

www.rudmet.ru

ISSN 0017-2278

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

192 года

Издается с 1825 года
(№ 2235)

2.2017



ОЧИСТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГИПСА ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В КАРСТОВЫХ РАЙОНАХ*

Н. Г. МАКСИМОВИЧ¹, зам. директора по научной работе, доцент, канд. геол.-минерал. наук, nmax54@gmail.com

О. Ю. МЕЩЕРЯКОВА¹, старший научный сотрудник, канд. техн. наук

Н. М. КАЧУРИН², зав. кафедрой, проф., д-р техн. наук

¹ Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, Россия

² Тульский государственный университет, Тула, Россия

Введение

Комплексное освоение недр, подразумевающее полное освоение ресурсов на данной территории, в ряде случаев может осложняться экологическими проблемами. Добыча одного вида полезного ископаемого может привести к загрязнению окружающей среды и снижению качества сырья другого. Такие негативные явления наблюдаются в Пермском крае на площадях, перспективных для добычи гипса, где ведется разработка нефтяных залежей.

В регионе активно разрабатываются сульфатные месторождения. Известны 269 проявлений гипса и ангидрита (в том числе 80 месторождений), основная часть которых приурочена к отложениям кунгурского яруса нижней перми. Государственным балансом учтены восемь месторождений: Чумкаское, Соколино-Саркаевское, Ергачинское, Полазненское, Дейковское, Селищенское, Одиновское и Егоршины Ямы. Общие балансовые запасы промышленных категорий гипса и ангидрита составляют 56,5 млн т со средневзвешенным содержанием гипса в залежах месторождений 82–93 % [1]. Среднегодовой уровень добычи гипса составляет 280 тыс. т, т. е. обеспеченность запасами при существующем уровне добычи составляет около 150 лет [2].

К районам месторождений гипса в Пермском крае и перспективных площадей на обнаружение гипса приурочены 75 % месторождений нефти, из которых треть расположена в районах развития карста (**рис. 1**).

Добыча, транспортирование и переработка нефти ведут к загрязнению окружающей среды [4, 5], затрудняют разработку гипсовых месторождений, усложняют технологический процесс, негативно влияют на качество сырья.

Районы развития закарстованных сульфатных пород и присутствующая им гидросфера обладают спецификой [6], способствующей, как правило, более интенсивному распространению загрязнения вследствие отсутствия покровных отложений, литологии слагаю-

Рассмотрена проблема загрязнения месторождений гипса при эксплуатации на данной территории месторождений нефти. Высокая закарстованность района усложняет процесс очистки массива. Изучен механизм формирования нефтяного загрязнения, на основании которого разработана модель фильтрационно-диффузионного переноса загрязнителя через пласт гипса. В качестве методов борьбы с нефтяным загрязнением разработаны, опробованы и запатентованы два способа: откачка нефти из линзы с поверхности подземных вод и биологическая деструкция нефтепродуктов активизированными аборигенными микроорганизмами. Высокая эффективность методов позволяет ввести месторождения гипса в промышленную эксплуатацию.

Ключевые слова: месторождения гипса, нефтяное загрязнение, карст, способы очистки, откачка, биодеструкция, Пермский край.

DOI: 10.17580/gzh.2017.02.18

щих пород, высокой степени трещиноватости и проницаемости, особенностей гидродинамики массива в зоне влияния крупных водоёмов при резких колебаниях уровня воды в них.

Механизм формирования нефтяного загрязнения

Основные экологические особенности нефтяного загрязнения заключаются в следующем: компоненты нефти и продукты их разложения существенно отличаются по физическим, химическим и другим свойствам, в результате чего распределение загрязнителей в гидросфере носит крайне сложный и труднопрогнозируемый характер [7]; нефтепродукты обладают высокой миграционной способностью в подземных водах, в результате чего распространяются на значительные расстояния, а в случае разгрузки в поверхностные воды зона загрязнения существенно увеличивается. Сорбция в горных породах приводит к формированию устойчивых вторичных источников загрязнения, оказывающих негативное влияние в течение длительного времени. В разложении нефтепродуктов существенную роль играют микроорганизмы; при избытке кислорода происходит окисление нефтепродуктов, при его недостатке идут восстановительные процессы с образованием сероводорода. Нефтяное загрязнение — крайне устойчивое образование, имеет комплексный характер и оказывает интенсивное воздействие на различные компоненты геологической среды: атмосферу, подземную и наземную части гидросферы, горные породы, почву и др. [8–12].

* Работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ 16-35-00104 мол_а «Миграция углеводородов при фильтрационно-диффузионном переносе в карстовых районах» и Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания № 2014/153 № 269 в сфере научной деятельности.

Закарстованные сульфатные массивы обладают высокой проницаемостью для загрязнителей. В местах выхода карстующихся пород на поверхность практически полностью отсутствует поверхностный сток. Атмосферные осадки, а также загрязняющие вещества практически беспрепятственно поглощаются трещинами пород, воронками и другими карстовыми формами и далее попадают в подземные водоносные горизонты [13]. Тесная гидравлическая связь подземных карстовых вод с поверхностными способствует разгрузке загрязненных вод в поверхностные водные объекты. Поступившие в окружающую среду нефтепродукты под влиянием физико-химических процессов окисления и биодеструкции подвергаются разрушению. В закарстованных массивах подземные воды зачастую залегают на больших глубинах, вследствие чего эти процессы замедлены ввиду недостатка кислорода и низких температур.

Таким образом, высокая закарстованность сульфатных массивов способствует проникновению загрязнителя как по площади, так и вглубь. Загрязнению подвержены горные породы, поверхностные и подземные воды.

Подобная ситуация сложилась в Ординском, Добрянском и других районах Пермского края. Примером является загрязнение сульфатного массива в районе Полазненского месторождения нефти, расположенного в районе развития сульфатного карста на берегу Камского водохранилища в Добрянском районе Пермского края (см. рис. 1), где с начала 1970-х годов отмечаются интенсивные нефтегазопроявления. Разработка массива затруднена, поскольку вследствие разливов и утечек нефти на поверхности трещинно-грунтовых вод сформировалась линза нефтепродуктов, которая является источником загрязнения массива, представляющего собой территорию, перспективную на обнаружение и разработку гипса.

Проведенными исследованиями установлено, что причина загрязнения перспективного участка, а также водохранилища – линза нефти мощностью 2–3 м на поверхности трещинно-карстовых вод (рис. 2). Источник нефти – разливы, сбросы нефти в карстовые полости и т. д. в 1960–1970-е годы. В настоящее время, по данным наблюдений, поступление свежей нефти не зафиксировано [14].

Сильно закарстованный гипсовый массив явился хорошим коллектором для нефти и имеет тесную гидравлическую связь с водохранилищем. В береговой зоне произошла своеобразная битуминизация рыхлых отложений, в связи с этим нефть в линзе оказалась в своеобразной гидродинамической ловушке (см. рис. 2).

Дождевые и талые воды (около 280 тыс. м³ в год с учетом испарения на площадь линзы) инфильтруются в закарстованный

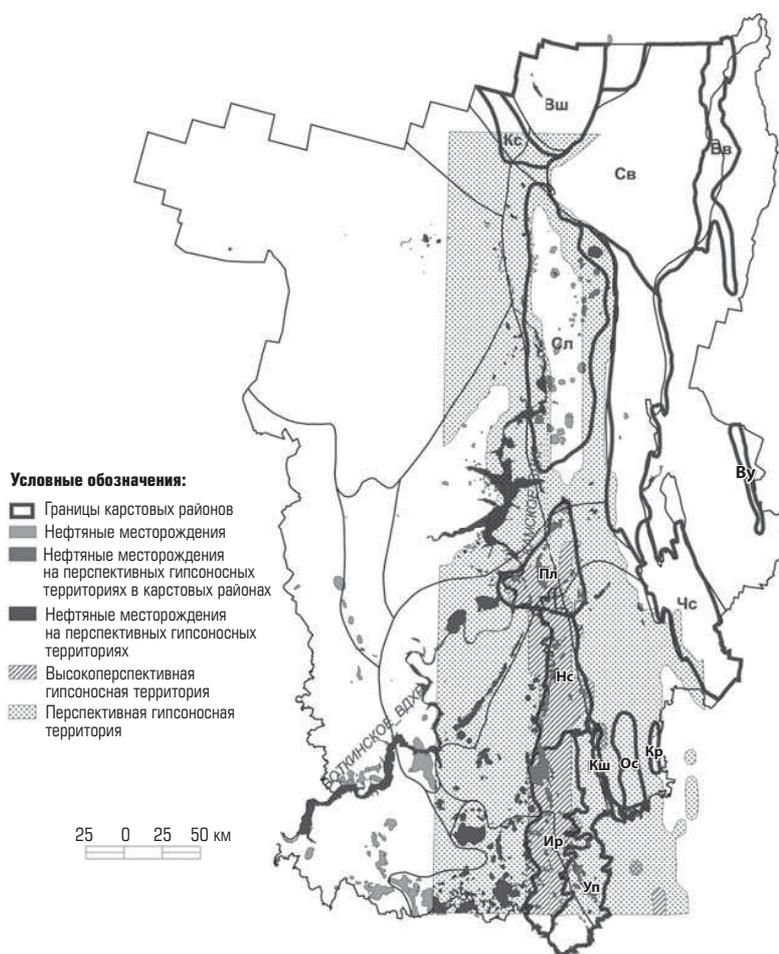


Рис. 1. Карстовые районы [3], перспективность гипсовых территорий [2] и нефтяные месторождения Пермского края:

Вш – Вишерский; Вв – Верхневишерский; Кс – Ксенофонтовский; Св – Средневишерский; Сл – Соликамский; Ву – Верхнеусьвинский; Пл – Полазненский; Чс – Чусовской; Нс – Нижнесылвинский; Кр – Кордонский; Ос – Осинцевский; Кш – Кишертский; Ир – Иренский; Уп – Уфимского плато

массив и за счет разности плотностей фильтруются сквозь линзу. Воды загрязняются растворимыми нефтепродуктами и поступают в водохранилище. Интенсивность их поступления контролируется колебаниями уровня водохранилища, достигающими 6–7 м в год, количеством осадков, интенсивностью снеготаяния, поэтому концентрации нефтепродуктов в водохранилище крайне неравномерны по времени.

За счет диффузионных перемещений молекул загрязнителя происходит также загрязнение пород массива. По результатам натуральных наблюдений была разработана модель фильтрационно-диффузионного переноса загрязнителя через пласт гипса в гидродинамическую ловушку. Расчетная схема переноса представлена на рис. 3.

Результат работ представляет вертикальный профиль концентрации загрязнения. Уравнение распределения загрязнения в массиве имеет следующий вид:

$$\frac{d^2c}{dz^2} - \frac{w}{D} \frac{dc}{dz} - \frac{Q}{D} \left(c - \frac{c_0 l}{Q} \right) = 0, \quad (1)$$

где Q – объемный поток загрязненных вод; w – средняя скорость фильтрации; c – концентрация загрязнителя; c_0 – начальное значение концентрации загрязнения; D – диаметр диффузионного потока; l – величина диффузионного потока.

Решение данного уравнения представлено формулой (2):

$$c(z) - c_H = \frac{c_0 l}{Q} \left(1 - \exp \left\{ \left[\frac{w}{2D} - \sqrt{0,25 \left(\frac{w}{D} \right)^2 + \frac{Q}{D}} \right] z \right\} \right). \quad (2)$$

Результат вычислительного эксперимента показан на **рис. 4**, на котором видно, что вертикальные профили соответствуют натурным наблюдениям.

Расчетные уравнения для величины концентрации загрязнителя c и коэффициента ослабления α_D представлены формулами (3) и (4):

$$C = \frac{[c(z) - c_H] Q}{I c_0}; \quad (3)$$

$$\alpha_D = \frac{w}{2D} - \sqrt{0,25 \left(\frac{w}{D} \right)^2 + \frac{Q}{D}}. \quad (4)$$

Литология пород массива (гипсы и ангидриты) определяет их низкие фильтрационные и сорбционные способности по отношению к загрязнителю. Высокая закарстованность и трещиноватость массива приводят к быстрому и беспрепятственному проникновению загрязнителя в глубь массива. Карстовые полости и трещины являются как каналами для миграции загрязнителя, так и его

коллекторами, где происходит скопление нефтепродуктов. В дальнейшем они выступают в виде вторичного источника загрязнения.

Таким образом, при первичной инфильтрации загрязнителя породы массива не подвергаются сильному загрязнению. Однако при длительном влиянии линзы нефти формируются новые виды скопления нефтепродуктов в массиве: помимо свободной и растворенной форм, появляются зоны сорбированных на поверхности пород и летучих нефтепродуктов. Все это влияет на качество гипса. Разработка массива без применения мер по ликвидации загрязнения при случайном вскрытии забитуминированной зоны, являющейся гидродинамическим барьером, может привести к разливу нефти в водохранилище и экологической катастрофе.

Подтверждением этой модели может служить то, что в период межени наблюдается разгрузка в виде родников прозрачной опалесцирующей жидкости (а не нефти) с сильным запахом углеводородов. После смешивания с водами водохранилища происходит выпадение темных нефтепродуктов, представляющих собой иловый осадок с высоким (более 90 %) содержанием серы (см. рис. 2).

По результатам геохимических анализов, проведенных лабораторией геохимии пород и флюидов АО «КамНИИКИГС» в апреле 2011 г., в данном осадке содержание хлороформенного битумоида составляло 3,5 %, распределение по фракциям следующее: содержание метаново-нафтеновых и ароматических углеводородов – 56,5 %; легких смол – 25,7 %; тяжелых смол – 16 %; асфальтенов – 1,7 %. Результаты анализа физико-химических свойств илового осадка приведены ниже:

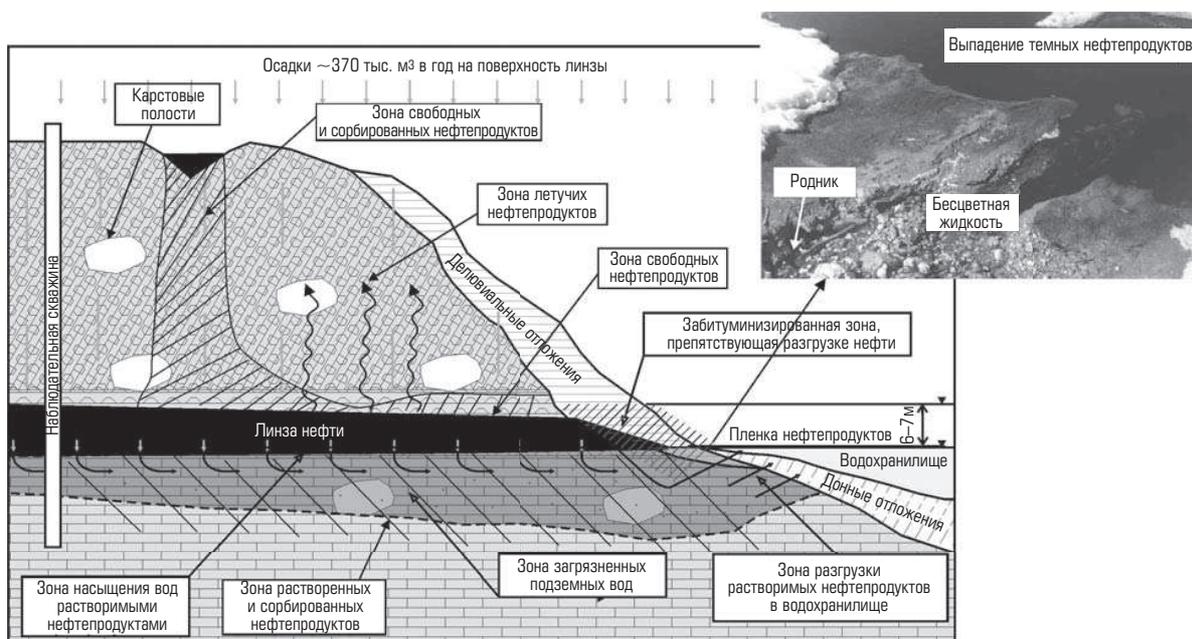


Рис. 2. Механизм загрязнения массива нефтепродуктами

Параметр	Значение параметра ± погрешность определений
Содержание воды (по ГОСТ 2477-65), %	60,8±2,1
Массовая доля, %:	
хлороформенного битумоида в иловом осадке	3,469
то же, в высушенном осадке	8,849
метаново-нафтеновых и ароматических углеводородов	56,51
легких смол	25,73
тяжелых смол	16,04
асфальтенов	1,72

Методы борьбы с нефтяным загрязнением

Такие не совсем обычные условия определили оптимальную стратегию борьбы с загрязнением массива и водохранилища:

- необходимо откачать как можно большее количество нефти из линзы, находящейся в гидравлической ловушке, без откачки подземных вод;
- необходимо очистить подземные воды, находящиеся ниже водонефтяного контакта и загрязняющие гипсовый массив и водохранилище.

Уменьшение мощности линзы в ходе откачки существенно снизит вынос нефтепродуктов за счет сокращения пути фильтрации воды через нефть. Усилится поступление кислорода, необходимого для химического и биологического окисления нефти.

Исходя из опыта борьбы с загрязнением нефтепродуктами [15–18], был разработан комплекс мер по предотвращению нефтяного загрязнения геологической среды в карстовых районах.

Для откачки нефти через существующие наблюдательные скважины была разработана, опробована и запатентована специальная установка [19].

В ходе опытно-промышленных работ, проводимых на участке загрязнения сульфатного массива в районе Полазненского месторождения нефти, были отработаны технология откачки нефти из линзы без забора воды и отдельные технологические элементы – датчики глубины и мощности линзы, возможность оперативного изменения глубины насоса при изменении уровня подземных вод и т. д. Дебит скважины позволяет откачивать нефть в значительных объемах – до 200 л/ч. За время эксперимента откачено 12,05 м³ нефти с малой обводненностью (4,73 %), что облегчает ее транспортирование и первичную переработку. Опытно-промышленные работы показали, что остаточная мощность слоя нефти после откачки составила около 5–10 см.

Для очистки подземных вод ниже водонефтяного контакта разработан и запатентован микробиологический метод. Для этого выделен консорциум аборигенных активизированных микроорганизмов, отобранных из подземных вод месторождения [20]. Натурные эксперименты показали, что при использовании биопрепарата идет активная деградация нефтепродуктов.

Микроорганизмы перерабатывают не столько саму нефть, сколько растворимые в воде нефтепродукты, выделяющиеся из

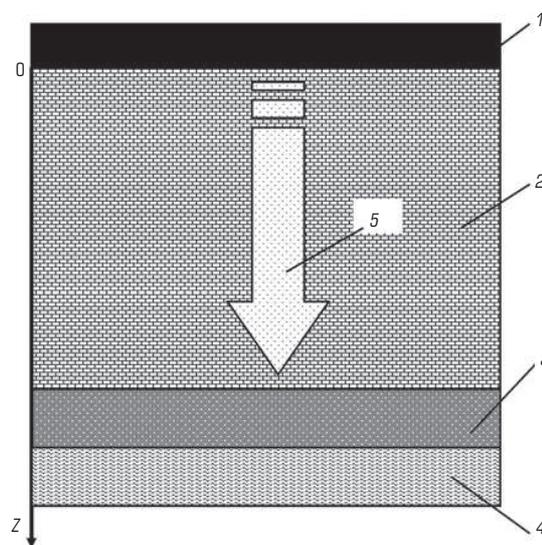


Рис. 3. Расчетная схема переноса загрязнителя через пласт гипса в гидродинамическую ловушку:

- 1 – нефтяной загрязнитель; 2 – пласт гипса;
3 – гидродинамическая ловушка; 4 – водоупор;
5 – фильтрационно-диффузионный поток

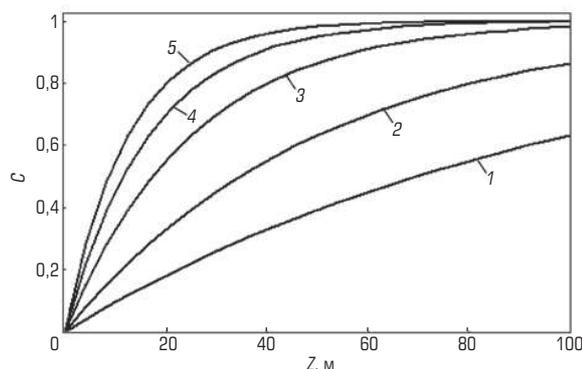


Рис. 4. График зависимости величины концентрации загрязнителя c от глубины z :

- 1, 2, 3, 4, 5 – αD равно, соответственно, 0,01; 0,02; 0,04; 0,06 и 0,08

линзы при фильтрации через нее атмосферных осадков. Эти процессы активно происходят на водно-нефтяном контакте.

По оценкам, для биодеградации 1 т нефтепродуктов необходимо 70 л биопрепарата. При этом интенсивному воздействию препарата подвергаются алканы нормального и изопреноидного строения, а также другие, наиболее подвижные водорастворимые соединения нефти, вносящие основной вклад в загрязнение Камского водохранилища.

Нефть, как указывалось выше, находится в гидродинамической ловушке, и водно-нефтяной контакт является своеобразной

застойной зоной, что обеспечит высокую концентрацию биопрепарата продолжительное время.

По результатам экспериментов рекомендуемая частота внесения препарата в скважину составляет 1 раз в 7–10 дней в количестве 15–20 л. За время экспериментов за счет биодegradации было удалено около 1,9 т компонентов нефти.

Микробиологический метод предполагает использование специально выделенных из природной среды нефтеокисляющих микроорганизмов, которые не являются чужеродными для нее и не оказывают вредного воздействия какого-либо рода.

Заключение

Разработанная технология основана на методах откачки нефти по специальной технологии и интенсификации биохимической деструкции нефти, которые могут использоваться параллельно, поскольку не исключают, а дополняют друг друга.

Расчет экономической эффективности предлагаемой технологии основывается на сопоставлении затрат на ее осуществле-

ние с достигаемым экономическим результатом. Методической основой для расчета являлись нормативные документы «Пособие к СНиП 11-01-95 по разработке раздела проектной документации «Охрана окружающей среды» и «Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды». Исходя из выполненной оценки, срок окупаемости установки при круглосуточной работе составит 55 дней, а абсолютная экономическая эффективность технологии — около 6 млн руб.

Эффективность предлагаемых методов, а именно: высокая степень извлечения нефтепродуктов, возможность использования откаченной нефти для дальнейшей переработки, низкие затраты микробиологического метода, быстрый срок окупаемости, позволит ввести данный перспективный массив в промышленную эксплуатацию, повлечет увеличение балансовых запасов и благоприятно скажется на экономике Западного Урала.

Библиографический список

1. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края : энциклопедия / под ред. А. И. Кудряшова. — Пермь : Книжная площадь, 2006. — 464 с.
2. Даровских Н. А., Кудряшов А. И. Геология и поиски месторождений поделочного гипса. — Пермь : ГИ УрО РАН, 2001. — 161 с.
3. Горбунова К. А., Андрейчук В. Н., Костарев В. П., Максимович Н. Г. Карст и пещеры Пермской области. — Пермь : Изд-во Пермского ун-та, 1992. — 200 с.
4. Середин В. В., Пушкарева М. В., Лейбович Л. О., Бахарев А. О., Татаркин А. В., Филимончиков А. А. Изменение геологической среды при разработке нефтяных месторождений в сложных горно-геологических условиях // Нефтяное хозяйство. 2014. № 12. С. 153–155.
5. Исаев С. В. Методика исследования природно-технических систем нефтяных месторождений Пермского края // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. № 2-1. Т. 18. С. 88–91.
6. Bartolomeo V., Federico M. Engineering problems in karst: Three case history // Engineering Geology for Society and Territory. Vol. 5. Urban Geology, Sustainable Planning and Landscape Exploitation. — Switzerland : Springer International Publishing, 2015. P. 595–601.
7. Красильников П. А., Середин В. В., Леоничев М. Ф. Исследование распределения углеводородов по разрезу грунтового массива // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-14. С. 3100–3104.
8. Баженова О. К., Бурлин Ю. К., Соколов Б. А., Хаин В. Е. Геология и геохимия нефти и газа. — М. : Изд-во МГУ, 2004. — 415 с.
9. Давыдова С. Л., Тагасов В. И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде : учеб. пособие. — М. : Изд-во РУДН, 2004. — 163 с.
10. Ликовский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. — М. : Изд-во МГУ, 1993. — 208 с.
11. Полозов М. Б. Экология нефтегазодобывающего комплекса : учеб. пособие. — Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2012. — 174 с.
12. Тетельмин В. В., Язев В. А. Геология углеводородов : учеб. пособие. — Долгопрудный : ИД «Интеллект», 2009. — 304 с.
13. Быков В. Н. Нефтегазовое карстование. — Пермь : Изд-во Пермского ун-та, 2002. — 351 с.
14. Максимович Н. Г., Мещерякова О. Ю. Методы борьбы с нефтяным загрязнением на закарстованных берегах водохранилищ // Экология урбанизированных территорий. 2009. № 4. С. 55–58.
15. Габбасова И. М., Сулейманов Р. Р., Гарипов Т. Т. Деградация и мелиорация почв при загрязнении нефтепромысловыми сточными водами // Почвоведение. 2013. № 2. P. 226–234.
16. Marchand C., St-Arnaud M., Hogland W., Bell T. H., Hijiri M. Petroleum biodegradation capacity of bacteria and fungi isolated from petroleum-contaminated soil // International Biodeterioration and Biodegradation. 2017. Vol. 116. P. 48–57.
17. Varjani S. J. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons // Bioresource Technology. 2017. Vol. 223. P. 277–286.
18. Wu M., Li W., Dick W. A., Ye X., Chen K., Kost D., Chen L. Bioremediation of hydrocarbon degradation in a petroleum-contaminated soil and microbial population and activity determination // Chemosphere. 2017. Vol. 169. P. 124–130.
19. Пат. 81522 РФ. Установка для откачки нефтесодержащей жидкости из скважины / Л. Н. Попов, Н. Г. Максимович ; заявл. 07.10.2008 ; опубл. 20.03.2009, Бюл. № 8.
20. Пат. 2312719 РФ. Консорциум штаммов углеводородокисляющих бактерий *Pseudomonas aeruginosa* нд кз-1 и *Pseudomonas fluorescens* нд кз-2 в качестве деструктора нефтепродуктов и способ очистки нефтезагрязненных подземных вод / Н. Г. Максимович, В. Т. Хмурчик ; заявл. 15.02.2006 ; опубл. 20.12.2007, Бюл. № 35. **ПК**

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 2, pp. 92–97
DOI: 10.17580/gzh.2017.02.18

Cleaning-up of oil-polluted gypsum deposits in karst areas

Information about authors

N. G. Maksimovich¹, Deputy Director of Scientific Work, Associate Professor, Candidate of Geology-Mineralogical Sciences, nmax54@gmail.com

O. Yu. Meshcheryakova¹, Senior Researcher, Candidate of Engineering Sciences

N. M. Kachurin², Head of a Chair, Professor, Doctor of Engineering Sciences

¹ Natural Science Institute, Perm State University, Perm, Russia

² Tula State University, Tula, Russia

Abstract

The article addresses the problem of pollution of gypsum mining sites during oil recovery in the same area. The process of purification is complicated by numerous karst voids. The mechanism of oil pollution means that a lens of oil forms on the surface of fracture-and-ground water as the pollutant freely flows under conditions of absent overburden, highly developed porosity and due to formation of hydrodynamic trap in the shoreland when soluble oil products flow with underground water with the subaqueous discharge in water basins. In connection with this, the model of the pollutant permeation and diffusion through a gypsum bed is developed. The technology of oil protection of sulphates has been trialed and patented; the technology accounts for features of oil pollution and specific requirements imposed on removal of a pollution source located nearby a large water basin, and includes two approaches: pumping of oil from the lens on the surface of

underground water without water discharge on the ground surface and biological destruction of oil products by activated native microorganisms. The article illustrates the efficiency of the proposed technology: high-rate removal of oil products, availability of pumped oil for further treatment, low cost of the microbiological method, short payback time and possibility of development of a cleaned-up promising deposit, which will enlarge economic resource base and exert favorable effect on the regional economy of West Ural. After the adequate treatment of a polluted area is performed, due to revealing the described pollution mechanism, it is possible to start development of gypsum deposits.

This study has been supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 16-35-00104 mol_a, entitled "Hydrocarbon Migration by Permeation and Diffusion in Karst Areas", and by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, in the framework of the basic part of the Governmental Contract No. 2014/153 No. 269.

Keywords: gypsum deposits, oil pollution, karst, cleaning-up methods, pumping, biodestruction, Perm Territory.

References

1. Mineral resources of Perm krai : encyclopedia. Ed.: A. I. Kudryashov. Perm : Knizhnaya ploshchad, 2006. 464 p.
2. Darovskikh N. A., Kudryashov A. I. Geology and searches of ornamental gypsum deposits. Perm : GI UrO RAN, 2001. 161 p.
3. Gorbunova K. A., Andreychuk V. N., Kostarev V. P., Maksimovich N. G. Karst and caves of Perm oblast. Perm : Izdatelstvo Permskogo universiteta, 1992. 200 p.
4. Seregin V. V., Pushkareva M. V., Leybovich L. O., Bakharev A. O., Tatarin A. V., Filimonchikov A. A. Geological environment changes during oil fields mining in complex mining and geological conditions. *Neftyanoe khozyaystvo*. 2014. No. 12. pp. 153–155.
5. Isaev S. V. Methods of study the natural-technical systems of the oil fields in Perm Krai. *Izvestiya Samarского nauchnogo tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2016. No. 2-1, Vol. 18. pp. 88–91.
6. Bartolomeo V., Federico M. Engineering problems in Karst: Three case history. *Engineering Geology for Society and Territory*. Vol. 5. Urban Geology, Sustainable Planning and Landscape Exploitation. Switzerland : Springer International Publishing, 2015. pp. 595–601.
7. Krasilnikov P. A., Seregin V. V., Leonovich M. F. Investigation of the distribution of hydrocarbons to cut the soil mass. *Fundamentalnye issledovaniya*. 2015. No. 2-14. pp. 3100–3104.
8. Bazhenova O. K., Burlin Yu. K., Sokolov B. A., Khain V. E. Geology and geochemistry of oil and gas. Moscow : Izdatelstvo MGU, 2004. 415 p.
9. Davydova S. L., Tagasov V. I. Oil and oil products in environment : tutorial. Moscow : Izdatelstvo RUDN, 2004. 163 p.
10. Pikovskiy Yu. I. Natural and technogenic flows of hydrocarbons in environment. Moscow : Izdatelstvo MGU, 1993. 208 p.
11. Polozov M. B. Ecology of oil and gas mining complex : tutorial. Izhevsk : Izdatelstvo «Udmurtskiy universitet», 2012. 174 p.
12. Tetelmin V. V., Yazev V. A. Geocology of hydrocarbons : tutorial. Dolgoprudnyy : ID «Intellect», 2009. 304 p.
13. Bykov V. N. Oil and gas karst mining. Perm : Izdatelstvo Permskogo uniersiteta, 2002. 351 p.
14. Maksimovich N. G., Meshcheryakova O. Yu. Methods of struggle with oil pollution on carsted banks of water reserves. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy*. 2009. No. 4. pp. 55–58.
15. Gabbasova I. M., Suleymanov R. R., Garipov T. T. Degradation and remediation of soils polluted with oil-field wastewater. *Pochvovedenie*. 2013. No. 2. pp. 226–234.
16. Marchand C., St-Arnaud M., Hogland W., Bell T. H., Hijri M. Petroleum biodegradation capacity of bacteria and fungi isolated from petroleum-contaminated soil. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2017. Vol. 116. pp. 48–57.
17. Varjani S. J. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons. *Bioresource Technology*. 2017. Vol. 223. pp. 277–286.
18. Wu M., Li W., Dick W. A., Ye X., Chen K., Kost D., Chen L. Bioremediation of hydrocarbon degradation in a petroleum-contaminated soil and microbial population and activity determination. *Chemosphere*. 2017. Vol. 169. pp. 124–130.
19. Popov L. N., Maksimovich N. G. Unit for oil-bearing liquid pumping from well. Patent RF, No. 81522. Applied: 07.10.2008. Published: 20.03.2009. Bulletin No. 8.
20. Maksimovich N. G., Khmurchik V. T. Consortium of strains of hydrocarbon oxidation bacteria pseudomonas aeruginosa nd kz-1 and pseudomonas fluorescens nd kz-2 as a destructor of oil products and method of purification of oil-contaminated underground waters. Patent RF, No. 2312719. Applied: 15.02.2006. Published: 20.12.2007. Bulletin No. 35.



С глубоким прискорбием сообщаем, что на 85-м году жизни скончался Казимир Петрович Николаев, известный специалист в области горного дела, ведущий сотрудник ОАО «Рудпром», кандидат технических наук.

К. П. Николаев прошел славный трудовой путь. Окончив в 1955 г. Днепрпетровский горный институт по специальности «Горный инженер-маркшейдер», он начал работать на производстве – сначала на Южном горно-обогатительном комбинате, а затем на строящемся Новокриворожском ГОКе на инженерных и руководящих профильных должностях. В 1966 г. Казимир Петрович был откомандирован в образованное накануне Министерство черной металлургии СССР в производственный отдел Главного управления горнорудной промышленности (Гравруда) и вскоре был назначен главным технологом этой организации. Поступив в заочную аспирантуру, он в 1967 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию.

С 1976 г. К. П. Николаев работал в ВПО «Союзруда», затем в ОАО «Рудпром» в должности главного специалиста. На протяжении своей многолетней трудовой деятельности Казимир Петрович зарекомендовал себя высококвалифицированным и инициативным работником, проявил выдающиеся организаторские

способности, внес существенный вклад в развитие железорудной отрасли промышленности России.

Большое значение придавал К. П. Николаев популяризации научно-технического прогресса в отрасли. Он опубликовал около 40 статей и 3 монографии. Особо стоит упомянуть вышедшую в 2015 г. книгу «Современная история железорудного дела на территории России и сопредельных государств». Неоднократно он публиковался и в «Горном журнале».

Успехи К. П. Николаева в труде отмечены орденом Трудового Красного Знамени, медалями. Он награжден знаком «Шахтерская слава», ему присвоено звание «Почетный горняк».

Казимир Петрович отличался исключительной порядочностью, добросовестностью, был вдумчивым и очень ответственным человеком. Его дипломатичность помогала решать сложные задачи, находить компромиссные решения среди противоречивых мнений. К. П. Николаев пользовался уважением коллег за высокий профессионализм, преданность делу, неизменную доброжелательность, готовность помочь.

Благодарная память о Казимире Петровиче Николаеве останется в наших сердцах.

ОАО «Рудпром», НКО «Союз горнопромышленников России», ЗАО «Союзруда», редколлегия и редакция «Горного журнала»