

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ БЕЗДЕЙСТВУЮЩИХ НАКОПИТЕЛЕЙ ОТХОДОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Чертес К.Л., Сеянко А.П., Букин А.А.

Самарский государственный технический университет, Самара

Ключевые слова: загрязненная геологическая среда, объекты накопленного экологического вреда, экскавация, подземные воды, технология высоконапорной подачи раствора, критериально-параметрическая оценка.

Аннотация. Загрязнения с поверхности вместе с атмосферными осадками поступают в геологическую среду, где аккумулируются по всей высоте разреза вплоть до первого водоупора. От шламонакопителей, хвостохранилищ, полигонов и других объектов накопленного экологического вреда (ОНЭВ) загрязнения были обнаружены на глубинах более 100 м от поверхности земли и на расстоянии в несколько километров ниже по потоку подземных вод, вплоть до области их разгрузки в водоисточник. Это говорит о том, что извлечение и переработка шламовых тел, массивов твердых отходов не решает полностью проблему ОНЭВ до тех пор, пока не будет очищена загрязненная геосреда.

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES FOR THE ELIMINATION OF INACTIVE WASTE ACCUMULATORS OF THE OIL AND GAS INDUSTRY

Chertes K.L., Seyanko A.P., Bukin A.A.

Samara State Technical University, Samara

Keywords: polluted geological environment, objects of accumulated environmental damage, excavation, groundwater, technology of high-pressure solution supply, criterion-parametric assessment.

Abstract. Pollution from the surface, together with atmospheric precipitation, enters the geological environment, where it accumulates along the entire height of the section up to the first water barrier. From sludge accumulators, tailings dumps, landfills and other objects of accumulated environmental damage (OAED), pollution was detected at depths of more than 100 m from the earth's surface and at a distance of several kilometers downstream of groundwater, up to the area of their discharge into the water source. This suggests that the extraction and processing of sludge bodies, solid waste arrays does not completely solve the problem of OAED until the contaminated geo-environment is cleaned up.

Одним из наиболее распространённых методов ликвидации загрязнений в геосреде выступает экскавация, биохимическое или химическое обезвреживание отходов на поверхности и последующий возврат в выемку в качестве вторичных рекультивационных материалов.

Именно с применением экскавации производят переработку отходов и обезвреживание загрязненных грунтов при ликвидации бездействующих шламонакопителей.

Экскавацию проводят в горизонтах нарушенной отходами геосреды до глубин 10 м, соответствующих максимальной возможности вылета ковша землеройно-погрузочной техники.

На глубинах более 10 м экскавация затруднена. Здесь целесообразно применять методы промывки геосреды с использованием сооружений закачки реагентных растворов, сбора загрязненных подземных вод и их очистки [1].

Промывка выступает методом, не нарушающим механическую сплошность геосреды. Меняется фазово-дисперсный состав загрязнений. Из связанного состояния они переходят в раствор и извлекаются из него на специально создаваемых очистных сооружениях [1, 2].

Целью исследований выступило обоснование выбора и создание технологий ликвидации бездействующих шламонакопителей, включая прогнозирование потоков загрязнений в геосреде, высоконапорную промывку грунтов и их последующее использование в качестве вторичных материальных ресурсов.

Для достижения поставленной цели выполняли следующие задачи.

1. Разработка параметров оценки бездействующих шламонакопителей, как источников загрязнения геосреды, для последующего обоснования необходимости производства ликвидационных работ.

2. Формулировка критериев прогнозирования потоков загрязнений в элементах геосреды, включающих шламовые тела, нарушенные породы зоны аэрации, подземные воды и водоисточники области разгрузки.

3. Моделирование потоков загрязнений в геосредах с неоднородными фильтрационно-реологическими характеристиками с использованием предлагаемых критериев прогнозирования.

4. Проведение промышленного эксперимента по высоконапорной промывке, с использованием методов, способствующих увеличению проницаемости пород и снижению вязкости распределенных в их порах загрязненных жидкостей.

5. Разработка технологической схемы и конструктивно-компоновочного оформления предприятий по ликвидации бездействующих шламонакопителей с использованием методов высоконапорной реагентной промывки.

Методы промывки сопряжены с созданием систем перфорированных скважин, использованием мобильных нагнетательных устройств, а также сооружений перехвата, сбора, извлечения и дальнейшей очистки обработанных реагентом сточных вод.

В горизонтах 10-15 м от земной поверхности, давление нагнетания очистных растворов в геосреду составляет не более 10-15 атм. Для равномерной подачи реагента в загрязненные горизонты используют стандартное насосное оборудование.

В горизонтах более 10-15 м раствор необходимо подать под давлением от 100 до 1000 атмосфер. Здесь необходимо применение высоконапорных нагнетательных устройств [1, 2].

В практике защиты геосреды высоконапорная технология подачи раствора под давлением до 400 атм. впервые была применена для создания периметрального пояса из грунтоцементных свай на территории накопителя чрезвычайно опасных отходов (1 класс) бывшего предприятия по производству боевых отравляющих веществ [3].

Здесь, в систему перфорированных скважин глубиной более 20 метров подавался цементный раствор. Технология использовалась для укрепления геосреды (рис. 1).



Рис. 1. Технология высоконапорной подачи раствора

В ходе строительства был проведен промышленный эксперимент по подаче в геосреду, наряду с цементным раствором, раствора флокулянта для обработки загрязнений над первым региональным водоупором. Эксперимент был направлен на обеспечение возможности улучшения естественной промывки загрязненных шламонакопителем фрагментов геосреды управляемым высоконапорным воздействием.

Предполагалось, что под давлением в пределах 100-1000 атмосфер, вынос загрязнений будет происходить за счет повышения проницаемости грунтов и снижения вязкости загрязненной жидкой фазы [4].

Основными граничными условиями применения высоконапорного воздействия на геосреду принято считать:

- наличие регионального водоупора;
- применение периметральных защитных сооружений (шпунтов или стен в грунте; дренаж и сбор загрязненных вод; обезвреживание на очистных сооружениях);
- отсутствие геоэкологических и техногенных обременений.

В результате проведения исследований, были сформированы следующие основные теоретические положения проблемы очистки геосреды.

1. Не каждый загрязненный фрагмент геосреды может подвергаться высоконапорному воздействию, так же как не всегда технологию промывки целесообразно применять для очистки геосреды. Необходим подход к очистке, как системе выделенных элементов: «источник загрязнения – загрязненные породы зоны аэрации – подземные воды – область разгрузки подземных вод»

2. Необходима критериально-параметрическая оценка целесообразности применения высоконапорной промывки для каждого конкретного участка геосреды. Параметры и критерии такой оценки для нескольких шламонакопителей представлены в таблице 1 [5].

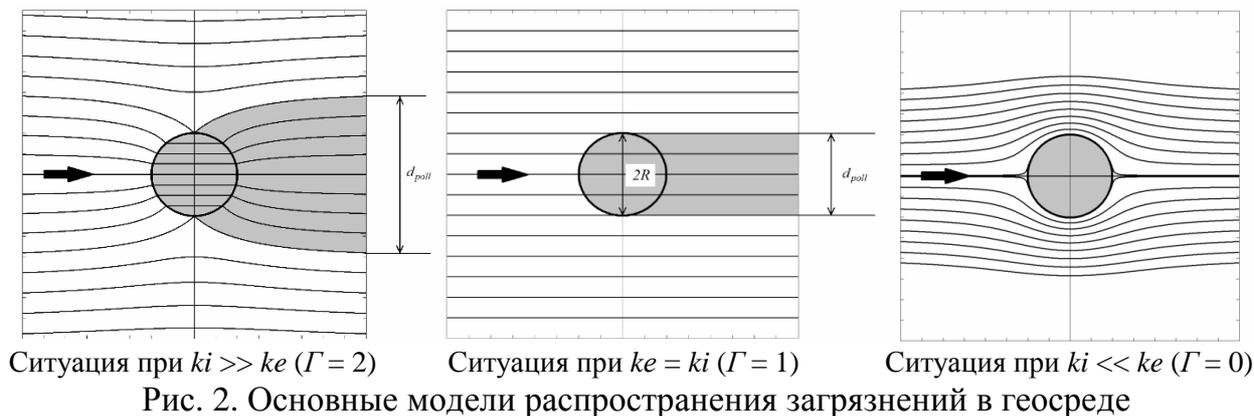
Табл. 1. Основные параметры системы «накопитель-геосреда»

Наименование объекта		Иловые площадки (Самара)	Буферный пруд КНПЗ	Иловые площадки (Сызрань)	Иловые площадки (Тольятти)	Иловые площадки (Чапаевск)
Входные параметры	$H_{\text{водоупн}}$, м	25	25	25	40	25
	$H_{\text{гр.в.}}$, м	3,5	3	2	5	3
	$H_{\text{ф}}$, м	21,5	22	23	35	22
	$I_{\text{ср}}$	0,011	0,008	0,133	0,002	0,004
	$K_{\text{ф}}$, м/с	$1,2 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-6}$	$4,2 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-6}$
	K_i , м ²	$1,2 \times 10^{-10}$	$3,4 \times 10^{-11}$	$5,7 \times 10^{-12}$	$3,6 \times 10^{-10}$	$3,3 \times 10^{-11}$
	K_e , м ²	$1,2 \times 10^{-11}$	$1,4 \times 10^{-13}$	$4,2 \times 10^{-13}$	$2,0 \times 10^{-11}$	$1,5 \times 10^{-13}$
	C_{sat} , кг/м ³	7	5	2	3	2
	$\Pi_{\text{пр}}$	10	242,86	13,57	18	220
	Γ	1,82	1,99	1,86	1,89	1,99
	$R_{\text{шл}}$, тыс.м	1,2	0,3	0,3	0,5	0,25
	$R_{\text{оз}}$, тыс.м	2,2	0,6	0,6	0,9	0,5
	$S_{\text{ф.гс.}}$, тыс м ²	84,4	23,7	23,1	68,2	19,7
$\Pi\text{З}$, м/с	$1,3 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-8}$	$5,6 \times 10^{-7}$	$4,0 \times 10^{-7}$	$6,0 \times 10^{-9}$	
Выходные параметры	V_{poll} , м ³ /с	0,112	0,0003	0,013	0,027	0,0001
	M_{poll} , кг/с	0,78	0,0014	0,026	0,08	0,0002

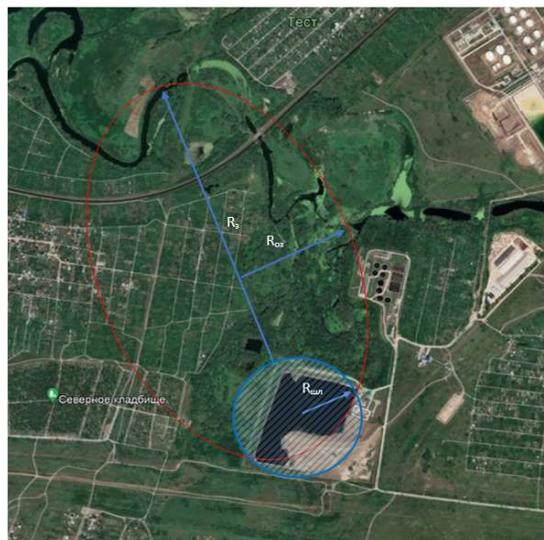
Примечание: $H_{\text{водоупн}}$ – глубина расположения водоупора; $H_{\text{гр.в.}}$ – отметка поверхности первого водоносного горизонта; $H_{\text{ф}}$ – толщина фронта фильтрации; $I_{\text{ср}}$ – градиент напора подземных вод; $K_{\text{ф}}$ – коэффициент фильтрации; K_i – коэффициент проницаемости шлама; K_e – коэффициент проницаемости геосреды; C_{sat} – концентрация насыщения ключевого загрязнителя; $\Pi_{\text{пр}}$ – показатель проницаемости ($\Pi_{\text{пр}} = K_{\text{шл}}/K_{\text{гс}}$); Γ – коэффициент расширения (во сколько раз ширина канала загрязненной воды за зоной загрязнения шире диаметра зоны загрязнения; $\Gamma = (\Pi_{\text{пр}} \times 2)/(1 + \Pi_{\text{пр}})$); $R_{\text{шл}}$ – максимальный радиус шламowego тела; $R_{\text{оз}}$ – максимальный радиус ореола загрязнения; $S_{\text{ф.гс.}}$ – поперечная площадь фильтрации геосреды; $\Pi\text{З}$ – поток загрязнений; V_{poll} – производительность зоны загрязнений ($V_{\text{poll}} = \Pi\text{З} \times S_{\text{ф.гс.}} \times 1000$); M_{poll} – масса выносимых загрязнений ($M_{\text{poll}} = V_{\text{poll}} \times C_{\text{sat}}$).

3. Необходимо численное и графическое моделирование потоков загрязнений в геосредах различной проницаемости и вязкости. Существует три основные модели распространения загрязнений в геосреде (рис. 2) [6, 7].

По аналогии с приведенными моделями распространения, используя данные по шламонакопителям, были определены ореолы загрязнения геосреды (рис. 3).



Иловые площадки (Сызрань)



Буферный пруд КНПЗ

Рис. 3. Ореолы загрязнения геосреды

4. При моделировании, наряду с фильтрационно-реологическим подходом необходимо рассмотрение системы «накопитель – геосреда», в качестве системы вынужденных гармонических колебаний. Данная система предложена в работе Петренко Е.Н. [8].

Список литературы

1. Чертес К.Л., Букин А.А., Бухман Н.С., Пыстин В.Н., Сеянко А.П., Тупицына О.В. Прогнозирование и ликвидация загрязнений в экосистемах, сформированных выведенными из эксплуатации шламонакопителями // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, №7. – С. 1089-1103.
2. Чертес К.Л., Тупицына О.В., Пыстин В.Н., Шишкин В.Я., Михасек А.А., Петренко Е.Н., Букин А.А., Сергеева А.В., Шерстобитов Д.Н. Геоинженерная защита территорий, нарушенных объектами накопленного экологического вреда // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, №4. – С. 10-15.
3. Захаров С.В., Радченко В.Г., Семенов Ю.Д., Сулимов В.С., Смоленков В.Ю., Таймасханов А.М. Метод струйной цементации в гидротехническом строительстве // Гидротехническое строительство. – 2008. – № 4. – С. 2-11.
4. Патент №2752983 РФ. Способ очистки нефтезагрязненного грунта с применением высоконапорной технологии / О.В. Тупицына, К.Л. Чертес, В.Н. Пыстин, Е.Н. Петренко, А.А. Букин, Д.Н. Шерстобитов, Д.Е. Быков, Г.Г. Гилаев. – Заявка №2020135452 от 27.10.2020; опубл. 11.08.2021.
5. Чертес К.Л., Сеянко А.П. Ликвидация накопителей осадков сточных вод // Потаповские чтения – 2023: Сборник материалов VIII ежегодной Всероссийской научно-практической

конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Дмитриевича Потапова, Москва, 16 мая 2023 года. – Москва, 2023. – С. 18-24.

6. Бетяев С.К. Локальные теории в гидродинамике. Уравнение Навье–Стокса: задачи, математические модели, решения // Труды ЦАГИ. – 2010. – №2687. – С. 1-80.
7. Леонтьев Н.Е. Основы теории фильтрации. – М.: Изд-во ЦПИ при механико-математическом факультете МГУ, 2009. – 88 с.
8. Петренко Е.Н. Комплексная экологическая система оценки и ликвидации техногенных залежей углеводородов: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Самара, 2022. – 122 с.

Сведения об авторах:

Чертес Константин Львович – д.т.н., профессор;

Сеяно Артем Петрович – магистрант;

Букин Алексей Александрович – аспирант.