

лических агрегатов и недостаточно изученных в настоящее время. Однако результаты проведенных исследований показывают, что структурные дефекты в таком кварце могут отражать радиационную обстановку и термодинамические условия формирования минерала.

Выводы

1. Тонкозернистый кварц из уранового месторождения Столбовое и с его флангов имеет высокую степень дефектности кристаллической структуры, что ограничивает возможности проведения генетического анализа методом ЭПР. Тем не менее, в результате проведенных исследований в нем выявлены генетически значимые парамагнитные центры. Сам факт образования таких центров и их количество позволяют оценить условия образования кварца, а значит и обстановку формирования месторождения.

2. Наиболее важными для практического использования являются E_1 -центры, концентрация которых в кварце определяется дозой природного радиационного облучения минерала. Их повышенное содержание может служить одним из признаков близости к рудному телу.

3. В исследованных образцах обнаружены Al_{A+V} -центры, обладающие апробированными генетическими свойствами. Присутствие этих дефектов в кварце месторождения Столбовое свидетельствует о низкотемпературных условиях формирования оруденения.

4. Установлено, что изученный кварц содержит микроскопические включения магнитных минералов, вероятно, моносulfида железа, количество которого увеличивается от флангов месторождения к его центральной части. Присутствие моносulfида железа приводит к искажению спектров ЭПР в кварце и ограничению возможностей метода.

5. Полученные данные подтверждают возможность использования метода ЭПР при исследовании тонкозернистого кварца урановых месторождений с целью выяснения условий их формирования. Ее реализация возможна при целенаправленном отборе образцов кварца и учете результатов настоящей работы.

Работы выполнены при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 8 (координатор академик РАН Н.С. Бортников).

ЛИТЕРАТУРА

1. Айлер, Р. Химия кремнезема / Р. Айлер. — М.: Мир, 1982. — 416 с.
2. Данилевич, А.М. Применение метода электронного парамагнитного резонанса для изучения миграции радиоактивных элементов и оценки возраста оруденения // Сб. «Распределение радиоактивных элементов и их изотопов в земной коре» / А.М. Данилевич, В.В. Павшуков. — М.: Недра, 1978. — С. 121–125.
3. Коковкин, А.А. Новые данные о гидротермальном метасоматозе в мелкайнзойских отложениях Средневолжского правобережья / А.А. Коковкин, А.В. Иванов, В.М. Тюленева, О.А. Якушина, Л.Т. Раков, И.А. Яшков // Региональная геология и металлогения. — 2018. — № 75. — С. 35–48.
4. Моисеев, Б.М. Определение возраста урановых месторождений палеодозиметрическим методом / Б.М. Моисеев, М.В. Петропавлов, Е.М. Шмариович, Н.П. Стрелянов, В.М. Рехарская // Геология рудных месторождений. — 1982. — № 3. — С. 61–70.
5. Моисеев, Б.М. Природные радиационные процессы в минералах / Б.М. Моисеев. — М.: Недра, 1985. — 174 с.

6. Моисеев, Б.М. Палеодозиметрические свойства E_1 -центров в кварце // Докл. АН СССР. / Б.М. Моисеев, Л.Т. Раков. — 1977. — Т. 233. — № 4. — С. 679–682.
7. Раков, Л.Т. Подвижные примеси в кварце Карело-Кольского региона // Тр. Карельского научного центра РАН. Серия Геология докембрия / Л.Т. Раков, В.Т. Дубинчук, Л.С. Скамницкая, В.В. Щипцов. — Петрозаводск, 2016. — № 10. — С. 100–118.
8. Раков, Л.Т. Палеодозиметрические свойства Ti -центров в кварце / Л.Т. Раков, Б.М. Моисеев // Геохимия. — 1992. — № 1. — С. 150–154.
9. Раков, Л.Т. Научные основы применения структурных дефектов в кварце в качестве индикатора минералообразования: Автореф. дис. ...д. геол.-мин. наук / Л.Т. Раков. — М.: ВИМС, 2007.
10. Раков, Л.Т. Влияние условий минералообразования на свойства дефектных зон кварца // Тезисы докладов XIV Междунар. научно-практ. конф. «Новые идеи в науках о Земле». Том II «Развитие новых идей и тенденций в науках о Земле — минерагении, минералогии и геммологии, петрологии и геохимии» / Л.Т. Раков, В.Ю. Прокофьев, В.А. Коваленкер. — М., 2019. — С. 367–370.
11. Раков, Л.Т. Кварцевое сырье Карело-Кольского региона: о природе образования и генетическом значении субмикроскопических структурных неоднородностей в кварце // Тр. Карельского научного центра РАН. Серия Геология докембрия / Л.Т. Раков, В.В. Щипцов, В.Т. Дубинчук, Л.С. Скамницкая. — Петрозаводск, 2015. — № 7. — С. 164–180.
12. Ржевская, А.К. Оценка петрофизических свойств горных пород и руд месторождения урана Столбовое (Восточное Присаянье) с целью разработки оптимального поискового комплекса исследований и подхода к интерпретации геофизических данных / А.К. Ржевская, Н.А. Гребенкин // Разведка и охрана недр. — 2018. — № 7. — С. 38–44.
13. Maschmeyer, D. Two modified smoky quartz centers in natural citrine / D. Maschmeyer, K. Niemann, H.C.A. Hake // Phys. Chem. Minerals. — 1980. — V. 6. — P. 145–146.
14. Stipp, M. The eastern Tonale fault zone: a «natural laboratory» for crystal plastic deformation of quartz over a temperature range from 250 to 700°C / M. Stipp, H. Stunitz, R. Heilbronner, S.M. Schmid // J. of Structural Geology. — 2002. — V. 24. — P. 1861–1884.
15. Weeks, R.A. Paramagnetic resonance of lattice defects in irradiated quartz / R.A. Weeks // J. Appl. Phys. — 1956. — V. 27. — № 11. — P. 1376–1381.

© Раков Л.Т., Леденева Н.В., Гребенкин Н.А., 2020

Раков Леонид Тихонович // rakovlt@mail.ru
Леденева Надежда Викторовна // ledeneva@vims-geo.ru
Гребенкин Николай Анатольевич // grebenkin2@mail.ru

УДК 622.23.05

Иванов А.Г. (АО «Атомредметзолото»), Михайлов А.Н., Алексеев Н.А. (АО «Хиагда»), Иванов Д.А. (Компания «Weaterford»), Арсентьев Ю.А., Соловьёв Н.В., Назаров А.П. (МГРИ-РГГРУ)

МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ФИЛЬТРОВ И ПРИФИЛЬТРОВЫХ ЗОН ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

Производительность технологических скважин определяется состоянием фильтров и прифильтровых зон. Для поддержания их эксплуатационных свойств необходимо производить их обработку, используя как химические, так и механические методы и приемы. В статье описаны технические средства, реализующие комбинированные методы обработки рабочей части эксплуатационной

колонны технологических скважин, которые составляют содержание перспективного направления ремонтной службы на месторождениях урана. **Ключевые слова:** технологическая скважина, фильтр, прифильтровая зона, импульсные методы, эрлифтная прокачка.

Ivanov A.G. (Atomredmetzoloto), Mikhailov A.N., Alekseev N.A. (Hiagda), Ivanov D.A. (Weatherford Company), Arsentiev Yu.A., Solovov N.V., Nazarov A.P. (MGRI-RGGRU)

METHODS AND TECHNICAL MEANS OF TREATMENT OF FILTERS AND NEAR-FILTER ZONES OF TECHNOLOGICAL WELLS

The productivity of technological wells is determined by the state of filters and near-filter zones. To maintain their performance, it is necessary to process them using both chemical and mechanical methods and techniques. The article describes the technical means implementing combined methods of processing the working part of the production column of technological wells, which constitute the content of the promising direction of repair service in uranium deposits.
Keywords: technological well; filter; near-filter zone; pulse methods; airlift pumping.

Химическая обработка прифильтровых зон

Химическая обработка фильтров и прифильтровых зон выполняется для удаления остатков бурового раствора на стадии сооружения технологических скважин и растворения и удаления продуктов химической коагуляции из порового пространства пород прифильтровой зоны. Для химических обработок используются емкости из химически стойких материалов, в которых приготавливаются растворы реагентов и состав определяется видом коагулянта.

Подача расчетного объема приготовленного раствора реагента в скважину может производиться в режиме свободного налива внутрь эксплуатационной колонны через устье скважины. Подача по шлангу реагента непосредственно в фильтр без установки над фильтром пакерующего элемента недопустима. Это связано с тем, что при этом варианте подачи реагента повышается уровень рабочего раствора в скважине. При прекращении подачи реагента в фильтр происходит падение уровня раствора в эксплуатационной колонне. В результате происходит отеснение реагента из зоны коагуляции в продуктивный горизонт и растворения коагулянта не происходит. Подача реагента в пласт возможна с использованием установки «Гидропульс» по шлангу, снабженному пакером. При этом подача производится под давлением, создаваемым насосом высокого давления, изготовленным из химически стойкого материала и входящего в комплект установки. На рис. 1 показан внутриколонный надувной пакер для напорной подачи реагента в прифильтровую зону. Пакер опускается в скважину на 2-х канальном высоконапорном шланге ТГ (2ГК×15×5) и устанавливается в интервале верхней надфильтровой трубы. По каналу диаметром 5 мм сжатый воздух под

давлением подается во внутривакуетное пространство. По каналу диаметром 15 мм в подвакуетное пространство насосом в зону фильтра под давлением подается раствор реагента.

Поинтервальная обработка фильтров и прифильтровых зон

Этот вид обработки выполняется для корректировки интервалов движения рабочих растворов по длине фильтра. Из практики известно, что наиболее загруженными являются верхние интервалы фильтра. Нижние интервалы при этом остаются недоосвоенными при сооружении скважин. Из-за этого в процессе эксплуатации скважин в отработку вовлекаются в большей степени верхние интервалы продуктивного горизонта. На рис. 2 показана загрузка фильтра КДФ-120–0,8 при выполнении расходомерии в закачной скважине при подаче рабочего раствора в режиме свободного налива на устье скважины.

Из графика следует, что из 4-х секций фильтра длиной 2 м каждая работают только три верхние, нижняя секция полностью не работает. В этом случае необходимо проведение корректировки рабочей длины фильтра путем дополнительной обработки нижнего интервала фильтра для декоагуляции продуктивного горизонта в этой зоне. Одним из вариантов поинтервальной обработки является обработка закоагулированного интервала химреагентами с использованием двухпакерного скважинного снаряда (рис. 3), применяемого в установке «Гидропульс».

Возможна поинтервальная эрлифтная прокачка участков фильтра с применением установки очистки скважин от песка (УОС) [1].

Установка УОС производства фирмы «TLM hydro-puls GmbH» (фирменное название «Аэрлифт») [5] показана на рис. 9.

В таких установках в качестве раствороподъемной трубы используется шланг ПНД диаметром 50 мм. Внутри этого шланга размещен воздухоподающий шланг ПНД диаметром 20–25 мм. Длина раствороподъемного шланга равна сумме максимальной глубины обрабатываемых скважин плюс длина участка, расположенного между устьем скважины и осью барабана на поверхности, плюс запасные витки шланга на барабане. Длина воздухоподающего шланга равна сумме максимальной глубины погружения смесителя в скважину при проведении откачек, плюс длина соответствующих участков раствороподъемных шлангов на поверхности и барабане. При выполнении работ к нижнему концу раствороподъемного шланга присоединяется утяжелитель, изготовленный из металлических труб из нержавеющей стали. Трубы соединяются между собой резьбой, а их общая масса должна обеспечивать спуск



Рис. 1. Надувной пакер для напорной подачи химреагента в скважину

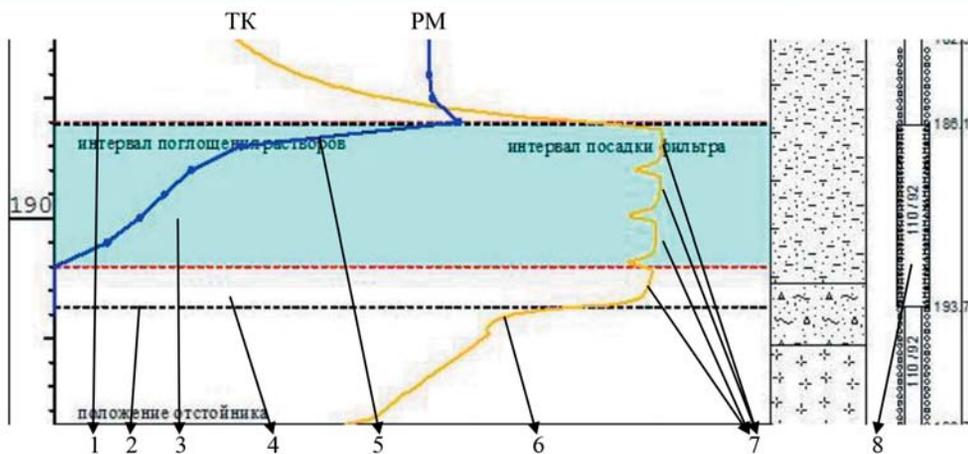


Рис. 2. Результаты расходомерии в закачной скважине: 1 — верхняя граница фильтра; 2 — нижняя граница фильтра; 3 — рабочий интервал фильтра; 4 — неработающий интервал фильтра; 5 — график расходомерии; 6 — график токового каротажа; 7 — секции фильтра; 8 — фильтр (интервал установки 186,1–193,7 м)

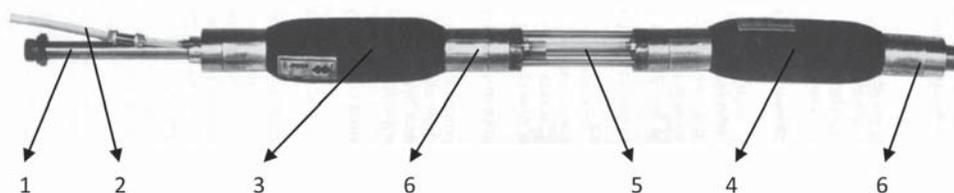


Рис. 3. Двухпакерный скважинный снаряд для напорной поинтервальной подачи химреагентов в фильтр: 1 — патрубок подсоединения шланга подачи химреагентов; 2 — патрубок для подсоединения шланга подачи сжатого воздуха; 3 — верхний надувной пакер; 4 — нижний надувной пакер; 5 — окно подачи химреагента в межпакерное пространство; 6 — корпус пакера

раствороподъемного и воздухоподающего шлангов до пробки отстойника фильтра. Нижняя труба утяжелителя без заглушки предполагает работу установки в режиме кольцевого эрлифта. В этом варианте УОС может использоваться для эрлифтной прокачки скважины и удаления песка и других мехвзвесей из отстойника фильтра на поверхность. Для поинтервальной обработки фильтра, которая заключается в избирательной прокачке отдельных участков фильтра нижняя труба утяжелителя перфорируется на длине 1000 мм. Диаметр отверстий перфорации составляет 4–6 мм. В нижней части устанавливается конусная пробка с осевым отверстием диаметром до 6 мм. Над пробкой и над верхним



Рис. 4. Установка УОС фирмы «TLM hydropuls GmbH»

поясом перфорации на трубе размещаются поролоновые манжеты высотой 15–25 мм, имеющие наружный диаметр на 1–3 мм меньше, чем внутренний диаметр фильтра. Для исключения обрывов эти манжеты полимерными нитями крепятся на нижней трубе утяжелителя. Такой снаряд спускается в нижний интервал фильтра, эрлифт запускается в работу и производится поинтервальная прокачка участков фильтра по 1000 мм каждый участок. Такая схема работы эрлифта особенно эффективна на стадии освоения сооруженных скважин, когда глубина погружения смесителя в скважину меньше глубины установки верхней границы фильтра.

Обработка прифилтровых зон комбинированными методами

Основными комбинированными методами обработки прифилтровых зон являются выполнение

работ на скважине с включением в состав работ комбинации из нескольких вышеперечисленных методов. На практике такими комбинациями в зависимости от вида и степени закольматированности прифильтровой зоны, назначения скважины, имеющихся технических средств являются следующие.

Обработка прифильтровой зоны импульсными методами с последующей эрлифтной прокачкой. Для импульсной обработки могут быть использованы установки АСП-ПВ, «Гидропульс», гидровибратор ГВ-2 или другие технические средства, обеспечивающие создание в фильтре и прифильтровой зоне ударных нагрузок разной интенсивности и формирование фильтрационных потоков переменного направления при значительных градиентах давления. Для эрлифтной прокачки применяются компрессоры различных типов или установка УОС.

Самым простым и дешевым видом комбинированной обработки скважин является пневмосвабирование с последующей эрлифтной прокачкой. Вариант конструкции универсального пневмосваба показан на рис. 5.

Принцип работы пневмосваба следующий. При закрытых кране 2 и затворе 6 по воздухоподающему шлангу в скважину подается сжатый воздух. При достижении в скважине давления 0,5–0,6 МПа, фиксируемого по манометру 3, подача воздуха прекращается и в эксплуатационной колонне достигнутое давление выдерживается в течение 30–60 секунд. В течение этого времени уровень жидкости в колонне снижается на 50–60 м. При открытии затвора 6 давление в колонне резко падает и происходит гидравлический удар пластовой жидкости в направлении из продуктивного горизонта в фильтр. Ударное давление при этом составляет 0,5–0,6 МПа. Особенностью метода пневмосвабирования является то, что при подаче сжатого воздуха его давление в колонне, передаваемое на горизонт, растет медленно и не создает ударных нагрузок в скважине. Таким образом, перемещения кольматанта в горизонт не происходит из-за медленной фильтрации скважинной жидкости в горизонт. Сброс давления воздуха создает ударную нагрузку в направлении из горизонта в фильтр, при этом скорость движения жидкости из горизонта в фильтр происходит в режиме быстрой фильтрации. Таким образом кольматант из прифильтровой зоны пере-

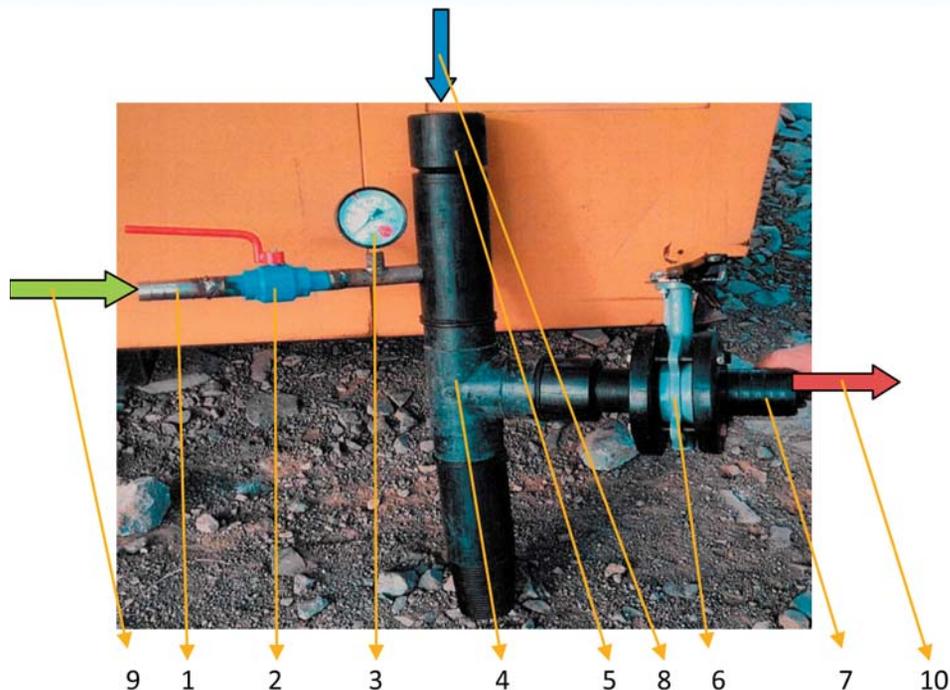


Рис. 5. Универсальный пневмосваб: 1 — штуцер подсоединения шланга подачи выщелачивающего раствора; 2 — кран; 3 — манометр; 4 — корпус пневмосваба; 5 — узел ввода воздухоподающего шланга; 6 — затвор; 7 — штуцер подсоединения сбросного шланга; 8 — подача сжатого воздуха по воздухоподающему шлангу; 9 — подача выщелачивающих растворов; 10 — отвод откачиваемой жидкости

мещается внутрь фильтра. Для быстрого восстановления статического уровня жидкости в скважине по подсоединенному к штуцеру 1 шлангу при открытом кране 2 в колонну подается порция выщелачивающего раствора. Затем процесс пневмосвабирования повторяется. Количество циклов пневмосвабирования может определяться степенью кольматации фильтра и прифильтровой зоны. По окончании пневмосвабирования при закрытом кране 1 и открытом затворе 6 выполняется эрлифтная прокачка скважины для удаления привнесенных в фильтр разрушенных продуктов кольматации.

Установка «Гидропульс» позволяет выполнять обработку прифильтровых зон несколькими комбинированными методами:

- пневмоимпульсная обработка с последующей эрлифтной прокачкой скважины с использованием пневмоимпульсного генератора;
- пневмоимпульсная обработка с последующей эрлифтной прокачкой от передвижной компрессорной станции или установки УОС;
- пневмоимпульсная обработка одновременно с промывкой с использованием пневмоимпульсного генератора, при этом по каналу подачи сжатого воздуха подается вода или раствор реагента;
- пневмоимпульсная обработка с последующей химической обработкой фильтра и прифильтровой зоны (варианты обработки: подача реагента в эксплуатационную колонну в режиме свободного налива на устье скважины; принудительная подача реагента в фильтр под давлением с применением надувного па-

кера рис. 1 или двухпакерного скважинного снаряда рис. 3;

— пневмосвабирование с применением надувного пакера и дальнейшей эрлифтной прокачкой (варианты эрлифтной прокачки: с применением пневмоимпульсного генератора с применением передвижного компрессора).

Возможны и другие комбинации методов обработки фильтров и прифильтровых зон в зависимости от состояния обрабатываемой скважины и имеющихся в распоряжении исполнителя технических средств.

Выводы

Предложенная авторами классификация направлений РВР позволяет формировать рациональные комплекты технических средств для каждого из указанных методов повышения производительности технологических скважин.

Наиболее перспективным направлением ремонтной службы является создание самоходных комплексов, оснащенных оборудованием, нацеленным на реализацию группы методов поддержания производительности технологических скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Геотехнология урана* (российский опыт): монография / Под ред. И.Н. Солодова, Е.Н. Камнева. — М.: «КДУ», «Университетская книга», 2017. — 576 с.
2. Иванов, А.Г. Особенности применения полимерных труб при сооружении технологических скважин подземного выщелачивания урана / А.Г. Иванов, Д.А. Иванов, Ю.А. Арсентьев, А.П. Назаров,

В.Н. Калинин / Изв. вузов. Серия «геология и разведка». — 2019. — № 4. — С. 50 — 57.

3. Иванов, А.Г. Методические рекомендации по сооружению водо-заборных скважин с применением полимерных материалов / А.Г. Иванов, В.А. Кравцов, Е.И. Власов, В.В. Гнеушев, Н.И. Чепига. — ПО «Южполиметалл», 1991. — 74 с.

4. Иванов, А.Г. Опыт восстановления герметичности технологических скважин при ПВ. Технический прогресс в атомной промышленности, серия «Горнометаллургическое производство» / А.Г. Иванов, В.А. Кравцов, В.А. Костин, А.П. Ежов. — С. 17–19.

5. Иванов, А.Г. Сооружение и эксплуатация технологических скважин в криолитозоне / Матер. междунар. науч.-технич. конф. Решение экологических и технологических проблем на территории России, ближнего и дальнего зарубежья. Сб. науч. тр. / А.Г. Иванов, И.Н. Солодов, Е.А. Гурулев. — АО «Внипиромтехнологии», ООО «Винпресс», 2019. — С. 204–212.

6. Иванов, А.Г. О выборе материала обсадных труб для оборудования эксплуатационных скважин подземного выщелачивания / А.Г. Иванов, И.Н. Солодов // Горный журнал. — 2018. — № 7. — С. 81–85.

7. Метод интенсификации скважин различного назначения. Рекламный буклет TLM hydropuls GmbH. — Германия, Markleeberg, 2013. — 13 с.

8. Романенко, В.А. Восстановление производительности водо-заборных скважин / В.А. Романенко, Э.М. Вольницкая. — Л.: Недра, 1986. — 112 с.

9. Справочник по бурению скважин на воду / Под ред. проф. Д.Н. Башкатова. — М.: Недра. — 560 с.

© Коллектив авторов, 2020

Иванов Александр Георгиевич // AlekGeorIvanov@armz.ru
Михайлов Анатолий Николаевич // Mihailov.A.N@hiagda.ru
Алексеев Николай Алексеевич // Mihailov.A.N@hiagda.ru
Иванов Дмитрий Александрович // dexhouse@ya.ru
Арсентьев Юрий Александрович // arsentev1956@yandex.ru
Соловьёв Николай Владимирович // nvs@mgri-rggru.ru
Назаров Александр Петрович // al.naz@mail.ru

ОХРАНА НЕДР И ЭКОЛОГИЯ

УДК: 502.34+504.06

Ахмадиев А.К., Экзарьян В.Н. (МГРИ-РГГРУ)

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Современная нефтегазовая отрасль связана со многими негативными экологическими последствиями, поэтому возрастает роль в обеспечении экологической безопасности. В работе авторы указывают на наличие трех принципиальных точек зрения на экологическую безопасность. Рассматриваются основные аспекты экологической безопасности. Нормативно — правовое регулирование экологической безопасности закладывает основу экологических и правовых отношений. Проведенные исследования указывают на необходимость регулярно проводить оценку существующей системы права на различных уровнях, оценивать экологическую политику крупных российских и мировых нефтегазовых компаний, что позволит в дальнейшем корректировать управленческие

решения, от которых зависит качество окружающей природной среды. При рассмотрении природоохранного аспекта внимание уделено реабилитации природной среды. Авторы более подробно останавливаются на таком методе реабилитации как биоремедиация и затрагивают вопросы восстановления экосистем в Арктике. **Ключевые слова:** экологическая безопасность, нефтегазовая отрасль, углеводороды, реабилитация, экологическое право, биоремедиация.

Akhmadiev A.K., Ekzaryan V.N. (MGRI-RGGRU)

PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

The modern oil and gas industry is associated with many negative environmental consequences, and therefore the role in ensuring environmental safety is growing. In the work the authors point to three principal points of view on environmental safety. The main aspects of environmental safety are considered. Regulatory and legal regulation of environmental safety lays the foundation for environmental and legal relations. The conducted studies point to the need to regularly