

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЗЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ, СФОРМИРОВАВШЕЙСЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ТРЕЩИННО-КАРСТОВЫХ ВОД В РАЙОНЕ ВОДОХРАНИЛИЩА

О.Ю. Мещерякова

Пермский государственный университет, аспирант 3 года обучения, olgam.psu@gmail.com

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Н.Г. Максимович

Нефтяные месторождения, расположенные на закарстованных берегах водохранилищ, могут являться источником его загрязнения. В районах развития закарстованных пород в случае их близкого залегания или выхода на поверхность происходит поглощение значительной части поверхностного стока. Атмосферные осадки, а также проливы, разливы в т.ч. нефти практически беспрепятственно поглощаются трещинами, воронками, котловинами и другими карстовыми формами. Любые утечки нефти за короткое время попадают в подземные водоносные горизонты. Оценить масштабы загрязнения в закарстованных районах крайне трудно.

Автором была предпринята попытка провести оценку распространения нефтепродуктов в районе одного из месторождений, расположенного на берегу водохранилища, где на поверхности трещинно-карстовых вод сформировалась нефтяная линза.

Оценка была выполнена на основе методики, предложенной В.М. Гольдбергом и др. [2]. Согласно данной методике, для понимания масштаба проблемы проводится оценка как самой линзы, так и разгрузки загрязненных нефтепродуктами подземных вод в водохранилище.

Оценка плавающей линзы нефтепродуктов. Показателями техногенной плавающей линзы являются: конфигурация, линейные размеры (длина, ширина), величина занимаемой площади, распределение мощности нефтепродукта и средняя мощность, запасы нефтепродуктов в линзе (общие и извлекаемые), соотношение средних мощностей слоя нефтепродукта и слоя подошвенных грунтовых вод [2]. Форму линзы необходимо знать для выделения ее характерных размеров (длины и ширины, если линза имеет вытянутую форму; радиуса, если линза близка к круговой форме), что необходимо при оценке величины площади и запасов нефтепродуктов в линзе. Это имеет также значение при выборе систем извлечения нефтепродукта из линзы и ее локализации для предотвращения распространения по водоносному горизонту.

Площадь рассматриваемой линзы нефтепродуктов оценивалась по данным полевых работ и режимным наблюдениям:

$$F \approx 600\,000 \text{ м}^2 = 60 \text{ га} \quad (1)$$

По классификации В.М. Гольдберга и др. [2] линза по значению площади имеет IV градацию. Важнейшим показателем линзы является ее **мощность**:

$$m_{\text{н}} = \frac{m_{\text{н}(1)} + m_{\text{н}(2)} + \dots + m_{\text{н}(n)}}{N}, \quad (2)$$

где N - количество определений мощности нефтепродукта на площади линзы; $m_{\text{н}(1)}$, $m_{\text{н}(2)}$, $m_{\text{н}(n)}$ - мощности линзы нефтепродуктов в отдельных точках.

На основе данных по режимным наблюдениям в скважинах мощность линзы равна:

$$m_{\text{н}} = \frac{346,9}{320} = 1,08 \text{ (м)}. \quad (3)$$

По данному значению мощность линзы относится к III категории.

Запасы нефтепродуктов в линзе разделяются на общие (W_o) и извлекаемые (W_u): первые отражают объем нефтепродуктов, содержащихся в грунтах внутри контура линзы; вторые показывают, какую часть общих запасов можно извлечь из линзы.

Общие запасы (объемные) определяются по формуле:

$$W_o = F m_{\text{н}} n, \quad (4)$$

где n - коэффициент пустотности грунтов, насыщенных нефтепродуктами (для закарстованных территорий значение данного показателя характерно около 30%); F и $m_{\text{н}}$ - соответственно площадь линзы и средняя мощность нефтепродуктов в линзе.

$$W_o = 600\,000\text{ м}^2 * 1,08\text{ м} * 0,3 = 194\,400\text{ м}^3. \quad (5)$$

Данное значение общих запасов линзы нефтепродуктов принадлежит к VII категории.

Линзы с категориями запасов от IV и выше могут представить промышленный интерес в местных масштабах.

Извлекаемые запасы (W_u) определяются по формуле:

$$W_u = W_o \varepsilon_H, \quad (6)$$

где ε_H – коэффициент нефтеотдачи, который характеризует долю извлекаемых из линзы нефтепродуктов; его величина в практике нефтедобычи варьирует от 20 до 60%; для оценки запасов, извлекаемых из линзы нефтепродуктов, W_u можно принять в интервале 30 – 40% (по обычным технологиям).

$$W_u = 194\,400\text{ м}^3 * 0,35 = 68\,040\text{ м}^3. \quad (7)$$

Таким образом, по результатам оценки линзы нефтепродуктов (табл. 1) можно говорить о ее значительных размерах, что в свою очередь говорит о возможности ее эксплуатации в промышленных целях.

Таблица 1 Результаты оценки линзы нефтепродуктов

Показатель	Значение	Категория (унифицированная запись по [2])
Площадь (F), м ²	600 000	F(VI)
Мощность (m _H), м	1,08	m _H (III)
Общие запасы (W _o), м ³	194 400	W _o (VII)
Извлекаемые запасы (W _u), м ³	68 040	-

Оценка разгрузки загрязненных нефтепродуктами подземных вод в водохранилище. Оценка разгрузки загрязненных нефтепродуктами подземных вод в водохранилище сводится к расчету расхода разгружающихся загрязненных подземных вод и количества нефтепродуктов, сносимых в водоем разгружающимися подземными водами.

Расход загрязненных подземных вод в водохранилище (Q_3) может быть оценен по формуле:

$$Q_3 = L m k I, \quad (8)$$

где L – ширина прибрежного участка, в пределах которого происходит разгрузка загрязненных подземных вод в водохранилище (рассматривается участок интенсивной разгрузки); m – средняя мощность водоносного горизонта в прибрежной зоне (по данным бурения), k – коэффициент фильтрации, I – уклон потока подземных вод.

Для расчетов необходимо вычислить коэффициент фильтрации и уклон потока:

$$k_\phi = k' \frac{\gamma}{\mu}, \quad (9)$$

где k' – коэффициент проницаемости (Д), γ – удельный вес воды (г/см³), μ – вязкость воды (н*с/м²).

$$\gamma \approx 6,45 * 10^{-4} * M + 1 \quad (M - \text{минерализация, г/л}), \quad (10)$$

$$\gamma \approx 6,45 * 10^{-4} * 3,41 + 1 = 1,002 \text{ (г/см}^3\text{)}, \quad (11)$$

Динамическая вязкость воды при $t = 4^\circ\text{C} = 1,005 * 10^{-3} \text{ н*с/м}^2$.

Для определения значения коэффициента проницаемости k' воспользуемся классификацией Н.А. Плотникова [1] для хорошо проницаемых пород (закарстованных, трещиноватых). Значение k' с учетом условий местности лежит в пределах 58,8 – 68,8 Д. Используем для расчетов среднее значение: $k' = 63,8$ (Д)

$$k_\phi = 63,8 \frac{1,002}{1,005} = 63,61 \text{ (м/сут)} \quad (12)$$

Уклон потока вычисляется по следующей формуле:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{N'}, \quad (13)$$

где H_1 и H_2 – значения соседних изолиний, N' – расстояние по нормали между соседними гидроизогипсами с учетом масштаба карты.

Оценка выноса нефтезагрязненных вод производится на момент весенней межени, т.е. для минимальных уровней водохранилища.

$$I = \frac{135 - 134}{31,3} = 0,03$$

$$Q_3 = 383 \text{ м} * 18 \text{ м} * 63,61 \text{ м/сут} * 0,03 = 13\ 155,8 \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (14)$$

Количество нефтепродуктов, сносимых в водоем разгружающимися подземными водами из области их углеводородного загрязнения (W_3), приближенно равно:

$$W_3 = Q_3 C_3, \quad (15)$$

где C_3 – концентрация углеводородов в подземных водах в прибрежной зоне.

$$W_3 = 13\ 155,8 \text{ м}^3/\text{сут} * 15,36 \text{ г/м}^3 = 202\ 073 \text{ г/сут} = 202 \text{ кг/сут}. \quad (16)$$

Результаты оценки разгрузки загрязненных нефтепродуктами подземных вод в водохранилище сведены в таблице 2.

Таблица 2 Результаты оценки разгрузки загрязненных нефтепродуктами подземных вод в водохранилище

Показатель	Значение
Расход загрязненных подземных вод в водохранилище, м ³ /сут	13 155,8
Количество нефтепродуктов, сносимых в водоем разгружающимися подземными водами, кг/сут	202

Исходя из вышеизложенных расчетов, можно сделать вывод о том, что размеры сформировавшейся линзы нефтепродуктов в районе рассматриваемого месторождения нефти и, следовательно, ее влияние на водохранилище весьма значительные, а запасы нефти в линзе таковы, что их можно рассматривать как эксплуатационные. Таким образом, откачка нефтепродуктов из линзы будет иметь положительный эффект и с экологической, и с экономической точки зрения.

Расчеты выполнены с существенными допущениями. Для более достоверных данных необходимо проведение комплекса работ и специальных исследований.

Работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ 10-05-96017 р_урал_а «Теоретические основы создания искусственных геохимических барьеров для защиты окружающей среды при освоении природных ресурсов Западного Урала».

Литература

1. Основы гидрогеологии. Общая гидрогеология / под редакцией Е.В. Пиннекера. – Новосибирск: Наука, 1980. – 225 с.

2. Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия/ Гольдберг В.М., Зверев В.П., Арбузов А.И. и др.; Институт геоэкологии РАН. – М.: Наука, 2001. – 125 с.