

УДК 504.4.054

Методы борьбы с нефтяным загрязнением на закарстованных берегах водохранилищ

Н. Г. Максимович, к. г.-м. н., доцент, зам. директора Естественнонаучного института Пермского государственного университета (ЕНИ ПГУ), nmax@psu.ru,
О. Ю. Мещерякова, м. н. с. ЕНИ ПГУ, mng@psu.ru

В статье рассмотрена проблема загрязнения Камского водохранилища, возникшая при разработке Полазненского месторождения нефти. Основным фактором, способствующим загрязнению, является интенсивная закарстованность берегов водохранилища. Изучен механизм формирования нефтяного загрязнения. В качестве методов борьбы разработаны, опробованы и запатентованы два способа: откачка линзы нефти с поверхности подземных вод и биологическая деструкция нефтепродуктов активизированными аборигенными микроорганизмами.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, карст, экология, водохранилище.

This article deals with the pollution problem of the Кама reservoir during the mining of Polazna oil minefield. The main factor contributing to the pollution is the intensive karstic processes of reservoir banks. The mechanism of the formation of the oil pollution was explored. Two methods were developed, tested and patented for controlling this pollution. They are the pumping out the oil lens from the surface of underground waters and the biological destruction of oil products by active aboriginal microorganisms.

Key words: oil pollution, karst, ecology, water reservoir.

Разработка месторождений нефти неизбежно оказывает негативное воздействие на экологическую обстановку [1, 2, 3]. Наибольший ущерб окружающей среде наносит загрязнение нефтепродуктами, особенно в районах с низкой защищенностью подземных вод, к которым относятся области распространения закарстованных пород, выходящих на поверхность или залегающих на небольшой глубине. Зона аэрации в таких районах отличается крайне высокой проницаемостью вследствие значительной трещиноватости, наличия поноров, воронок, котловин и других карстовых форм. Пустотность массива может достигать 30% и более. Поверхностный сток и, соответственно, загрязнители в таких случаях практически беспрепятственно инфильтруются в массив, загрязняя подземные воды. При значительных утечках нефти трещиноватые зоны и полости могут являться коллекторами нефти и способствовать формированию своеобразных техногенных месторождений.

Ситуация усложняется, если карстующиеся породы залегают на берегах водохранилищ. В этом случае разгрузка подземных вод, содержащих нефтепродукты, приводит к загрязнению поверхностных вод на значительных участках водохранилищ. Загрязнение гидросферы на закарстованных территориях имеет достаточно сложный механизм, обусловленный высокой фильтрационной неоднородностью массива, разностью плотностей нефти и воды, колебанием уровня водохранилища, развитием микробиологических процессов и др.

Механизм нефтяного загрязнения в районе закарстованных берегов изучался на примере Камского водохранилища — основного источника водоснабжения Пермского края. Исследования проводились в районе Полазненского месторождения нефти на прибрежном участке протяженностью 1,2 км. Здесь с 70-х годов XX века фиксируется разгрузка нефтепродуктов.

На значительной территории Пермского края выходят на поверхность или залегают неглубоко от нее карстующиеся породы: известняки, доломитизированные известняки, доломиты, гипсы, ангидриты, соли. Их площадь составляет около 45 тыс. км² или 30% территории края.

Исследуемая территория принадлежит к Полазнинскому участку Полазнинского карстового района преимущественно гипсового и карбонатно-гипсового карста [4].

Значительная приподнятость территории над местным базисом эрозии (до 125 м) и трещиноватость пород способствуют развитию карста.

Проведенными исследованиями установлено, что причина загрязнения водохранилища — линза нефти мощностью 2—3 м на поверхности трещинно-карстовых вод (рис. 1). Источник нефти: разливы, сбросы нефти в карстовые полости и т. д. — в 60—70-е годы, что подтверждено комплексом проведенных исследований. Существуют и другие мнения по поводу источников формирования нефтяной линзы [5]. В настоящее время по данным наблюдений поступления свежей нефти не зафиксированы. По составу нефть линзы близка к нефти разрабатываемой Яснополянской залежи, однако окисленная, утратившая бензиновые фракции и высокомолекулярные парафиновые углеводороды.

Попытки ликвидации нефтяного загрязнения предпринимались различными организациями на протяжении последних 35 лет. Основной ошибкой, по мнению авторов, было недостаточное внимание к механизму загрязнения.

Закарстованный, в том числе и с поверхности, карбонатно-гипсовый массив (до 30% пустотности) явился хорошим коллектором для нефти и имеет тесную гидравлическую связь с водохранилищем. В результате битумизации рыхлых отложений береговой зоны нефть оказалась в своеобразной гидродинамической ловушке (рис. 1).

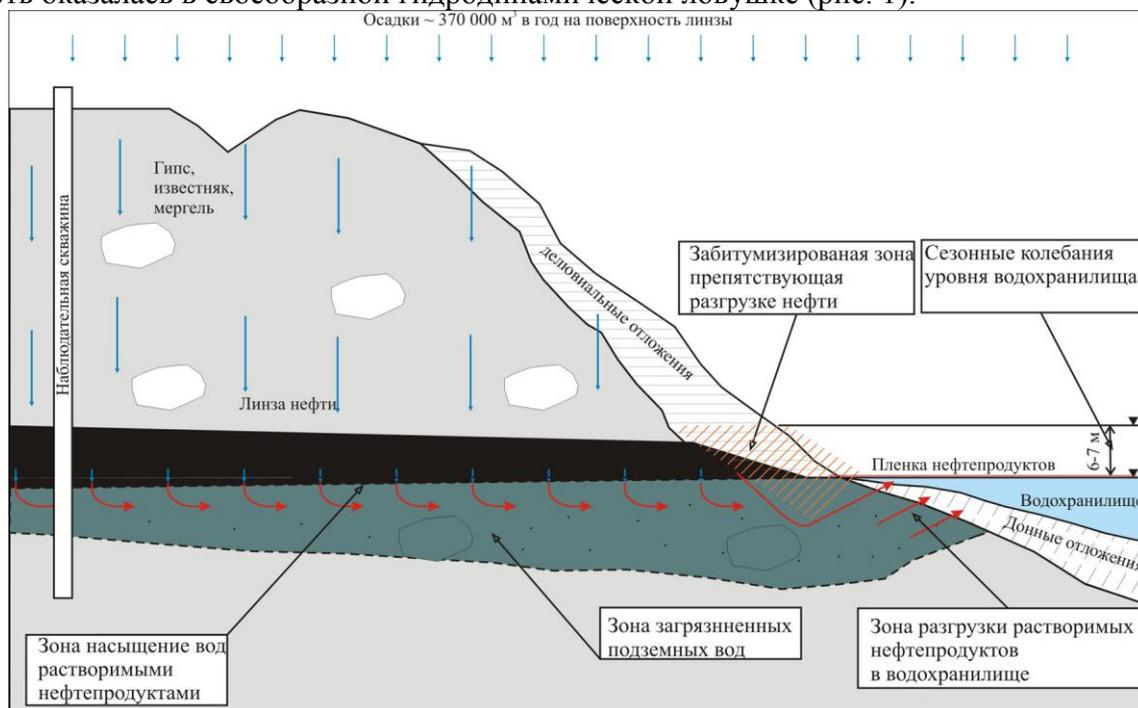


Рис. 1. Механизм загрязнения Камского водохранилища нефтепродуктами

Основной механизм загрязнения вод следующий. Дождевые и талые воды (около 370 тыс. м³ в год, учитывая площадь линзы) инфильтруются в закарстованный 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 году.

Подтверждением этой модели может служить то, что в период межени наблюдается разгрузка в виде родников прозрачной опалесцирующей жидкости (а не нефти) с сильным запахом (рис. 2). После смешивания с водами водохранилища происходит выпадение темных нефтепродуктов.



Рис. 2 Выпадение темных нефтепродуктов при разгрузке загрязненных подземных вод в Камское водохранилище

Высокая закарстованность так называемого Полазненского полуострова, образованного излучиной бывшего русла р. Кама, обуславливает не совсем типичную картину движения подземных вод. Уровни воды в водохранилище практически соответствуют уровням подземных вод. При стабильном уровне водохранилища поток подземных вод направлен вдоль берега — вода движется из Полазненского залива в массив (рис. 3). При сильных колебаниях уровня — из водохранилища или в водохранилище, что подтверждено терморезистивиметрическими исследованиями.

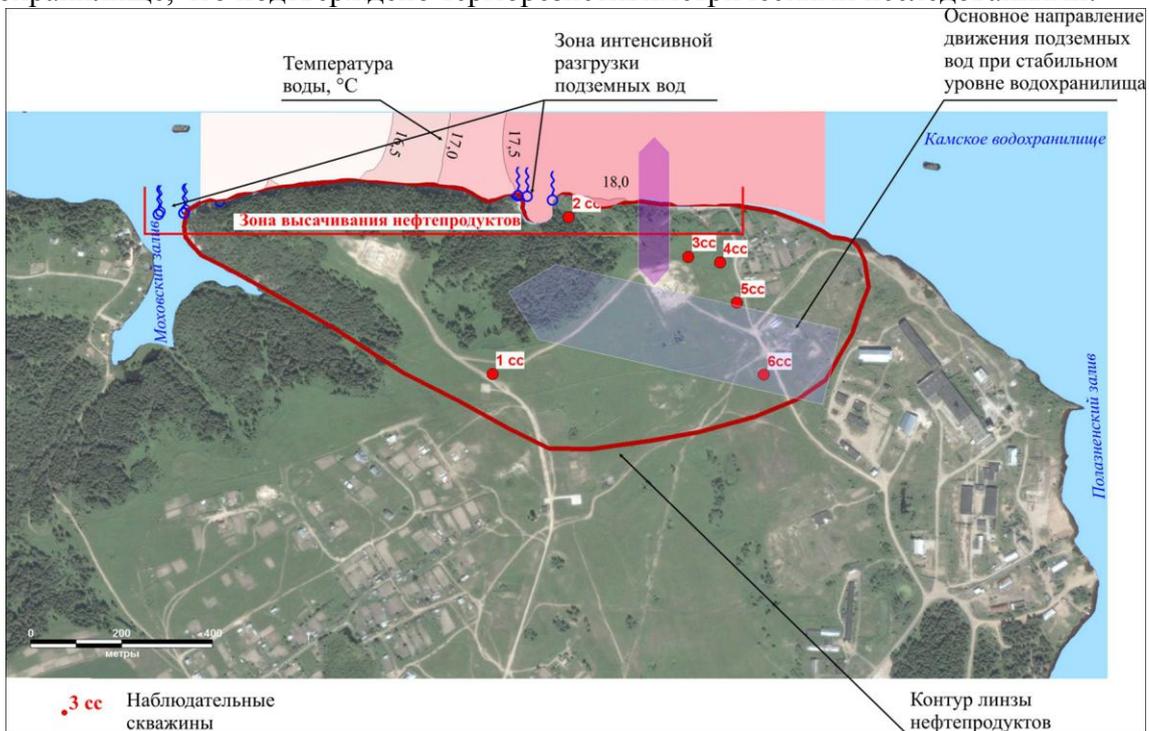


Рис. 3. Загрязнение гидросферы в районе Полазненского месторождения нефти

Такие не совсем обычные условия определили оптимальную стратегию борьбы с загрязнением 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 водохранилище.

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

Для откачки нефти через существующие наблюдательные скважины была разработана, опробована и запатентована специальная установка [6].

В ходе опытно-промышленных работ 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.

Для очистки подземных вод ниже водонефтяного контакта разработан и запатентован микробиологический метод. Для этого выделен консорциум аборигенных активизированных микроорганизмов, отобранных из подземных вод месторождения [7]. Запатентовано также устройство для контроля процессов очистки вод от нефтепродуктов [8]. Натурные эксперименты показали, что при использовании биопрепарата идет активная дегградация нефтепродуктов [9].

Микроорганизмы перерабатывают не столько саму нефть, сколько растворимые в воде нефтепродукты, выделяющиеся из линзы при фильтрации через нее атмосферных осадков. Эти процессы активно происходят на водно-нефтяном контакте.

По оценкам, для биодегградации одной тонны нефтепродуктов необходимо 70 л биопрепарата. При этом интенсивному воздействию препарата подвергаются алканы нормального и изопреноидного строения и другие наиболее подвижные водорастворимые соединения нефти, вносящие основной вклад в загрязнение Камского водохранилища. Нефть, как указывалось выше, находится в гидродинамической ловушке, и водонефтяной 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 биодегградации было удалено около 1,9 тонн компонентов нефти.

Таким образом, выполненные работы показали, что при наличии закарстованных пород механизм загрязнения водохранилища нефтепродуктами имеет достаточно сложный характер и требует специальных методов для реализации природоохранных мероприятий.

Библиографический список

1. Егоренко Л. И., Кочуров Б. И. Геоэкология: Учебное пособие. — М.: Финансы и статистика, 2005. — 320 с.
2. Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. — М: Изд-во МГУ, 1993. - 208 с.
3. Солнцева Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. — М: Изд-во МГУ, 1998. - 375 с.
4. Горбунова К. А., Максимович Н. Г. Техногенное воздействие на закарстованные территории Пермской области // География и природные ресурсы. — 1991. — № 3. — С. 42—46.
5. Оборин А. А., Хмурчик В. Т., Иларионов С. А., Маркарова М. Ю., Назаров А. В.

Нефтезагрязненные биогеоценозы (Процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы): монография. — УрО РАН; Перм. гос. ун-т; Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2008. — 511 с.

6. Пат. 81522 Российская Федерация. Установка для откачки нефтесодержащей жидкости из скважины / Попов Л. Н., Максимович Н. Г.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Пермский государственный университет». — № 2008139538; заявл. 07.10.08; опубл. 20.03.09.

7. Пат. 2312719 Российская Федерация. Консорциум штаммов углеводородокисляющих бактерий *pseudomonas aeruginosa* НД КЗ-2 в качестве деструктора нефтепродуктов и способ очистки нефтезагрязненных подземных вод / Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т.; заявитель и патентообладатель ООО «Лукойл-Пермь». — № 2006104797; заявл. 15.02.06; опубл. 20.12.07, Бюл. № 35.

8. Пат. 54398 Российская Федерация. Пробоотборник / Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т.; заявитель и патентообладатель ФГНУ «Естественнонаучный институт». — № 2005139519/22; заявл. 16.12.05; опубл. 27.06.06, Бюл. № 18 (III ч.).

9. Хмурчик В. Т., Максимович Н. Г. Использование аборигенной микрофлоры для борьбы с нефтяным загрязнением подземных вод // Вестник Пермского университета. Биология. — 2007. - № 5(10). - С. 123-126.