы окружного совещания “Создание комплексной системы предупреждения и ликвидации нефтяных загрязнений и механизмы ее финансирования на территории Ханты-Мансийского автономного округа. 13 марта 1997 г.”.

IMPROVEMENT OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION MEASURES DURING THE OPERATION OF OIL AND GAS FIELDS

N. S. Rogova^{a,#}

^a National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Yaroslavskoe shosse, 26, Moscow, 129337 Russia

[#]e-mail: mos-007@yandex.ru

An attempt is made to reveal the main reasons for the inefficiency of environmental protection measures to eliminate the consequences of environmental pollution as a result of accidental oil spills during the operation of oil and gas fields in the Middle Ob region. In recent years, the growing reliability of oilfield equipment has resulted in the trend to reduced formation of new oil-contaminated sites and the higher pace of restoration of old previously uncultivated sites. However, this trend does not reflect the true state-of-art, since the application of standard reclamation technologies does not fully take into account the characteristics of a particular site, as a result of which the undertaken nature-protection measures are ineffective. This is manifested in a longer time needed for natural environment restoration, and as a rule, it leads to secondary contamination of the adjacent territory. The main stages of eliminating the consequences of accidental oil spills and their ingress on dry valleys and water bodies are discussed. Proceeding from the main reclamation stages, the author presents his viewpoint on improving the effectiveness of environmental measures during reclamation, taking into account the physical and geographical conditions of the region and the characteristics of the pollution site.

Keywords: environment, emergency spill of petroleum products, oil-contaminated lands, hydraulic lock, reclamation

REFERENCES

1. Golovanov, A.I., Zimin, F.M., Smetanin, V.I. *Rekul'tivatsiya narushennykh zemel'* [Reclamation of disturbed lands]. A.I. Golovanov, Ed., Moscow, KolosS Publ., 2009, 325 p. (in Russian)
2. Grigorieva, I.Yu. *Neftyanoe zagryaznenie gruntov: inzhenerno-geologicheskii i ekologo-geologicheskii aspekt* [Oil pollution of soils: engineering-geological and ecological-geological aspects]. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2010, 198 p. (in Russian)
3. Grigorieva, I.Yu., Baranov, D.Yu., Abyzova, A.M. *Osobennosti rekul'tivatsii neftezagryaznennykh territorii v usloviyakh Zapadnoi Sibiri* [Features of remediation of oil-contaminated areas in Western Siberia]. *Inzhenernye izyskaniya*, 2015, no. 13, pp. 48–57. (in Russian)
4. Grigorieva, I.Yu., Shestakova, A.N. *Fitotoksichnost' neftezagryaznennykh gruntov* [Phytotoxicity of oil-contaminated soils]. *Inzhenernaya geologiya*, 2009, no. 1, pp. 30–33. (in Russian)
5. Kapel'kina, L.P., Malyshkina L.A. *Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' na bolotakh pri razrabotke neftyanykh mestorozhdenii* [Reclamation of disturbed lands in swamps during the development of oil fields]. *Neftyanoe khozyastvo*, 2015, no. 9, pp. 134–136. (in Russian)
6. Saromotin, A.V. *Issledovanie effektivnosti metodov rekul'tivatsii* [Study of the effectiveness of remediation techniques]. *Materialy okruzhnogo soveshchaniya "Sozdanie kompleksnoi sistemy preduprezhdeniya i likvidatsii neftyanykh zagryaznenii i mekhanizmy ee finansirovaniya na territorii Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga. 13 marta 1997 g.* [Proceedings of the regional workshop. Arrangement of the combined system for prevention and elimination of warning system of oil contamination and its financing mechanisms in Khanty-Mansy autonomous okrug]. Khanty-Mansiysk, 1997". (in Russian)