

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ГРАДОПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF CONSTRUCTION WORKS AT URBAN AREAS

В.В. АЛЕКСАШИНА, П.Н. КУРАНОВ, О.А. ДРОЗДОВА
V.V. ALEKSASHINA, P.N. KURANOV, O.A. DROZDOVA

(Юго-Западный государственный университет, ЗАО "ДАР/ВОДГЕО")
(South-West State University, JSC "DAR/VODGEO")
E-mail: pnkur@darvodgeo.ru

Статья посвящена экологической безопасности строительства и городского хозяйства на градопромышленных территориях, подверженных техноприродным рискам. Использована методология наилучших доступных технологий (НДТ), включающая технологию оценки опасности нефтяного загрязнения и риски функционирования загрязненных территорий.

The article considers the environmental safety of construction works and municipal services at urban areas exposed to man-made and natural risks. The methodology of best available techniques (BAT) is used, including risk assessment technology of oil contamination and the risks of contaminated areas functioning.

Ключевые слова: градопромышленные территории, техноприродные риски, нефтяное загрязнение, наилучшие доступные технологии.

Keywords: urban and industrial areas, man-made and natural risks, oil contamination, the best available techniques.

Одним из наиболее распространенных опасных техноприродных процессов, оказывающих негативное воздействие на разные аспекты строительства и городского хозяйства, является нефтяное загрязнение градопромышленных территорий [1], [2].

В рамках теоретических исследований данной проблемы за основу предложено [3], [4] использовать методологию наилучших доступных технологий (НДТ), включающую в себя технологию оценки опасности нефтяного загрязнения, уязвимости градопромышленной территории, безопасности и риска функционирования градопромышленной территории, подверженной нефтяному загрязнению. Кроме того, методология НДТ включает в себя систему гидротехнических мероприятий,

рассматриваемую в качестве доступной технологии, позволяющей обеспечивать допустимый уровень экологической безопасности на рассматриваемой территории. Для обоснования НДТ при оценках экологической безопасности градопромышленных территорий, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, используется методология риска [5]. На этой методологии разработаны теоретические основы и методические указания, позволяющие оценивать эффективность защитных и рекультивационных работ [6].

Рассмотрим результаты ликвидации нефтяного загрязнения на территории одной из воинских частей РФ (участок, расположенный в Ленинградской области,

примыкающий к береговой линии Ладожского озера).

Краткая геолого-гидрогеологическая характеристика участка работ. В геологическом строении территории в пределах изученной глубины присутствуют моренные образования, представленные супесями, суглинками с включением глин, содержащими различное количество гравия, гальки и валунов. С поверхности моренные отложения частично перекрыты тех-

ногенными отложениями, представляющими собой переотложенные грунты, насыпи дорог, отвалы угольной котельной, бытовые свалки и пр.

Моренные отложения являются водовмещающими для вод первого с поверхности водоносного горизонта. Грунтовые воды при бурении вскрыты на глубине 0,8...1,0 м.

На рис. 1 представлена карта фактического материала.

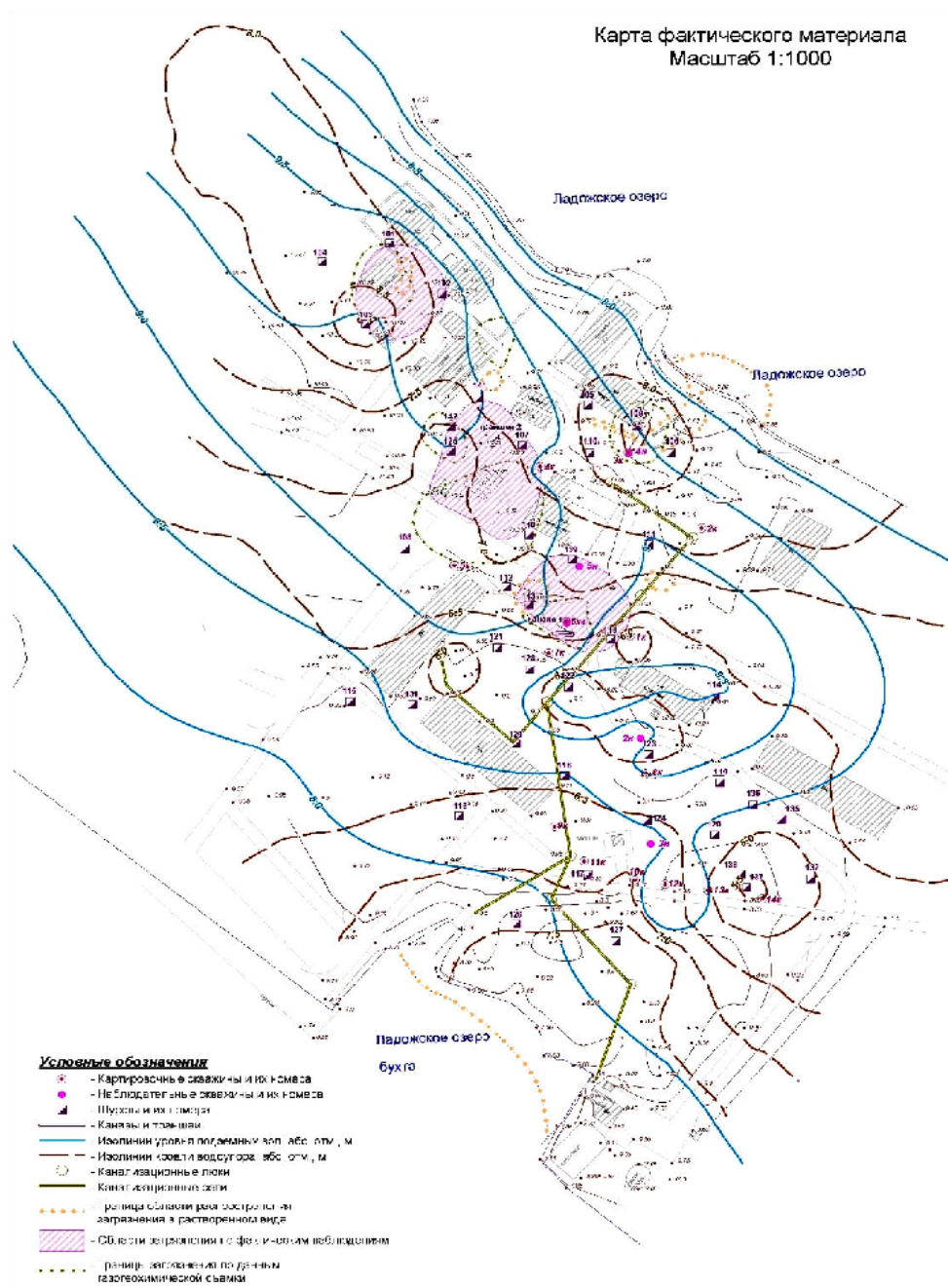


Рис. 1

Выявлены следы нефтепродуктов, образование которых было связано с настоящими и прошлыми проливами. Участки загрязнения нефтепродуктами также определялись по результатам проведения шпуровой геохимической съемки и по данным наблюдений в контрольных и наблюдательных скважинах.

Было выявлено три участка распространения нефтепродуктов в свободной фазе, а также области, загрязненные нефтепродуктами в растворенном виде [6]. Распространение этих загрязнений может быть описано системой уравнений фильтрации для областей полного и неполного насыщения:

$$\frac{\partial q_i}{\partial x_i} = -Q + [\beta + \eta] \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (1)$$

$$h = P^b / \rho^b g,$$

$$q_i = -K \left(\frac{\partial h}{\partial x_i} + x_2 \right), \quad (2)$$

где P^b – поровое давление воды; ρ^b – плотность воды; g – ускорение силы тяжести; h [L] – давление воды, определяемое высотой водного столба; Q [T⁻¹] – удельная интенсивность источников-стоков; x_i ($i = 1, 2$) [L] – декартовы координаты (x_1 – горизонтальная координата, x_2 – вертикальная координата); t [T] – время; β и η – дифференциальная влагоемкость и коэффициент упругой емкости, которые:

$$\beta = \begin{cases} \frac{\partial S}{\partial h}, & h < 0 \\ 0, & h \geq 0 \end{cases}; \quad \eta = \begin{cases} 0, & h < 0 \\ 10^{-3} \dots 10^{-6}, & h < 0 \end{cases}$$

где S [L³L⁻³] – объемное влагосодержание; K [LT⁻¹] – коэффициент фильтрации, принимает следующие значения:

$$K(h) = \begin{cases} K_s K_r, & h < 0, \text{ ненасыщенная область,} \\ K_s, & h \geq 0, \text{ насыщенная область,} \end{cases}$$

где K_s – коэффициент фильтрации в зоне полного насыщения; K_r – относительная проницаемость, зависящая от насыщенности.

Водонасыщенность порового пространства водой определяется согласно:

$$\hat{S} = \frac{S - S_m}{S_s - S_m},$$

где S_m – минимальное влагосодержание; S_s – влагосодержание при насыщенных условиях.

Связь влагосодержания и давления осуществляется на основе уравнения состояния Ван-Генухтена [7]:

$$K_r = \hat{S}^{1/2} \left[1 - (1 - \hat{S}^{1/m})^m \right]^2, \quad (3)$$

$$S(h) = \begin{cases} S_m + \frac{S_s - S_m}{\left[1 + |\alpha h|^n \right]^m}, & h < 0, \\ S_s, & h \geq 0, \end{cases} \quad (4)$$

$$m = 1 - 1/n.$$

Приведенные уравнения реализованы в виде модели насыщенно-ненасыщенной фильтрации, которую следует рассматривать как элемент доступной технологии для обоснования защитных сооружений. Разработанная модель была использована для проведения расчетов извлечения техногенных нефтепродуктов.

Для определения капиллярных параметров проведены специальные лабораторные исследования на капилляриметре и потокомере. При определении всасывающего давления образца грунта образец насыщается и помещается между двумя камерами, в которых поддерживается постоянное всасывающее давление воды, и регистрируется протекший внутри объема расход воды. Определение коэффициента фильтрации производится по установившемуся расходу.

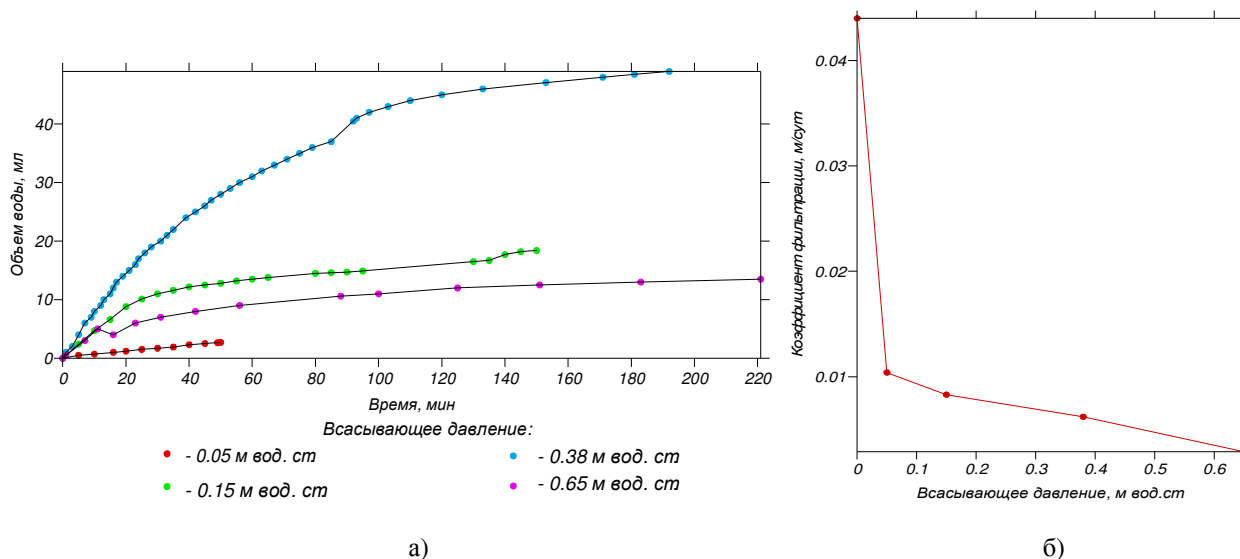


Рис. 2

На рис. 2-а (фильтрация через монолит при различных всасывающих давлениях) представлена релаксация расхода к установившемуся значению для четырех значений всасывающего давления: $P_1 = 0,05$ м вод.ст.; $P_2 = 0,15$ м вод.ст.; $P_3 = 0,38$ м вод.ст.; $P_4 = 0,65$ м вод.ст., полученных для образца из шурфа. Разность давлений в обеих камерах определяет градиент напора при фильтрации воды в образце (градиент напора равен 0,7). По результатам исследований влагопроводности образца для различных значений всасывающего давления P построены $K(P)$ (рис. 2-б – график зависимости коэффициента фильтрации от всасывающего давления).

Последние четыре точки получены прямым измерением расхода в потокомере. Для того чтобы получить значение $K(P)$ в точке $P = 0.0$ (первая точка), использовалась модель Ван-Генухтена.

При определении влагоудерживающей способности образец насыщается (при этом $P = 0$) и приводится в контакт с эталонным телом, имеющим заданное всасывающее давление, например P_1 . Между образцом и эталонным телом устанавливается термодинамическое равновесие, в результате которого часть избыточной влаги из образца переходит в эталонное тело. Далее следует циклический процесс.

Регистрируется количество воды V_i , перетекающей из образца в эталонное тело

при известной разности $P_{i-1} - P_i$, где P_{i-1} – начальное (для i -й ступени), всасывающее давление образца, оно же всасывающее давление эталонного тела (для $(i-1)$ -й ступени), P_i – всасывающее давление эталонного тела (для i -й ступени). Достигнув последней – n -ступени всасывающего давления, образец извлекается из капилляриметра, взвешивается при $P = P_n$ (табл. 1, гр. 7 – влагосодержание образца при различных всасывающих давлениях). Таким образом, определяется остаток влаги в образце между P_n и $P = \infty$ (что соответствует сухому образцу). Далее из известной потери влаги образцом (табл. 1, гр. 7 – влагосодержание образца при различных всасывающих давлениях). Объемная влажность полного насыщения (табл. 1, гр. 7 – влагосодержание образца при различных всасывающих давлениях) восстанавливается в образце на каждой ступени разрежения (табл. 1, гр. 5 – влагосодержание образца при различных всасывающих давлениях), начиная с полного насыщения. Затем определяется влагоудерживающая способность (табл. 1, гр. 6 – влагосодержание образца при различных всасывающих давлениях). В табл. 1, гр. 4 – влагосодержание образца при различных всасывающих давлениях, представлен объем вытекшей из образца избыточной влаги на данной ступени разрежения.

Таблица 1

№№ ступени разрежения	Начальное всасывающее давление, м вод.ст.	Конечное всасывающее давление, м вод.ст.	Объем воды, стекшей из образца на данной ступени разрежения, мл	Количество воды в образце, мл	Объемная влажность, [-]	Вес образца, г
1	2	3	4	5	6	7
0	-	0,0	0,0	222,6	0,295	
1	0,0	0,05	4,1	218,5	0,290	
2	0,05	0,15	2,2	216,3	0,287	
3	0,15	0,25	17,7	198,6	0,263	
4	0,25	0,38	25,3	173,3	0,230	
5	0,38	0,65	35,5	137,8	0,183	
6	0,65	0,85	15,5	122,3	0,162	
7	0,85	1,55	12,3	110,0	0,146	
8	1,55	∞	110,0	0,0	0,0	1292
9			Σ = 222,6			

Для оценки эффективности и сроков откачки свободных углеводородов была построена плановая геофильтрационная модель территории. В связи с тем, что отбор нефтепродуктов предполагается осуществлять методом совместной откачки воды и нефтепродуктов, а также в связи с тем, что фильтрация нефтепродуктов в существенной степени определяется фильтрацией подземных вод, тогда как фильтрация подземных вод слабо зависит от фильтрации нефтепродуктов, геофильтрационная модель позволит определить эффективную систему локализации и ликвидации углеводородных загрязнений в отдельной фазе. Фильтрационные параметры водовмещающих пород были приняты по результатам опытных наливов и откачек в шурфы. Исходные значения уровней грунтовых вод были заданы по результатам интерполяции фактических данных по уровням в скважинах и шурфах.

Принимая во внимание природные условия загрязненной территории, а также параметры нефтяного загрязнения – малая глубина залегания линз нефтепродуктов при их невысокой мощности, а также близкое расположение к береговой линии Ладожского озера, в качестве схемы отбора нефтепродуктов была выбрана схема сбора углеводородов горизонтальными дренами.

В первом варианте для каждой из линз свободных нефтепродуктов было задано три дрены длиной от 15 до 45 м (рис. 3 –

карта траекторий миграции нефтепродуктов при работе дренажа (Вариант 1)). Расход совместной откачки воды и нефтепродуктов для каждой дрены составил: 5 м³/сут для дренажного колодца ДК1 и 7 м³/сут для дренажных колодцев ДК2 и ДК3.

На рис. 4 представлена карта траекторий миграции нефтепродуктов при работе дренажа (Вариант 2).

Для целей локализации и сбора нефтепродуктов была принята схема горизонтального дренажа с засыпанным гравийным наполнителем с совместной откачкой воды и нефтепродуктов.

Данный вариант инженерной защиты, определенный в результате проведения многовариантных оптимизационных расчетов, обеспечивает максимальную защиту окружающей среды, что соответствует методологии НДТ.

ВЫВОДЫ

1. Оценки уровней экологической безопасности загрязненных территорий могут быть выделены на основе расчета доз вредного воздействия нефтяного загрязнения в соответствии с [6].

2. На примере воинской части проведен необходимый цикл экспериментальных исследований, позволяющий выполнять расчеты по распространению загрязнений, а также по оценке эффективности тех или иных гидротехнических мероприятий.

3. Рассмотрены варианты системы инженерной защиты территорий воинской части и определен вариант, обеспечиваю-

щий наилучшую защиту и экологическую безопасность территории в соответствии с требованиями методологии НДТ.

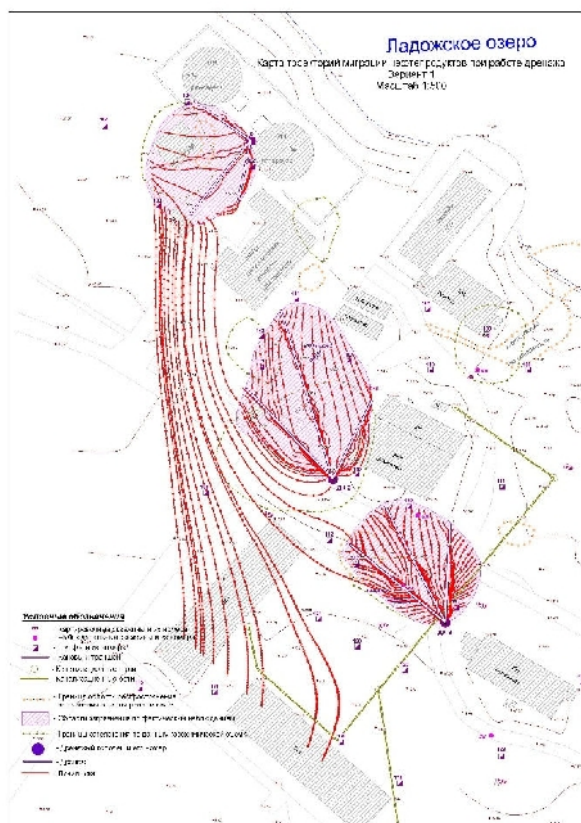


Рис. 3



Рис. 4

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзекцер Е.С., Пырченко В.А. Технология обеспечения устойчивого развития урбанизированных территорий в условиях воздействия природных опасностей. – М.: ЗАО "ДАР/ВОДГЕО", 2004.
2. Ергин Д. Добыча. Всемирная история борьбы за нефть, деньги, власть. – М.: "Альпина Пабlisher", 2015.
3. Куранов Н.П., Куранов П.Н. Концепция наилучших доступных технологий в градопромышленной гидрогеоэкологии // Сб. тр. НИИ ВОДГЕО: Водоснабжение, водоотведение, гидротехника и инженерная гидрогеология. – М., 2012, вып.13. С. 46...52.
4. Куранов П.Н. Наилучшие доступные технологии в градопромышленной гидрогеоэкологии // Сб. к 60-летию кафедры гидрогеологии МГУ. – Изд-во МГУ, 2013. С. 409...413.
5. Куранов П.Н. Методология оценки риска при загрязнении градопромышленных территорий в местах хранения, переработки и транспортировки нефти и нефтепродуктов // Водоснабжение и санитарная техника. – ООО "Изд-во ВСТ", 2015, №9. С. 32...39.

6. Методические рекомендации по оценке уровня безопасности, риска и ущерба при нефтяном загрязнении градопромышленных территорий. – М.: Изд-во ЗАО "ДАР/ВОДГЕО", 2015.
7. Расторгуев А.В., Куранов П.Н. Оценка запасов техногенных свободных углеводородов, залегающих на поверхности водоносных горизонтов, по данным наблюдательных скважин // Геологический вестник центральных районов России. – 2000, № 4, С. 42...59.

REFERENCES

1. Dzekcer E.S., Pyrchenko V.A. Tehnologija obespechenija ustojchivogo razvitija urbanizirovannyh territorij v uslovijah vozdejstvija prirodnyh opasnostej. – М.: ZAO "DAR/VODGEO", 2004.
2. Ergin D. Dobycha. Vsemirnaja istorija bor'by za neft', den'gi, vlast'. – М.: "Al'pina Pablisher", 2015.
3. Kuranov N.P., Kuranov P.N. Konceptcija nailuchshih dostupnyh tehnologij v gradopromyshlennoj gidrogeojekologii // Сб. тр. НИИ ВОДГЕО: Водоснабжение, водоотведение, гидротехника и инженерная гидрогеология. – М., 2012, вып.13. С. 46...52.
4. Kuranov P.N. Nailuchshie dostupnye tehnologii v gradopromyshlennoj gidrogeojekologii //

Sb. k 60-letiju kafedry gidrogeologii MGU. – Izd-vo MGU, 2013. S. 409...413.

5. Kuranov P.N. Metodologija ocenki riska pri zagriznenii gradopromyshlennyh territorij v mestah hranenija, pererabotki i transportirovki nefti i nefteproduktov // Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. – OOO "Izd-vo VST", 2015, №9. S. 32...39.

6. Metodicheskie rekomendacii po ocenke urovnja bezopasnosti, riska i usherba pri neftjanom zagriznenii gradopromyshlennyh territorij. – M.: Izd-vo ZAO "DAR/VODGEO", 2015.

7. Rastorguev A.V., Kuranov P.N. Ocenka zapasov tehnogennyh svobodnyh uglevodorodov, zalegajushhij na poverhnosti vodonosnyh gorizontov, po dannym nabljudatel'nyh skvazhin // Geologicheskij vestnik central'nyh rajonov Rossii. – 2000, № 4, S.42...59.

Рекомендована кафедрой экспертизы и управления недвижимостью, горное дело ЮЗГУ. Поступила 08.04.16.
