

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

Кафедра геоэкологии

НЕФТЕГАЗОВАЯ ЭКОЛОГИЯ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов специальности 21.05.04*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020**

УДК 504.054 (073)

НЕФТЕГАЗОВАЯ ЭКОЛОГИЯ: Методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.В. Стриженок, А.В. Иванов*. СПб, 2020. 31 с.

Практические занятия по дисциплине «Нефтегазовая экология» направлены на формирование и совершенствование навыков применения знаний, полученных на лекциях, для самостоятельного решения практических задач на производстве.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

В результате выполнения практических работ студенты должны научиться производить расчет требуемой степени очистки нефтезагрязненных сточных вод, выбор наиболее эффективных средств очистки нефтезагрязненных сточных вод, а также проектирование природоохранных мероприятий по снижению уровня загрязнения грунтов и выбор оптимального способа ремидации нефтезагрязненных грунтов. Кроме этого, студенты должны получить представление о малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологиях, научиться применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, а также осуществлять поиск, анализ и использование нормативных и правовых документов в своей профессиональной деятельности.

В методических указаниях представлен комплекс заданий по оценке и прогнозированию уровня негативного воздействия объектов нефтегазовой промышленности на поверхностные и подземные водные ресурсы, а также на почвенные ресурсы при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, внутрипромысловых и магистральных нефтепроводов, и при формировании шламовых амбаров.

Предназначены для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Горнопромышленная экология».

Научный редактор проф. *М.А. Пашкевич*

Рецензент канд. техн. наук *Н.И. Горошкова* (Государственный гидрологический институт)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2020

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Нефтегазовая экология» является приобретение студентами знаний о трансформации жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек Земли под воздействием производственных объектов нефтегазовой промышленности, а также навыков оценки и снижения негативного воздействия объектов добычи, транспортировки и переработки нефти и газа на компоненты природной среды.

Целью выполнения практических работ по дисциплине «Нефтегазовая экология» является систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний в области охраны окружающей среды в нефтегазовой промышленности, а также приобретение навыков практического применения этих знаний для решения конкретных научных, инженерных и производственных задач.

Выполнение практических работ и защита отчетов является одним из видов промежуточной оценки знаний студентов, полученных в результате изучения дисциплины «Нефтегазовая экология».

Практические работы выполняются индивидуально каждым студентом на основании исходных данных, представленных в методических указаниях, в соответствии с вариантом (порядковый номер студента в журнале группы). Результат выполнения каждой лабораторной работы оформляется в виде отчета, который подлежит защите руководителю практических занятий в индивидуальном порядке.

Заключительным этапом оценки знаний студентов по дисциплине «Нефтегазовая экология» является экзамен, в этой связи выполнение всех практических работ и защита отчетов по каждой из практических работ является обязательным условием допуска студента к экзамену.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Загрязнение водоемов происходит как естественным, так и искусственным путем. Естественным путем загрязнения происходят в процессе развития и отмирания животных и растительных организмов, заселяющих водоем, а загрязнения, поступающие в водоем искусственным путем, являются результатом сброса в него сточных вод.

Природные воды самоочищаются. Самоочищением называется совокупность всех природных процессов, направленных на восстановление первоначальных свойств и состава воды.

Процесс самоочищения воды водоема от загрязнений разделяют на две стадии:

1) перемешивание загрязненной струи со всей массой воды, то есть явление чисто физическое;

2) самоочищение в собственном смысле слова, то есть процессы минерализации редуцентами органических веществ и поглощение ими бактерий, внесенных в водоем.

Правильный учет самоочищающей способности водоема позволяет экономично и обоснованно запроектировать очистные сооружения, на которых сточная вода очищается до требуемой степени очистки. Для этого необходимо иметь детальные гидрологические, гидрогеологические и гидрометрические и другие данные о водоеме, в частности, данные о расходах реки, ее кислородном балансе и т.д.

Для того чтобы определить необходимую степень очистки сточных вод, спускаемых в водоем, надо знать содержание взвешенных веществ, потребление растворенного кислорода, допустимую величину БПК смеси речных и сточных вод, изменение величины активной реакции водоема, окраску, запах, солевой состав и температуру, а также предельно допустимую концентрацию токсических примесей и других вредных веществ.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов после смешения со сточными водами определяются перечнем ПДК в зависимости от вида водопользования водного объекта.

Реакция воды водоема после смешения ее со сточными водами должна быть не ниже 6,5 и не выше 8,5. Согласно действующим нормам, водоемы подразделяют на две категории: водоемы, используемые для водопотребления, и водоемы для водопользования.

В проточном водоеме внесенные в него сточные воды вместе с разбавляющей их речной водой продвигаются по течению реки на то или иное расстояние. На некотором расстоянии может наступить восстановление состояния реки, то есть процесс самоочищения закончен.

Для расчета разбавления сточных вод в средних и больших реках наибольшее распространение получил метод Фролова - Родзиллера.

Коэффициент смешения вод в данном случае определяется по формуле:

$$a = \frac{1 - e^{-m\sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-m\sqrt[3]{L}}}, \quad (1.1)$$

где Q - расход воды в створе реки (при 95 % обеспеченности) у места выпуска сточных вод, м³/с; L_{Φ} - расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м; q - расход сточных вод, м³/с; m - коэффициент, зависящий от гидравлических условий.

Коэффициент m определяется по формуле:

$$m = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{E/q}, \quad (1.2)$$

где ξ - коэффициент, учитывающий место расположения выпуска (для берегового выпуска $\xi = 1$, для руслового - $\xi = 1,5$); φ - коэффициент извилистости русла, равный отношению расстояния по фарватеру реки от места выпуска вод до расчетного створа к расстоянию по прямой L , то есть $\varphi = L_{\Phi}/L$. Для расчета принимаем $\varphi = 1$; E - коэффициент турбулентной диффузии/

Коэффициент турбулентной диффузии находится по формуле:

$$E = \frac{V_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}}}{200}, \quad (1.3)$$

где $V_{\text{ср}}$ - средняя скорость течения реки на участке смешения, м/с;
 $H_{\text{ср}}$ - средняя глубина реки на этом участке, м.

Для количественной оценки степени разбавления сточных вод в проточном водоеме определяется кратность (степень) разбавления стоков (n) на заданном расстоянии от места сброса по формуле:

$$n = \frac{aQ + q}{q}, \quad (1.4)$$

Зная концентрацию загрязняющего вещества в стоке, и кратность его разбавления на заданном расстоянии, можно определить концентрацию (мг/дм³) этого вещества в заданном створе:

$$C_L = C_{\text{сбр}} / n. \quad (1.5)$$

Таким образом, рассчитав концентрацию загрязняющего вещества в нескольких створах ниже по течению реки от места сброса сточных вод, мы можем определить расстояние от места сброса сточных вод, до места, где концентрация загрязняющего вещества будет соответствовать санитарной норме, принятой для данного водоема, то есть, где концентрация загрязняющего вещества будет ниже значения ПДК.

1.1. Расчет необходимой степени очистки производственных сточных вод по содержанию загрязняющих веществ

Внесенные в реку загрязнения распределяются в воде водоема согласно следующему уравнению:

$$\alpha \cdot Q \cdot C_{\text{вв}} + q \cdot C_{\text{max}} = (\alpha \cdot Q + q) \cdot C_{\text{ПДК}}, \quad (1.6)$$

где α – коэффициент смешения; Q - расход воды в реке, м³/с; q – количество сбрасываемых сточных вод, м³/с; $C_{\text{вв}}$ – концентрация загрязняющего вещества в воде водоема до смешения, мг/дм³; $C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водоема после смешения, мг/дм³; C_{max} – максимальная концентрация загрязняющего вещества, которая может быть допущена в сточных водах (или тот уровень очистки сточных вод,

при котором после их смешения с водой водоема степень его загрязнения не превзойдет установленного норматива $C_{\text{ПДК}}$, мг/дм³.

Из этого уравнения следует:

$$C_{\text{max}} = \frac{\alpha \cdot Q}{q} \cdot (C_{\text{ПДК}} - C_{\text{вв}}) + C_{\text{ПДК}} \quad (1.7)$$

1.2. Расчет необходимой степени очистки производственных сточных вод по взвешенным веществам

Необходимую степень очистки сточных вод по взвешенным веществам определяют из следующего баланса:

$$q \cdot C_{\text{max}} + \alpha \cdot Q \cdot C_{\text{вв}} = (\alpha \cdot Q + q) \cdot (C_{\text{д}} + C_{\text{вв}}), \quad (1.8)$$

где α – коэффициент смешения; Q – расход воды в реке, м³/с; q – количество сбрасываемых сточных вод, м³/с; $C_{\text{вв}}$ – концентрация взвешенных веществ в воде водоема до спуска сточных вод, мг/дм³; C_{max} – максимальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, при которой условия спуска их в водоем будут соответствовать санитарным требованиям, мг/дм³; $C_{\text{д}}$ – допустимое по нормативам увеличение содержания взвешенных веществ в воде водоема после спуска сточных вод в зависимости от категории водоема.

После преобразования уравнения (4.8) получим:

$$C = C_{\text{д}} \cdot \left(\frac{\alpha \cdot Q}{q} + 1 \right) + C_{\text{вв}} \quad (1.9)$$

1.3. Очистные сооружения для нефтесодержащих стоков

Источниками нефтесодержащих стоков на нефтебазах и перекачивающих станциях являются танкеры, резервуары, системы охлаждения подшипников насосов, ливневые воды с территории резервуарных парков, открытых площадок, технологических установок, не имеющих водонепроницаемого покрытия и др.

В воде нефтяные частицы находятся в грубодисперсном, тонкодисперсном (эмульгированном) или (и) растворенном состоянии.

В основном, нефтяные частицы, попав в воду, ввиду меньшей плотности легко всплывают на поверхность воды. Такие

частицы называют грубодиспергированными или всплывающими. Их содержание в стоках нефтебаз составляет от 350 до 14700 мг/л.

Меньшая часть нефтяных частиц находится в тонкодиспергированном состоянии, образуя эмульсию типа «нефть в воде». Такие эмульсии в течение длительного времени сохраняют устойчивость и разрушить их относительно сложно. Содержание нефти в таких эмульсиях от 50 до 300 мг/л.

Некоторые компоненты нефти частично растворяются в воде. Содержание нефти в растворенном состоянии составляет 5 – 20 мг/л.

Для очистки нефтесодержащих вод используются механический, физико-химический, химический и биохимический методы.

Механический метод применяют для отделения грубодисперсных нефтяных частиц. Он реализуется, например, в нефтеловушках. После очистки в них вода может быть использована, в основном на технологические нужды предприятия или спущена в водоемы.

Для извлечения эмульгированных и частичного удаления растворенных нефтяных частиц используются физико-химические методы (например, флотация).

Окончательная очистка нефтесодержащих стоков осуществляется с помощью химических и биохимических методов.

Наибольшее распространение на предприятиях транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов получили нефтеловушки.

Нефтеловушки предназначены для отделения воды от капель нефти методом отстаивания. Принцип работы основан на разности удельных весов воды и отделяемых частиц, в частности, нефти. В процессе отстаивания происходит всплывание нефти или нефтепродуктов и выпадение осадка механических примесей. Нефтеловушки обеспечивают очистку сточных вод до остаточного содержания нефти или нефтепродуктов 50 - 100 мг/л. В зависимости от объема сточных вод применяют нефтеловушки различной производительности и конструкции.

На рисунке 1.1 показана типовая нефтеловушка, рассчитанная на расход воды 30 л/с. Сточные воды поступают в

распределительную камеру 2, из которой по самостоятельным трубопроводам распределяются по секциям нефтеловушки. На входе в отстойную часть секции устраивают щелевую перегородку, благодаря которой происходит равномерное распределение потока сточных вод в отстойной части секций. В конце отстойной части вода проходит под затопленной нефтеудерживающей стенкой и через водослив попадает в поперечный сборный лоток, а затем в сбросный коллектор. Всплывшие нефтепродукты собираются и отводятся щелевыми поворотными трубами 5, установленными в начале и в конце секции. Осадок, выпадающий на дно секции, сгребается к приемкам с помощью скреперного скребка 4, который передвигается вдоль каждой секции на непрерывном тросе, укрепленном на барабане электрифицированной лебедки. Осадок из приемков нефтеловушки удаляется гидроэлеватором 1 или шламовым насосом. Управление щелевыми нефтесборными трубами осуществляется с помощью штурвальных колонок. Уловленная нефть или нефтепродукт из нефтесборных труб по самотечному трубопроводу направляется в приемный колодец, а затем в нефтесборные резервуары.

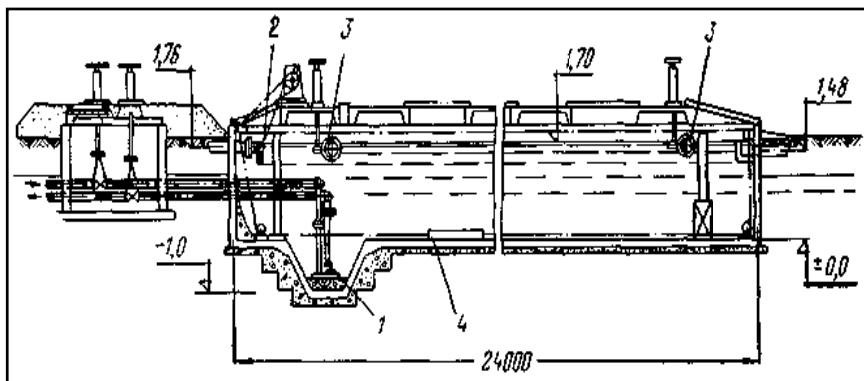


Рисунок 1.1. Типовая нефтеловушка пропускной способностью 30 л/с. 1 - гидроэлеватор; 2 - распределительное устройство; 3 - нефтесборная труба; 4 - скреперный скребок

Исходными данными для расчета типоразмера нефтеловушки являются средний расход нефтесодержащих вод $Q_{ср}$,

минимальный диаметр нефтяных частиц d_n , которые должны быть отделены в нефтеловушке, а также температура очищаемых вод T_B .

Нефтеловушка представляет собой динамический отстойник, в котором за время пребывания нефтесодержащих вод нефтяные частицы диаметром d_n успевают достичь поверхности воды.

Необходимая длина нефтеловушки (м) рассчитывается по формуле:

$$L = \frac{h_n \cdot w}{k \cdot (u_o - w^*)}, \quad (1.10)$$

где h_n - глубина проточной части нефтеловушки, $h_n = 1,2 - 2$ м; w - средняя скорость потока, рекомендуется принимать $w = 4 - 6$ мм/с; k - коэффициент использования объема нефтеловушки, учитывающий наличие зон циркуляции и мертвых зон, которые практически не участвуют в процессе очистки, $k = 0,5$; u_o - скорость всплытия (гидравлическая крупность) нефтяных частиц диаметром d_n ; w^* - удерживающая скорость потока, при ламинарном режиме течения в нефтеловушке $w^* = 0$, а при турбулентном:

$$w^* = w \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{8}}, \quad (1.11)$$

где λ - коэффициент гидравлического сопротивления.

Скорость всплытия нефтяных частиц определяется по формуле Стокса:

$$u_o = \frac{g \cdot d_n^2 \cdot (\rho_B - \rho_H)}{18 \cdot \mu_B}, \quad (1.12)$$

где ρ_B , μ_B - соответственно плотность и динамическая вязкость воды при температуре T_B (Таблица 4.1).

Расчетный часовой расход нефтесодержащих вод (м³/час) определяется:

$$Q_p = \frac{Q_{cp} \cdot k_{час}}{24}, \quad (1.13)$$

где $k_{\text{час}}$ - часовой коэффициент неравномерности поступления нефтесодержащих вод, $k_{\text{час}} = 1,3$.

Необходимая ширина секции нефтеловушки (м) рассчитывается по формуле:

$$B = \frac{Q_{\text{ср}} \cdot k_{\text{час}}}{N \cdot h_p \cdot w}, \quad (1.14)$$

где N - число секций нефтеловушки (Таблица 1.2).

Найденные величины L и B сравниваются с размерами типовых нефтеловушек, после чего выбирается ее тип.

Таблица 1.1

Зависимость динамической вязкости и плотности воды от температуры

$T, \text{ К}$	273	275	278	283	288	293	298	303
$\mu_{\text{в}} 10^3, \text{ Па}\cdot\text{с}$	1,792	1,673	1,519	1,308	1,140	1,005	0,894	0,801
$\rho_{\text{в}}, \text{ кг/м}^3$	999,8	999,9	1000,0	999,7	999,0	998,2	997,1	995,7

Таблица 1.2

Основные параметры типовых горизонтальных нефтеловушек

Пропускная способность, $\text{м}^3/\text{ч}$	Число секций	Глубина проточной части, м	Размеры одной секции, м			Номер типового проекта
			ширина	длина	высота	
18	1	1,20	2	12	2,4 и 3,6	902-2-157
36	2	1,20	2	12	2,4 и 3,6	902-2-158
72	2	1,25	3	18	2,4 и 3,6	902-2-159
108	2	1,50	3	24	2,4 и 3,6	902-2-160
162	2	2,00	3	30	2,4 и 3,6	902-2-161
396	2	2,00	6	36	2,4	902-2-3
594	3	2,00	6	36	2,4	902-2-17
792	4	2,00	6	36	2,4	902-2-18

1.4. Задания для самостоятельной работы

Расчет необходимой степени очистки сточных вод

Известен среднemesячный расход воды в реке, средняя скорость течения реки, средняя глубина реки на участке, содержание взвешенных и загрязняющего веществ в речной воде, количество сбрасываемой сточной воды и содержание загрязняющего вещества в сточной воде (Таблица 1.3).

Определить на каком расстоянии от места сброса стоков концентрация загрязняющего вещества в речной воде снизится до норм ПДК и какова при этом кратность (степень) разбавления стоков. Рассчитать максимальные допустимые концентрации взвешенных веществ и загрязняющего вещества в сбрасываемых сточных водах.

Принять, что участок реки прямой, т.е. $\varphi = 1$. Выпуск береговой. Учесть категорию водоема.

Подбор параметров нефтеловушки

Подобрать нефтеловушку для отделения нефтяных частиц из нефтесодержащих вод. Диаметр нефтяных частиц, плотность нефти, средний расход нефтесодержащих вод и их температура представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.3

данные для расчета необходимой степени очистки сточных вод

глубина реки, м	Содержание ВВ в речной воде, мг/л	Содержание ЗВ в речной воде, мг/л	Сброс сточной воды, м ³ /с	Содержание ЗВ в сточной воде, мг/л	ПДК _{хвп} мг/л
1,2	12	0,001	0,6	1,0	0,3
1,0	17	0,001	0,8	0,8	0,1(рх)
0,8	21	0,001	1,0	2,9	1,0
1,4	9	0,001	0,9	2,7	1,0
1,6	3	0,050	0,7	5,5	2,0
1,8	11	0,010	0,5	0,8	1,2
2,0	18	0,001	0,3	50,0	0,1
2,2	10	0,260	1,2	32,0	0,3
2,4	6	0,140	1,4	1,2	0,3
2,6	9	0,070	1,1	1,1	0,1
2,8	4	0,040	0,5	0,8	0,1
3,0	8	0,001	0,4	0,7	0,05
1,3	15	0,870	0,3	3,4	1,0
1,6	22	0,080	0,2	2,0	0,1
1,9	10	0,030	0,1	5,2	1,0

Окончание табл. 1.3

Глубина реки, м	Содержание ВВ в речной воде, мг/л	Содержание ЗВ в речной воде, мг/л	Сброс сточной воды, м ³ /с	Содержание ЗВ в сточной воде, мг/л	ПДК _{хлр} мг/л
2,1	5	0,001	0,9	0,7	0,05
2,3	12	0,020	0,8	1,4	0,1
1,5	7	200,0	1,5	3500	350
1,9	9	0,090	0,6	20	0,2
1,0	3	0,060	1,2	1,0	0,5
2,0	11	0,002	0,4	2,0	0,03
3,0	9	0,190	1,0	1,5	0,5
4,0	6	0,001	0,9	1,7	0,5
2,7	8	0,266	0,8	2,2	0,3
1,8	14	0,006	0,4	4,0	0,01(рх)
3,4	20	0,0005	1,5	0,1	0,001
4,3	3	0,094	2,0	1,7	0,1
2,8	16	0,007	3,6	0,4	0,01
3,0	23	0,080	1,9	15,2	0,1
5,6	13	0,416	0,5	10,0	1,5

Таблица 1.4

Исходные данные для подбора параметров нефтеловушки

Вариант	Диаметр частиц·10 ⁶ , м	Плотность нефти, кг/м ³	Средний расход воды, м ³ /сут	Температура воды, °С
1	100	815	2800	0
2	120	826	3240	10
3	150	837	4000	5
4	180	842	4300	10
5	200	882	5000	15
6	220	890	1900	20
7	250	844	3000	25
8	300	902	5200	30
9	400	891	2400	5
10	550	839	4600	2
11	630	853	3900	5
12	740	876	2100	10
13	820	812	5800	15
14	900	845	3180	20
15	1000	914	2500	25
16	220	882	1700	30
17	347	810	2000	10
18	400	874	3000	25
19	506	859	2900	5
20	607	866	4900	10
21	700	829	3700	15
22	815	878	2400	20
23	900	897	1200	25
24	100	834	1100	30
25	75	828	3200	25
26	120	900	4400	20
27	94	895	3670	15
28	420	817	2880	10
29	330	839	1950	25
30	100	851	2340	10

2. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НИЖЕЗАЛЕГАЮЩИМИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ

Пластовые воды нефтяных месторождений могут содержать микрокомпоненты, которые относятся ко 2-4 классу опасности: бром, бор, литий и другие. В этой связи загрязнение пресных подземных вод рассолами нижезалегающих горизонтов является опасным в экологическом отношении.

Оценка естественной защищенности пресных подземных вод верхнего этажа, залегающих выше флюидоупора, от проникновения в них рассольных вод из нижнего гидрогеологического этажа предусматривает определение предельных пластовых давлений, при которых возможны эти перетоки.

Высота подъема пьезометрического уровня пластовых вод продуктивного горизонта (м) определяется по формуле:

$$H = \frac{P}{\rho \times 9,81}, \quad (2.1)$$

где P – начальное пластовое давление, МПа; H – высота столба воды, м; ρ – плотность воды, кг/м³.

Возможность достижения минерализованными водами зоны пресных вод рассчитывается по формуле:

$$H_1 = \text{ВНК} + U_{\text{ПВ}}, \quad (2.2)$$

где ВНК – абсолютная отметка водонефтяного контакта; $U_{\text{ПВ}}$ – глубина залегания пресных вод.

Если значение H , рассчитанное по формуле 2.1, получается больше, чем значение H_1 , рассчитанное по формуле 2.2, то загрязнение пресных вод возможно.

Пластовое давление (МПа), ниже которого загрязнение происходить не будет, рассчитывается по формуле:

$$P = H_1 \cdot \rho \cdot g, \quad (2.3)$$

где ρ – плотность пластовой воды, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/(м·с²).

2.1. Задание для самостоятельной работы

Оценить возможность загрязнения пресных подземных вод минерализованными водами и определить значение пластового

давления, ниже которого загрязнение происходит не будет. Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Исходные данные для определения возможности загрязнения пресных подземных вод минерализованными водами

Вариант	Давление пластовое, МПа	Плотность пластовой воды, кг/м³	Абсолютная отметка ВНК, м	Уровень пресных вод, м
1	12	1170	1500	-100
2	15	1048	1720	-50
3	18	1200	2000	-220
4	24	1015	2315	-180
5	16	1003	1920	-80
6	28	1048	2048	-140
7	30	1165	2293	-170
8	14	1039	1415	-70
9	10	1015	1200	-193
10	29	1193	2018	-84
11	25	1054	1975	-234
12	13	1073	1315	-165
13	18	1120	1600	-125
14	22	1014	1873	-92
15	24	1043	1845	-172
16	17	1066	1620	-64
17	21	1104	1914	-20
18	19	1080	2100	-212
19	11	1123	1310	-154
20	23	1035	1945	-40
21	16	1082	1400	-115
22	12	1094	1100	-77
23	22	1072	2041	-139
24	31	1004	2310	-52
25	15	1018	1730	-111
26	27	1032	2160	-74
27	19	1114	1310	-145
28	21	1149	1945	-190
29	14	1053	1322	-265
30	30	1167	2310	-34

3. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОДТЯГИВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД К ВОДОЗАБОРНЫМ СООРУЖЕНИЯМ

Подобного рода прогнозные оценки выполняются по отношению к подземным водам, загрязненным в основном растворенными углеводородами. При этом рассматриваются либо одна водозаборная скважина, либо группа скважин, расположенных близко друг от друга, которые работают с постоянной производительностью (Q). Оценивается возможность подтягивания к водозабору загрязненных вод от области нефтепродуктового загрязнения (НПЗ) при разных размещениях скважин относительно НПЗ и направлениях потока подземных вод. Типовые схемы размещения водозаборных скважин и области НПЗ с учетом направления потока подземных вод представлены на рисунке 3.1.

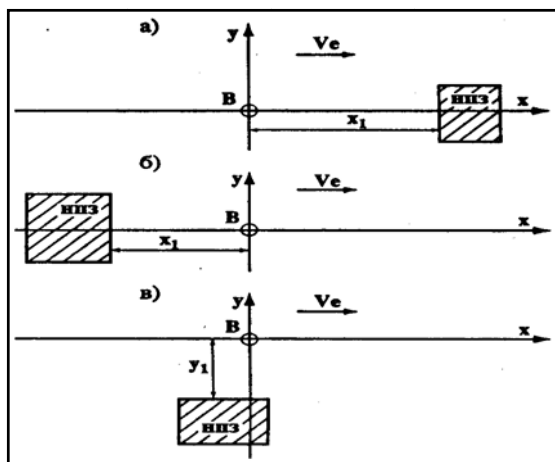


Рисунок 3.1. Схемы размещения водозаборных скважин относительно области НПЗ и с учетом направления потока подземных вод: а - НПЗ ниже водозабора; б - НПЗ выше водозабора; в - НПЗ сбоку от водозабора

При работе водозаборной скважины или их группы в потоке подземных вод подтягивание к ней загрязненных вод возможно только в том случае, если область питания скважины захватывает область загрязненных вод, каковой является область НПЗ.

Область питания водозаборной скважины, показанная на рисунке 3.2, ограничена вниз по потоку подземных вод и с боковых сторон водораздельной линией MAN , но не ограничена вверх по потоку подземных вод. Граница MAN отделяет область питания водозаборной скважины от остальной части водоносного горизонта. Внутри данной области питания все движение подземных вод направлено к скважине, т.е. все линии тока заканчиваются в точке В. За пределами области питания скважины движение подземных вод минует данную скважину, т.е. линии тока не попадают в нее. Здесь движение подземных вод направлено к области разгрузки, каковой может быть река, водоем, берег моря. Область питания скважины имеет размеры: длину, расстояние XA от скважины до водораздельной точки A , расположенной вниз по потоку от скважины; ширину, т.е. боковые размеры, которые характеризуются величинами Y_o (ширина по линии скважины) и Y_∞ (ширина вверх по потоку от скважины), причем $Y_\infty > Y_o$. Эти размеры определяются по следующим формулам:

$$X_A = \frac{Q}{2\pi \cdot V_e \cdot h}, \quad (3.1)$$

$$Y_o = \frac{Q}{4h \cdot V_e}, \quad (3.2)$$

$$Y_\infty = \frac{Q}{2h \cdot V_e}, \quad (3.3)$$

где V_e - скорость фильтрации, м/сут; h - мощность водоносного горизонта, м; Q - производительность водозаборной скважины, м³/сут.

При этом скорость фильтрации, в свою очередь, рассчитывается по формуле:

$$V_e = k \cdot I, \quad (3.4)$$

где k - коэффициент фильтрации водоносных пород, м/сут; I - градиент потока);

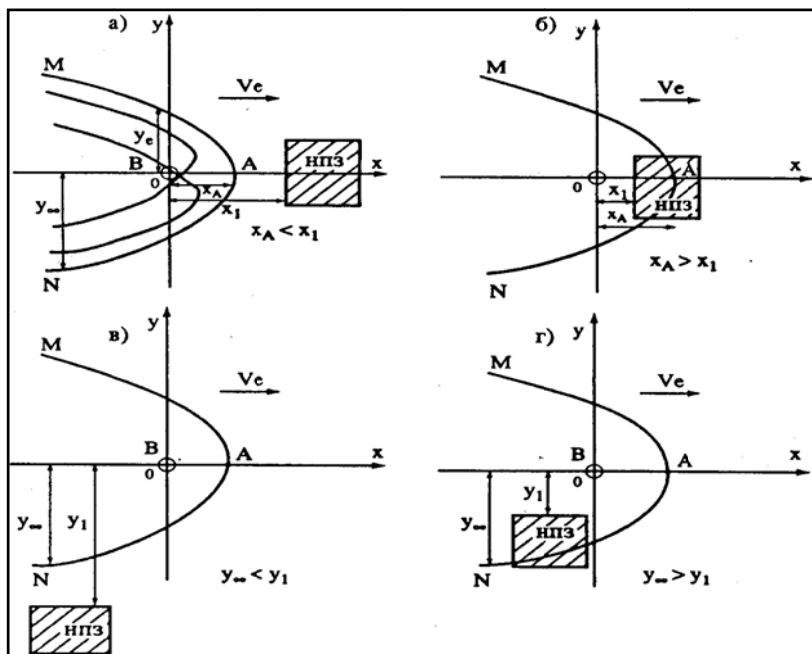


Рисунок 3.2. Область питания водозаборной скважины и условия захвата области загрязнения: а - область питания водозабора и ее размеры, область НПЗ не захватывается областью питания; б - область НПЗ, расположенная ниже водозабора, захватывается областью питания; в - область НПЗ, расположенная сбоку от водозабора, не захватывается областью питания; г - область НПЗ, расположенная сбоку, захватывается водозабором

Из формул (3.1) - (3.3) следует, что чем больше производительность скважины, тем больше величины X_A , Y_o и Y_∞ , то есть больше область питания скважины.

Если область загрязнения подземных вод расположена вниз по потоку подземных вод от водозаборной скважины и на расстоянии X_1 от нее, как это показано на рисунке 3.2 (схемы а, б), то подтягивание загрязненных вод от области НПЗ к скважине возможно только в том случае, если область питания скважины захватит область загрязнения, т.е. если водораздельная точка A окажется в области загрязнения. Этому случаю соответствуют условие $X_A > X_1$.

Если же точка A не попадает в область загрязнения, т.е. при $X_A < X_1$, загрязненные воды никогда не подтянутся к водозаборной скважине.

Такие же условия имеют место при подтягивании загрязненных вод от области НПЗ, расположенной сбоку от водозаборной скважины, на расстоянии Y_1 от нее, как это показано на рисунке 3.2 (схемы в, г). Если имеет место соотношение $Y_\infty > Y_1$, то область питания водозабора захватывает область загрязненных подземных вод НПЗ и произойдет подтягивание последних к водозабору. При условии $Y_\infty < Y_1$, область питания водозабора не захватывает области загрязненных вод НПЗ и не произойдет их подтягивания к водозабору.

3.1. Задание для самостоятельной работы

Оценить возможность подтягивания к водозабору загрязненных вод при разных размещениях скважины относительно области загрязнения нефтепродуктами.

А: область загрязнения располагается в области питания водозабора, граница загрязненных вод находится ниже по потоку подземных вод (рисунок 3.2, б).

Б: область загрязнения располагается в области питания водозабора, граница загрязненных вод находится сбоку от скважины (рисунок 3.2, г).

Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.1.

Расстояние X_1 принять равным половине X_A , расстояние Y_1 принять равным одной трети Y_∞ .

Таблица 3.1

Исходные данные для определения возможности подтягивания к водозабору загрязненных вод

Вариант	Коэффициент фильтрации, м/сут	Градиент потока	Мощность водоносного пласта, м	Производительность скважины, м ³ /сут	Пористость водоносных пород
1	0,10	0,02	15	450	0,14
2	0,12	0,03	20	350	0,36
3	0,08	0,04	18	290	0,28
4	0,04	0,05	30	520	0,12
5	0,06	0,06	42	600	0,34
6	0,10	0,02	36	390	0,26

Окончание табл. 3.1

Вариант	Коэффициент фильтрации, м/сут	Градиент потока	Мощность водоносного пласта, м	Производительность скважины, м ³ /сут	Пористость водоносных пород
7	0,09	0,03	14	470	0,20
8	0,05	0,04	26	380	0,31
9	0,07	0,05	35	500	0,22
10	0,02	0,06	22	300	0,19
11	0,18	0,02	19	400	0,37
12	0,14	0,03	13	600	0,25
13	0,10	0,04	20	540	0,15
14	0,02	0,05	12	370	0,33
15	0,10	0,02	27	440	0,21
16	0,08	0,03	31	515	0,17
17	0,04	0,04	26	328	0,34
18	0,05	0,05	8	460	0,23
19	0,30	0,02	10	600	0,18
20	0,20	0,03	25	575	0,39
21	0,06	0,04	30	364	0,29
22	0,09	0,05	18	416	0,11
23	0,07	0,02	24	595	0,32
24	0,13	0,05	20	515	0,23
25	0,05	0,06	15	368	0,19
26	0,10	0,02	11	410	0,36
27	0,08	0,05	16	635	0,24
28	0,06	0,06	27	280	0,10
29	0,04	0,02	36	336	0,30
30	0,03	0,03	10	540	0,20

4. СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ОЧИСТКИ ГРУНТОВ

Для регенерации грунтов и предохранения или очистки грунтовых вод можно применить способ промывки, заключающийся в следующем. В пределах контура загрязненного нефтью участка закладывают одну или несколько скважин-колодцев (назовем их отсасывающими), которые соединяют системой трубопроводов с коллектором, подключенным к какой-либо емкости (емкостью может быть и земляной амбар) за пределами участка загрязнения (рисунок 4.1, а).

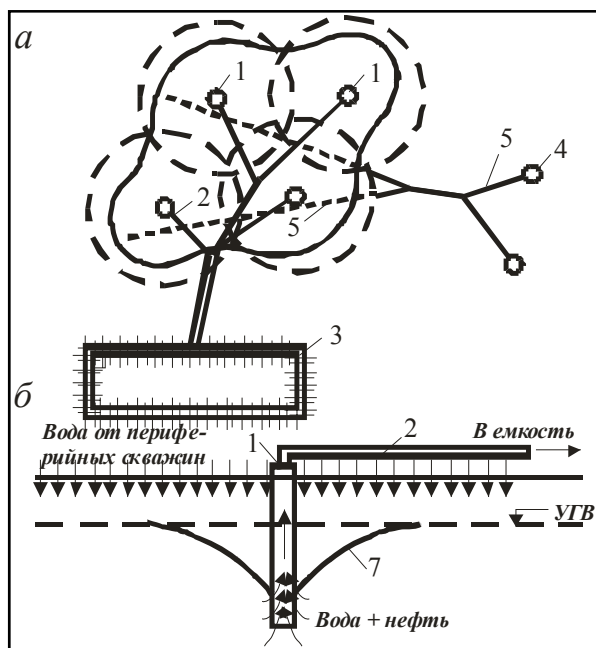


Рисунок 4.1. Схемы расположения колодцев (а) и откачки воды из них (б) при регенерации грунтов и грунтовых вод: 1 – отсасывающие колодцы; 2, 5 – трубопроводы; 3 – амбар; 4 – питающие колодцы; 6 – перфорированные трубы; 7 – кривая депрессии; УГВ – уровень грунтовых вод

Еще одну или несколько скважин-колодцев (назовем их питающими) закладывают за контуром загрязнения и присоединяют к распределителю системой трубопроводов. Питающие скважины

подают незагрязненную воду через распределитель на поверхность загрязненного участка. Вода путем инфильтрации насыщает грунт, вымывает из него нефть. При откачке воды из отсасывающих колодцев (рисунок 4.1, б) нефть или нефтепродукт в пределах зоны влияния каждого колодца будет перемещаться по направлению к колодцу, извлекаться наружу и далее через коллектор закачиваться в емкость. Таким образом, происходит промывка грунта и очищение грунтовых вод.

Колодец, опирающийся на водонепроницаемый слой грунта, называется совершенным, а заканчивающийся выше его - несовершенным. При равенстве отбираемого объема воды объему, выделяемому водоносным пластом, движение грунтовых вод называют установившимся.

Проведем расчет основных параметров водосборных (отсасывающих) скважин-колодцев для установившегося движения грунтовых вод.

Депрессионная кривая, характеризующая зону влияния колодца (рисунок 4.2, б), описывается уравнением (4.1):

$$z^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi k} \cdot \ln \frac{R}{r_o}, \quad (4.1)$$

где z - текущая координата; h - высота уровня воды в колодце, м; Q - дебит или производительность колодца м³/сут.; k - коэффициент фильтрации; R - радиус влияния колодца, м; r_o - радиус поперечного сечения колодца, м.

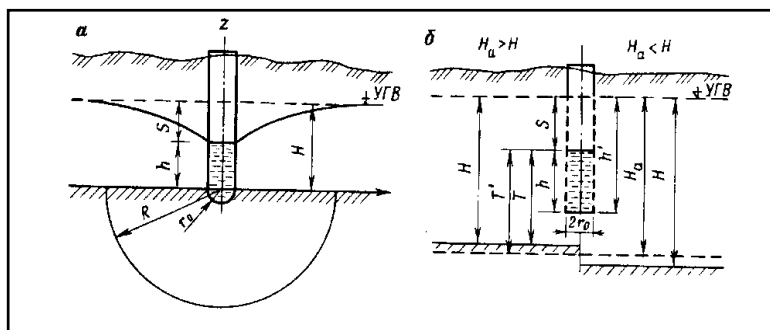


Рисунок 4.2. Схема к расчету колодца при очистке грунтов и грунтовых вод: а - совершенный колодец; б - несовершенный колодец

Радиусом влияния называют радиус такого цилиндрического сечения, на границе которого не наблюдается понижения естественного уровня грунтовых вод H , т. е. при $r \geq R$ $H = const$. Для песков средней зернистости $R = 250 \div 500$ м, а для крупнозернистых песков $R = 700 \div 1000$ м. В остальных случаях радиус влияния можно определить по эмпирической формуле:

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{k}, \quad (4.2)$$

где S - глубина откачки, м.

Дебит совершенного колодца (рисунок 4.2, а) определяется по формуле 4.3:

$$Q = 1,365 \cdot \frac{k \cdot (H^2 - h^2)}{\lg \frac{R}{r_o}}, \quad (4.3)$$

Этот параметр используют для подбора насосов.

В отличие от совершенных колодцев питание несовершенных происходит не только через боковые стенки, но и через дно.

При этом различают два случая:

- глубина активной зоны водоносного пласта H_a , участвующей в питании колодцев, меньше естественного уровня грунтовых вод H (рисунок 4.2, б, правая часть);

- глубина активной зоны водоносного пласта H_a больше H (рисунок 4.2, б, левая часть).

Глубину активной зоны определяют из соотношения:

$$1 - \sqrt{\frac{h + 0,5r_o}{H_a - S}} \cdot \sqrt[4]{\frac{2(H_a - S) - h}{H_a - S}} = \frac{S}{2H_a} \quad (4.4)$$

В первом случае дебит несовершенного колодца:

$$Q = 1,365 \cdot \frac{k(H^2 - T^2)}{\lg \frac{R}{r_o}} \cdot \sqrt{\frac{h + 0,5r_o}{T}} \cdot \sqrt[4]{\frac{2T - h}{T}} \quad (4.5)$$

где T - расстояние от водоупора до уровня воды в колодце, м.

Во втором случае дебит определяют по той же формуле, но вместо H и T в нее подставляют соответственно H_a и T' (рисунок 4.2,

б).

Необходимо отметить, что в реальных условиях, как в случае совершенного, так и несовершенного колодца, дебит будет несколько отличным от расчетного ввиду инфильтрации воды через дневную поверхность. Если обозначить интенсивность инфильтрации, т. е. количество воды, инфильтрующейся с единицы площади дневной поверхности, через q' , то дополнительный дебит колодца:

$$\Delta Q = \pi R^2 q' \quad (4.6)$$

В итоге действительный дебит колодца при промывке грунтовой среды:

$$Q_{\text{д}} = Q + \Delta Q \quad (4.7)$$

При установке одновременно нескольких колодцев в пределах радиусов зоны влияния каждого из них будет наблюдаться взаимное влияние, что приведет к изменению формы результирующей кривой депрессии. Радиус влияния группы колодцев:

$$R = 575 \cdot S' \cdot \sqrt{H \cdot k}, \quad (4.8)$$

где S' - глубина откачки в центре группы, м.

Для несимметрично расположенных колодцев в качестве центра группы принимают центр тяжести.

Коэффициент фильтрации рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{ф}} = k_{\text{пр}} \cdot \frac{\rho \cdot g}{\mu}, \quad (4.9)$$

где $k_{\text{пр}}$ - проницаемость, м^2 ; ρ - плотность флюида, $\text{кг}/\text{м}^3$; μ - вязкость флюида, Па·с.

В реальных условиях при центростремительном движении геофлюидов к скважине проницаемость рассчитывают по формуле:

$$k_{\text{пр}} = \frac{\mu \cdot Q \left(\lg \frac{R}{r} + C_1 + C_2 \right)}{2 \pi h (P_1 - P_2)}, \quad (4.10)$$

где μ - вязкость флюида, Па·с; Q - дебит скважины, м³/сут; R - радиус дренажа скважины, м; r - радиус скважины, м; h - мощность пласта, м; C_1 и C_2 - коэффициенты, учитывающие степень несовершенства вскрытия пласта (фильтр, перфорация); P_1 и P_2 – давления, Па.

4.1. Задание для самостоятельной работы

Рассчитать дебит скважины-колодца для промывки грунта и глубину активной зоны водоносного пласта H_a .

А: скважина совершенная.

Б: скважина несовершенная.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 4.1.

Радиус скважины-колодца – 0,25 м. Величину $T(T')$ принять самостоятельно после расчета H_a .

Таблица 4.1

Исходные данные для расчета дебита скважины-колодца для промывки грунта и глубины активной зоны водоносного пласта

Вариант	Коэффициент проницаемости $\times 10^{12}, \text{ м}^2$	Плотность воды, кг/м ³	Вязкость воды, мПа·с	УГВ, м	Радиус влияния, м
1	0,3	1020	1,35	30	500
2	1,5	1100	1,39	20	600
3	3,9	1017	1,37	40	700
4	0,4	1035	1,40	50	550
5	2,8	1007	1,30	100	650
6	1,3	1120	1,45	67	750
7	0,7	1040	1,42	120	520
8	4,4	1020	1,41	150	630
9	1,6	1068	1,40	72	740
10	0,6	1044	1,35	48	500
11	4,2	1026	1,38	200	600
12	2,7	1080	1,36	180	700
13	0,9	1130	1,34	130	550
14	2,1	1064	1,32	80	650
15	3,7	1070	1,42	70	750
16	0,8	1030	1,41	140	520
17	5,0	1090	1,40	90	630
18	1,4	1015	1,35	115	740
19	4,0	1045	1,38	210	500
20	0,5	1058	1,36	88	600
21	3,2	1022	1,34	54	700
22	1,3	1027	1,32	118	550

Окончание табл. 4.1

Вариант	Коэффициент проницаемости $\times 10^{12}$, м²	Плотность воды, кг/м³	Вязкость воды, мПа·с	УГВ, м	Радиус влия- ния, м
23	2,3	1062	1,42	126	650
24	0,4	1054	1,41	170	750
25	2,9	1046	1,40	160	520
26	3,7	1034	1,35	94	630
27	4,8	1050	1,38	75	740
28	0,6	1040	1,36	125	580
29	5,1	1010	1,34	138	630
30	2,8	1005	1,32	210	700

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В методических указаниях представлен комплекс заданий по оценке и прогнозированию уровня негативного воздействия объектов нефтегазовой промышленности на поверхностные и подземные водные ресурсы, а также на почвенные ресурсы при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, внутрипромысловых и магистральных нефтепроводов, и при формировании шламовых амбаров.

В результате освоения дисциплины «Нефтегазовая экология» и выполнения представленных в настоящих методических указаниях практических работ, студент должен знать:

- основные закономерности распространения загрязняющих веществ в окружающей среде;
- базовые представления о теоретических основах общей экологии;
- представления об оценке воздействия на окружающую среду;
- принципы нормирования состояния окружающей среды;
- основы природопользования;
- особенности воздействия химических веществ на окружающую среду и организм человека.

Уметь:

- выполнять математические и статистические расчеты;
- читать простейшие и инженерно-экологические карты, схемы, разрезы.

Владеть:

- навыками использования программных средств и работы в компьютерных сетях;
- навыками работы с информацией из различных источников для решения профессиональных и социальных задач;
- теоретическим навыком применения полученных знаний на практике.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

а) основная литература

1. *Безбородов Ю.Н.* Промышленная безопасность объектов нефтепродуктообеспечения: Учебное пособие / Ю.Н. Безбородов, Л.Н. Горбунова, В.А. Баранов и др. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. 606 с.

2. *Вержбицкий В.В.* Охрана окружающей среды в нефтегазовом деле: Учебное пособие / В.В. Вержбицкий, И.И. Андрианов, М.Д. Полтавская. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2014. 97 с.

3. *Пиковский Ю.И.* Основы нефтегазовой геоэкологии: Учебное пособие / Ю.И. Пиковский, Н.М. Исмаилов, М.Ф. Дорохова. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. 400 с.

4. *Полозов М.Б.* Экология нефтегазодобывающего комплекса: Учебно-методическое пособие. Ижевск: Издательство «Удмуртский университет», 2012. 174 с.

5. *Стриженок А.В.* Нефтегазовая экология: Учебное пособие / А.В. Стриженок, Д.С. Корельский. СПб: Экспертные решения, 2016. 200 с.

6. *Тетельмин В.В.* Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе: Учебное пособие / В.В. Тетельмин, В.А. Язев. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2009. 352 с.

б) дополнительная литература

7. *Алексеев П.Д.* Охрана окружающей среды в нефтяной промышленности: Учебное пособие / П.Д. Алексеев, В.И. Бараз, В.И. Гридип и др. М.: Издательство РГУ нефти и газа им. И. Губкина, 1994. 474 с.

8. *Кесельман Г.С.* Защита окружающей среды при добыче, транспорте и хранении нефти и газа: Учебное пособие / Г.С. Кесельман, Э.А. Махмудбеков. М.: Недра, 2006. 256 с.

9. *Подалов Ю.А.* Экология нефтегазового производства: Учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2010. 416 с.

10. *Хаустов А.П.* Охрана окружающей среды при добыче нефти: Учебное пособие / А.П. Хаустов, М.М. Редина. М.: Издательство «Дело», 2006. 552 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Ведение.....	3
1. Определение степени очистки производственных сточных вод.....	4
1.1. Расчет необходимой степени очистки производственных сточных вод по содержанию загрязняющих веществ.....	6
1.2. Расчет необходимой степени очистки производственных сточных вод по взвешенным веществам.....	7
1.3. Очистные сооружения для нефтесодержащих стоков.....	7
1.4. Задания для самостоятельной работы.....	11
2. Оценка возможности загрязнения пресных подземных вод нижезалегающими минерализованными водами.....	16
2.1. Задание для самостоятельной работы.....	16
3. Оценка возможности подтягивания загрязненных нефтепродуктами подземных вод к водозаборным сооружениям	18
3.1. Задание для самостоятельной работы.....	21
4. Способы уменьшения загрязнения и очистки грунтов.....	23
4.1. Задание для самостоятельной работы.....	27
Заключение.....	29
Рекомендуемый библиографический список.....	30

НЕФТЕГАЗОВАЯ ЭКОЛОГИЯ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: *А.В. Стриженок, А.В. Иванов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
геоэкологии

Ответственный за выпуск *А.В. Стриженок*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 19.03.2020. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 1,8. Усл.кр.-отт. 1,8. Уч.-изд.л. 1,6. Тираж 75 экз. Заказ 238. С 51.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2