Р 52.24.557—96

РЕКОМЕНДАЦИИ

Оценка состояния загрязненности поверхностных вод в регионах освоения нефтяных и газовых месторождений и влияния на них данного вида антропогенного воздействия

Федеральная служба России по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды
Москва
1997

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения 1

2 Сокращения 1

3 Методы оценки состояния загрязненности поверхностных вод и его изменения 2

3.1 Методы статистического анализа 2

3.2 Метод оценки загрязненности воды с выявлением экстремальных ситуаций 3

4 Методы оценки влияния объектов разработки месторождений нефти и газа на качество поверхностных вод 4

4.1 Метод оценки пространственно-временной динамики качества поверхностных вод 4

4.2 Метод расчета элементов баланса химического вещества на участке реки 9

5 Пути выявления приоритетных источников загрязнения поверхностных вод в районах разработки месторождений нефти и газа 13

5.1 Основные подходы к установлению приоритетности источника загрязнения поверхностных вод 13

5.2 Установление приоритетного источника загрязнения поверхностных вод по нефтепродуктам 15

5.2.1 Анализ пространственно-временной динамики концентрации нефтепродуктов в поверхностных водах по данным режимных наблюдений и с привлечением данных специальных натурных исследований 15

5.2.2 Идентификация источников нефтяного загрязнения водных объектов (специальные методики) 17

5.2.2.1 Использование комплекса оптических и газохроматографических критериев для идентификации источников нефтяного загрязнения 17

5.2.2.2 Идентификация нефтепродуктов с помощью изотопного анализа углерода 18

Приложение А Оценка загрязненности поверхностных вод с выявлением экстремальных ситуаций (на примере АГКМ). Обсуждение результатов исследования 20

Приложение Б Оценка влияния развития добычи нефти на макрокомпонентный состав речных вод Среднего Приобья. Обсуждение результатов исследования 22

Приложение В Оценка влияния объектов Астраханского газоконденсатного месторождения на качество поверхностных вод. Обсуждение результатов исследования 25

Приложение Г Использование метода скользящей средней для оценки тенденции изменения концентрации загрязняющего вещества (пример расчета) 29

Приложение Д Использование метода выравнивания динамического ряда по способу наименьших квадратов для оценки тенденции изменения концентрации загрязняющего вещества (пример расчета) 30

Приложение Е Ориентировочные коэффициенты скорости самоочищения воды водотоков от загрязняющих веществ 33

Приложение Ж Выявление приоритетности источников загрязнения поверхностных вод соединениями азота (район развития АГКМ). Обсуждение результатов исследования 34

Приложение И Выявление приоритетного источника загрязнения нефтепродуктами речной воды с привлечением результатов специальных исследований. Обсуждение результатов исследования 41

Приложение К Библиография 46

ВВЕДЕНИЕ

Освоение нефтяных и газовых месторождений создает огромный техногенный пресс на природную среду, угрожая ей загрязнением и деградацией. Необходимость разработки и принятия мероприятий по минимизации негативных экологических последствий развития данной отрасли хозяйства требует адекватной оценки состояния загрязненности поверхностных вод и влияния на них этого вида антропогенного воздействия. Последнее существенно осложняется специфическими особенностями воздействия объектов разработки месторождений нефти и газа на природную среду, что необходимо учитывать как при организации наблюдений за состоянием и изменением основных ее параметров, так и при решении на этой основе практических задач.

Специфика воздействия объектов нефте- и газодобычи (НГД) на качество поверхностных вод, а также принципы организации и функционирования системы специальных наблюдений за состоянием поверхностных вод в районах разработки месторождений нефти, газа и газоконденсата изложены в [17].

Основное содержание настоящих методических рекомендаций составляют научно-методические подходы к решению конкретных практических задач гидрохимии на базе данных вышеназванных наблюдений и интерпретация полученных результатов исследований.

Из всего многообразия практических задач, решаемых на базе гидрохимической информации, в настоящих методических рекомендациях выделены три основные:

— оценка состояния загрязненности поверхностных вод и его пространственно-временного изменения;

— оценка влияния объектов разработки месторождений нефти и газа на качество поверхностных вод;

— выявление приоритетных источников загрязнения поверхностных вод.

В каждой из перечисленных задач оценка может носить региональный характер (с охватом всей территории месторождения) или локальный (по какому-то водному объекту или какой-то части территории месторождения). Решение поставленных задач проводится на базе информации, полученной в пунктах (створах) наблюдений, отвечающих требованиям [17].

Для решения вышеназванных задач рекомендуется применение общепринятых в настоящее время в гидрохимии статистических методов обработки информации. Специфика данного вопроса

применительно к объекту исследования учтена в части пространственно-временного разрешения используемой информации, а также в части интерпретации полученных результатов. При этом, поскольку требования к сбору информации для решения поставленных задач подробно изложены в [17], в настоящих методических рекомендациях основной акцент сделан на интерпретацию полученных результатов. В связи с этим в рекомендациях значительное внимание уделено конкретному решению вышеназванных практических задач применительно к реальной экологической ситуации. Варианты обсуждения полученных результатов по различным наиболее часто встречаемым на практике ситуациям подробно изложены в приложениях.

Адекватное решение природоохранных задач на базе гидрохимической информации применительно к районам разработки месторождений нефти и газа требует учета особенностей загрязнения поверхностных вод в этих районах, основными из которых являются следующие.

В районах разработки месторождений нефти и газа по пространственно-временному масштабу воздействия на природную среду условно можно выделить два вида загрязнения: региональное (стабильное), связанное с систематическим поступлением загрязняющих веществ в природную среду как непосредственно на территории месторождения, так и на прилегающей территории; локальное (залповое), связанное с аварийной ситуацией в каком-либо звене технологической цепи данного производства (в скважинах, трубопроводах и др.).

Индикатором загрязнения поверхностных вод в районах нефте- и газодобычи (НГД) может быть резкое увеличение в их составе содержания минеральных и органических веществ, высокий уровень и значительная вариабельность загрязненности воды нефтепродуктами, фенолами, СПАВ (особенно неионогенными), биогенными соединениями (в первую очередь азотом аммонийным и железом); в районах добычи газа — появление несвойственных естественному составу воды диэтиленгликоля и метанола. В районах добычи сырья с повышенным содержанием серы (каким является, например, Астраханское газоконденсатное месторождение), наряду с вышеизложенным, информативными показателями прямого (первичного) загрязнения поверхностных вод являются также изменения значений pH (показателя закисления среды), концентрации сульфатов и соединений азота (продуктов кислотных выбросов объектов АГКМ), концентрации гидрокарбонатов и кальция (показателей устойчивости воды к закислению). Наиболее информативным показателем вторичного загрязнения поверхностных вод под влиянием кислотных выбросов в этих рай-

онах является увеличение концентраций соединений металлов, в первую очередь Al, Mn, Fe, Cd, Cu, Zn, Pb, Hg и др., переход их в более токсичные формы.

Загрязняющие вещества от основных объектов НГД попадают в водоемы и водотоки в большей степени с неорганизованным поверхностным склоновым и подземным стоком, в меньшей мере — с фиксированным сбросом сточных вод, что весьма важно учитывать при оценке влияния источников данного вида загрязнения на природные воды. Так, при организованном сбросе степень и характер влияния сточных вод на качество поверхностных вод определяются, с одной стороны, соотношением объемов сточных вод и воды реки-реципиента, с другой стороны, степенью совместимости (несовместимости) химического состава названных категорий воды. При неорганизованном поступлении загрязняющие вещества по пути миграции от источника загрязнения до водного объекта могут существенно трансформироваться. Влияние их на водный объект, во-первых, может значительно запаздывать относительно времени поступления в природную среду, во-вторых, определяться многими факторами, в частности: особенностями аккумуляции и геохимической трансформации данного вещества на водосборе, особенностями физико-химического состава и водного режима почвенного покрова местности, водности и метеорологических условий исследуемого периода времени и т. д. Все эти факторы существенно осложняют количественный и качественный учет загрязнения поверхностных вод под влиянием рассматриваемого вида антропогенного воздействия.

На территории любого нефте-, газопромысла действует, как правило, комплекс источников загрязнения, каждый из которых имеет свою специфику воздействия на природную среду [17]. В связи со значительными площадями, занятыми данным видом производства, и большими расстояниями между отдельными производственными объектами на каждом нефте-, газопромысле обычно действует децентрализованная система канализации со сбросом сточных вод в разные водные объекты, искусственные резервуары (или в понижения на местности), с закачкой их в подземные горизонты. Поэтому при решении той или иной задачи, связанной с использованием информации о качестве поверхностных вод, первостепенное значение имеет пространственно-временное разрешение используемого массива данных, их информативная емкость относительно производства, территории месторождения в целом или же конкретного объекта (производственного или водного).

Особенностью данного вида производства является значительная загрязненность территорий, прилегающих к основным его

объектам. Во время обильного снеготаяния и ливневых дождей происходит смыв накопившихся загрязняющих веществ с этих территорий вниз по уклону местности в ближайшие водные объекты, что может существенно повысить уровень загрязненности воды в них. Поэтому при обобщении имеющихся данных о качестве поверхностных вод в районах НГД большое значение имеет учет гидрометеорологической ситуации в период их сбора. Это же обстоятельство может вызвать существенное осложнение при оценке влияния источника загрязнения на водный объект по фиксированному сбросу сточных вод. В период интенсивного неорганизованного поступления в водный объект загрязненный сток может значительно затушевать или даже перекрыть влияние фиксированного сброса сточных вод. Поэтому общепринятое сравнение химического состава воды в створах, расположенных выше и ниже сброса сточных вод, для оценки влияния последнего без учета степени и характера загрязнения воды за счет неорганизованного стока может оказаться некорректным.

Большое значение при оценке данного вида антропогенного воздействия имеет учет разбавляющей способности водного объекта, определяющей в значительной мере его способность противостоять загрязнению. Влияние пластовых вод, например, на макрокомпонентный состав воды крупных рек остается незаметным, в то время как в воде небольших рек оно может вызвать увеличение (на 1—2 порядка и более) минерализации и концентрации соответствующих ионов и даже изменение класса воды. Поэтому при оценке влияния данного вида производства (как и любого другого) необходимо обращать особое внимание на малые водотоки, наиболее чутко реагирующие на загрязнение.

При интерпретации причины загрязненности поверхностных вод в нефтегазоносных районах необходимо учитывать также возможность проявления в отдельных местах природных аномалий углеводородов, фенолов, соединений азота и других веществ, сопутствующих нефтяным и газовым месторождениям.

Многие из этих положений на практике чаще всего не учитываются, что нередко приводит к выводам, искажающим фактическое состояние экологической ситуации.

Как видно из вышеизложенного, решение практических гидрохимических задач применительно к районам разработки месторождений нефти и газа значительно осложнено специфическими особенностями данного вида антропогенного воздействия и может привести, в зависимости от степени полноты и способов их учета, к неоднозначным выводам. Поэтому необходимо участие высококвалифицированных специалистов, компетентных в данной конкретной области исследования.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Оценка состояния загрязненности поверхностных вод в регионах освоения нефтяных и газовых месторождений и влияния на них данного вида антропогенного воздействия

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящие рекомендации устанавливают научно-методические подходы к решению конкретных практических задач гидрохимии и приемы интерпретации полученных результатов исследования применительно к поверхностным водам, подверженным загрязнению в районах разработки месторождений нефти и газа.

Рекомендации предназначены для научно-исследовательских и проектных учреждений, занимающихся вопросами изучения состояния загрязненности поверхностных вод, оценкой и прогнозированием его изменения в районах разработки месторождений нефти и газа, а также для подразделений различных министерств и ведомств, осуществляющих природоохранную деятельность в этих районах.

2 СОКРАЩЕНИЯ

НГД — нефте- и газодобыча
ПДК — предельно допустимая концентрация
РД — руководящий документ
ИК — инфракрасное излучение
УФ — ультрафиолетовое излучение
ПАУ — полициклические ароматические углеводороды
АГКМ — Астраханское газоконденсатное месторождение
АГПЗ — Астраханский газоперерабатывающий завод
АГК — Астраханский газоконденсатный комплекс
ГХИ — Гидрохимический институт

3 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ

3.1 Методы статистического анализа

3.1.1 Оценка выполняется на базе данных о качестве поверхностных вод, полученных в пунктах, отвечающих требованиям 5.2 из [17].

В решении поставленной задачи используется информация прежде всего по тем компонентам, которые являются индикаторами загрязнения воды под влиянием данного вида антропогенного источника.

3.1.2 Обработка данных выполняется общепринятыми методами, основанными на статистическом анализе. Используются следующие основные параметры: средняя за заданный период концентрация вещества (средняя арифметическая, средневзвешенная по сезону, по гидрологическому периоду или по водному стоку), параметры колебания концентрации (интервалы изменения в пределах рассматриваемого периода времени), параметры, характеризующие неоднородность концентрации (среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации), частота повторяемости случаев превышения и кратность превышения ПДК, превышение концентрации над некоторым заданным уровнем (условным фоновым значением, характеризующим, например, предыдущий период) и др.

3.1.3 Расчет средней концентрации выполняется по формулам

$$C_{\text{са}} = \frac{\sum_{1}^{n} C_i}{n}; \qquad (1)$$

$$\bar{C}_{\text{сс}} = \frac{\bar{C}_1 t_1 + \bar{C}_2 t_2 + \ldots + \bar{C}_m t_m}{t_1 + t_2 + \ldots + t_m}; \qquad (2)$$

$$\bar{C}_{\text{св}} = \frac{\sum_{1}^{i} C_i Q_i}{\sum_{1}^{i} Q_i}, \qquad (3)$$

где $\overline{C}_{ca}$, $\overline{C}_{cc}$, $\overline{C}_{cв}$ — соответственно средняя арифметическая, средневзвешенная по сезону (периоду) и по водному стоку концентрация, мг/дм^3; C_i — концентрация в данной пробе воды, мг/дм^3; $\overline{C}_1$, $\overline{C}_2$,..., $\overline{C}_m$ — средняя арифметическая концентрация вещества за выделенный характерный сезон (период), мг/дм^3; t_1, t_2,..., t_m — число месяцев (дней) в сезоне (периоде); Q_i — расход воды в момент отбора пробы, м^3/с; n — число определений, использованных в выборке.

Расчет среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации выполняется по формулам соответственно:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (C_i - \overline{C})^2}{n-1}}; \qquad (4)$$

$$v = \frac{\sigma}{\overline{C}} \cdot 100, \qquad (5)$$

где σ — среднее квадратическое отклонение, мг/дм^3; C_i — концентрация в момент отбора пробы, мг/дм^3; $\overline{C}$ — средняя за период концентрация, мг/дм^3; v— коэффициент вариации, %.

3.1.4 Оценка состояния загрязненности поверхностных вод и его изменения чаще решается параллельно с другими задачами, например с оценкой изменения загрязненности за какой-то период времени, оценкой влияния данного антропогенного источника загрязнения и др. Поэтому более подробно этот вопрос освещен в последующих разделах.

3.2 Метод оценки загрязненности воды с выявлением экстремальных ситуаций

3.2.1 Для учета влияния хозяйственной деятельности на качество воды существенное значение имеет определение крайних границ изменчивости концентрации приоритетного загрязняющего вещества в пределах интересуемых периодов времени. В случае нормального распределения анализируемых данных (или после приведения значений концентраций к нормальному распределению) и их общем числе более 20 верхняя граница общего раз-

максимальное колебания концентрации каждого из рассматриваемых компонентов с заданной вероятностью может быть найдена по уравнению

$$C_{max} = \bar{C} + u\sigma; \quad (6)$$

нижняя граница — по уравнению

$$C_{min} = \bar{C} - u\sigma, \quad (7)$$

где u — коэффициент, которому придается численное значение критерия Стьюдента в зависимости от заданного уровня значимости (или доверительного уровня) и числа членов ряда.

Значения, выходящие за пределы заданного доверительного уровня, можно считать нехарактерными (аномальными) для анализируемой выборки данных.

3.2.2 Пример оценки современного состояния загрязненности с выявлением экстремальных ситуаций дан в приложении А.

4 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

4.1 Метод оценки пространственно-временной динамики качества поверхностных вод

4.1.1 В качестве основы интегральной оценки воздействия объектов разработки месторождений нефти и газа на поверхностные воды рекомендуется использовать метод оценки пространственно-временной динамики концентрации приоритетных для рассматриваемого вида антропогенного воздействия загрязняющих веществ. Этот метод можно применять одновременно при решении различных задач, в том числе таких, как:

— оценка современного и ретроспективного состояния загрязненности поверхностных вод;

— оценка изменения качества воды во времени и пространстве;

— оценка степени воздействия данного вида источника загрязнения на качество поверхностных вод;

— выявление приоритетных факторов загрязнения поверхностных вод.

Метод оценки динамики развития исследуемого явления основан на сопоставлении результатов текущих исследований в контрольных створах с результатами наблюдений в створах, расположенных на данном водном объекте выше (по течению реки) зоны влияния рассматриваемого антропогенного фактора или же на водном объекте-аналоге, расположенном за пределами месторождения, а также с ретроспективными данными, характеризующими состояние качества воды в тех же створах в период до развития месторождения.

4.1.2 Сравнение обычно выполняют по тем компонентам (показателям) химического состава воды, которые являются индикаторами загрязнения под влиянием исследуемого источника.

4.1.3 Оценку пространственно-временной динамики качества поверхностных вод рекомендуется выполнять по следующей схеме.

Производят выбор репрезентативных водных объектов (или их участков), сопряженных с территорией месторождения, и водных объектов (или их участков), не сопряженных с этой территорией, но формирующихся в аналогичных физико-географических условиях.

На выбранных водных объектах (или их участках) в соответствии с требованиями 5.2 из [17] намечают наиболее репрезентативные для решения поставленной задачи пункты (створы) наблюдений.

Выделяют наиболее информативные показатели (компоненты) изменения химического состава воды под влиянием данного вида антропогенного воздействия, используя в качестве справочной основы приложение А из [17].

По каждому выбранному створу формируют массив данных по наиболее информативным компонентам (показателям) химического состава воды. При этом для оценки временных изменений последний разбивают как минимум на два периода, например:

— период, предшествующий разработке месторождения (или функционированию какого-то конкретного объекта);

— период разработки месторождения (или функционирования какого-то конкретного объекта).

Выполняют сравнение гидрохимических ситуаций:

— в одном и том же водном объекте (или створе) в характерные периоды времени (например, до развития и в период развития исследуемого источника загрязнения);

— в одном и том же водном объекте, но в различных створах, расположенных на различном удалении от основного источника загрязнения (включая контрольный и фоновый створы);

— в водных объектах (или на их участках), сопряженных и не сопряженных с территорией разрабатываемого месторождения.

4.1.4 Сопоставление качества воды рекомендуется проводить с использованием следующих статистических параметров: средняя концентрация, интервалы изменения средней концентрации, частоты превышения ПДК, кратности превышения ПДК по осредненным и экстремальным значениям концентрации и др.

Сравнение гидрохимических ситуаций чаще производят по осредненным значениям концентрации приоритетного загрязняющего вещества. Последние рассчитывают по формулам (1)—(3). При отсутствии в рассматриваемом интервале времени сезонов (или гидрологических периодов) с существенно отличающимися данными используется формула (1), при их наличии — формула (2), при достаточно выраженной связи между расходом воды и концентрацией — формула (3). Для характеристики динамики временно́го ряда могут быть использованы следующие показатели изменения средней концентрации:

— абсолютная величина изменения — разность параметров, характеризующих два сравниваемых периода временно́го ряда;

— относительная величина — процентное отношение значений средней концентрации, характеризующей два сравниваемых периода временно́го ряда (отношение значения средней концентрации последующего периода к значению предыдущего).

Аналогичным образом поступают и с выбором показателей для характеристики пространственного изменения исследуемого явления, используя в качестве сравниваемых массивов статистического ряда массивы данных, характеризующих фоновый и контрольный створы.

4.1.5 Наиболее простой пример использования данного метода для оценки влияния разрабатываемых месторождений нефти на качество речных вод дан в приложении Б. Оценка проведена путем сравнения средних и максимальных значений приоритетных показателей загрязнения воды на участках рек, протекающих в районах разработки месторождения, и на участках рек, формирующихся в естественных условиях.

4.1.6 Применение данного приема сравнения ограничено условиями:

— на выбранном участке водного объекта не должно сказываться влияние других источников загрязнения с аналогичными последствиями воздействия;

— на выбранном участке водного объекта не должно быть факторов, существенно затушевывающих влияние рассматриваемого источника загрязнения (например, боковых притоков с высокой разбавляющей способностью).

4.1.7 Наиболее информативным и надежным в случае применения данного метода для оценки влияния рассматриваемого источника загрязнения на качество поверхностных вод является прием с использованием вероятностно-статистических методов. При этом для сравнения применяют параметрические критерии однородности — средние концентрации C и дисперсии их распределения σ^2. Поскольку эти критерии базируются на предположении о нормальном законе распределения сравниваемых эмпирических рядов, данный метод может быть применен лишь для компонентов, распределение концентраций которых подчиняется названному закону.

Сравнение параметров распределения средних концентраций химического состава воды проводят с использованием критерия Стьюдента, чаще для доверительной вероятности $P = 95\ \%$.

К статистически значимым относятся различия в средних концентрациях, удовлетворяющие условию

$$|\bar{C}_2 - \bar{C}_1| > 1{,}96 \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \frac{(n_1 + n_2)}{n_1 n_2}}, \qquad (8)$$

где n — число определений в выборке данных; $\bar{C}_1$, $\bar{C}_2$ — средние концентрации соответственно в выборках 1 и 2.

В случае решения задачи по оценке временных тенденций в выборки 1 и 2 включают данные, характеризующие соответственно период, предшествующий развитию, и период функционирования исследуемого источника загрязнения; в случае решения задачи по оценке пространственного изменения качества воды в выборки 1 и 2 соответственно включают данные, характеризующие условный фоновый створ (или водный объект-аналог) и сравниваемый с ним контрольный створ.

4.1.8 На основе такого сравнения выявляют:

— наличие (или отсутствие) статистически значимых различий между распределением средних концентраций компонентов

химического состава воды, формирующейся в районе развития месторождения (или в зоне влияния конкретного объекта загрязнения) и в районе за его пределами (в условном фоновом створе);

— наличие (или отсутствие) статистически значимых различий между распределением концентраций компонентов химического состава речной воды в период до развития и в период функционирования исследуемого источника загрязнения.

4.1.9 Пример оценки влияния рассматриваемого вида антропогенного воздействия на качество поверхностных вод методом пространственно-временной динамики с использованием вышеописанного приема и интерпретация полученных результатов даны в приложении В.

4.1.10 Убедительным обоснованием наличия (или отсутствия) влияния исследуемого источника загрязнения могут быть результаты оценки тенденции изменения качества поверхностных вод в районе его воздействия за определенный непрерывный период времени. Однако незначительная частота наблюдений, что чаще всего наблюдается в районах разработки месторождений нефти и газа, позволяет использовать для данной цели лишь наиболее простые способы оценки тенденции изменения качества поверхностных вод. Наиболее приемлемыми из них являются: метод скользящей средней и метод выравнивания по способу наименьших квадратов.

4.1.11 Метод скользящей средней сводится к построению нового ряда значений, каждое из которых представляет собой среднее из трех значений: рассматриваемого, предыдущего и последующего. Этот прием нередко помогает выявить основную тенденцию, затушеванную случайными колебаниями концентрации.

4.1.12 Уравнение для определения выравненных уровней имеет вид

$$\bar{y}_x = a_0 + a_l x, \qquad (9)$$

где a_0 — вычисленный начальный уровень; a_l — изменение уровня; x — время.

Значения a_0 и a_l определяют путем решения системы двух уравнений или упрощенным способом — по сдвигу линии отсчета a в середину динамического ряда, т. е. так, чтобы сумма времени x была равна нулю. Для этого расположенным в хронологическом порядке единицам времени —датам (годам) — даются порядковые

номера (1, 2, 3 и т. д.) с отрицательным и положительным знаком (соответственно вверх и вниз от середины динамического ряда). Средний член ряда имеет нулевой номер. В таком случае a_0 и a_1 вычисляют по формулам

$$a_0 = \frac{\sum y}{n}; \tag{10}$$

$$a_1 = \frac{\sum xy}{\sum x^2}, \tag{11}$$

где y — фактический уровень ряда; n — число членов ряда; x — обозначение условных единиц времени.

Порядок расчета выравненных уровней дан по [1].

Примеры определения тенденции изменения концентрации вещества с использованием метода скользящей средней даны в приложении Г, метода выравнивания по способу наименьших квадратов — в приложении Д.

4.2 Метод расчета элементов баланса химического вещества на участке реки

4.2.1 Специфической особенностью влияния объектов разработки месторождений нефти и газа на поверхностные воды является то, что основная часть загрязняющих веществ от них поступает в водные объекты с распределенным стоком — с поверхностным склоновым и подземным. Для количественной оценки этого вида поступления загрязняющего вещества целесообразно использовать метод баланса химического вещества для участка реки, подверженного данному виду загрязнения.

4.2.2 Наиболее простой формой уравнения для расчета поступления загрязняющего вещества от объектов разработки месторождения нефти или газа является

$$G_{зв} = G_к - G_ф - G_{ме}, \tag{12}$$

где $G_ф$ и $G_к$ — количество вещества, прошедшее за расчетный период через фоновый и контрольный створы соответственно, т (кг); $G_{ме}$ — количество вещества, поступившее в реку в пределах рас-

четного участка с местным стоком при естественном формировании его химического состава.

Примечание — В зависимости от поставленной задачи $G_{зв}$ может обозначать:

а) суммарное поступление загрязняющего вещества от объектов разработки месторождений нефти (газа), включая поступление как с организованным стоком (со сточными водами), так и с распределенным стоком (поверхностным склоновым и подземным);

б) поступление загрязняющего вещества только с распределенным стоком.

При наличии на участке организованных сбросов сточных вод, содержащих искомое вещество, а также притоков, формирующих свой сток за пределами данного физико-географического района, уравнение (12) принимает вид

$$G_{зв} = G_к - G_ф - \sum_1^i G_{зп_i} - \sum_1^j G_{св_j} - G_{ив}, \qquad (13)$$

где $G_{зв}$ — количество загрязняющего вещества, поступившее на данном участке реки за расчетный период, т (кг); $G_{зп_i}$ — количество вещества, поступившее в реку в пределах расчетного участка с i-м притоком, формирующим свой сток за пределами данного района, т (кг); $G_{св_j}$ — количество вещества, поступившее с водой j-го сброса, т (кг).

Примечание — При расчете только распределенного стока загрязняющего вещества элемент $\sum_1^j G_{св_j}$ суммирует количество вещества, поступившее со сбросом сточных вод как рассматриваемого источника загрязнения, так и от других предприятий. В случае необходимости оценки суммарного поступления загрязняющего вещества от данного источника загрязнения (включая как распределенный сток, так и организованный сброс) элемент баланса $\sum_1^j G_{св_j}$ учитывает сбросы лишь других предприятий, не имеющих отношения к рассматриваемому источнику загрязнения.

4.2.3 Расчет количества вещества G_x выполняется по формулам:

а) при наличии статистической связи типа $C = f(Q)$

$$G_x = \overline{C}_x' w_x, \qquad (14)$$

б) при отсутствии статистической связи типа $C = f(Q)$

$$G_x = \overline{C}_x w_x, \qquad (15)$$

где $\overline{C'}_x$ — концентрация вещества, найденная по уравнению статистической связи и соответствующая среднему расходу воды за рассматриваемый период; $\overline{C}_x$ — средняя за расчетный период концентрация вещества в воде x-го створа (сброса), мг/дм^3; w_x — объем стока воды x-го объекта за расчетный период, м.

Ориентировочный расчет природной составляющей количества вещества, поступившего в водный объект с местным стоком, производится по формуле

$$G_{\text{ме}} = \overline{C}_{\text{ме}} \left(w_{\text{к}} - w_{\text{ф}} - \sum_{1}^{i} w_{n_i} - \sum_{1}^{j} w_{\text{св}_j}\right), \qquad (16)$$

где $\overline{C}_{\text{ме}}$ — средняя концентрация вещества в воде местного стока при естественном формировании его химического состава, мг/дм^3; $w_{\text{к}}$, $w_{\text{ф}}$ — водный сток соответственно в контрольном и фоновом створах участка реки, м^3; w_{n_i} — водный сток i-го бокового притока, формирующегося за пределами данного физико-географического района, м^3; $w_{\text{св}_j}$ — количество сточной воды, сбрасываемой в водный объект через j-й сброс, м^3.

В конечном итоге уравнение для расчета количества вещества, поступившего в водный объект от рассматриваемого источника загрязнения за расчетный период, принимает вид:

— для консервативного вещества

$$G_{\text{зв}} = \overline{C}_{\text{к}} w_{\text{к}} - \overline{C}_{\text{ф}} w_{\text{ф}} - \overline{C}_{\text{ме}} \left(w_{\text{к}} - w_{\text{ф}} - \sum_{1}^{i} w_{n_i} - \sum_{1}^{j} w_{\text{св}_j}\right) -$$

$$- \sum_{1}^{i} C_{\text{зп}_i} w_{n_i} - \sum_{1}^{j} \overline{C}_{\text{св}_j} w_{\text{св}_j}; \qquad (17)$$

— для неконсервативного вещества

$$G_{\text{зв}} = \overline{C}_{\text{к}} w_{\text{к}} - \overline{C}_{\text{ф}} e^{k\tau_{\text{ф}}} w_{\text{ф}} - \overline{C}_{\text{ме}} \left(w_{\text{к}} - w_{\text{ф}} - \sum_{1}^{i} w_{n_i} - \sum_{1}^{j} w_{\text{св}_j}\right) -$$

$$- \sum_{1}^{i} \overline{C}_{\text{зп}_i} e^{k\tau_{n_i}} w_{n_i} - \sum_{1}^{j} \overline{C}_{\text{св}_j} e^{-k\tau_{\text{св}_j}} w_{\text{св}_j}, \qquad (18)$$

где e — безразмерный коэффициент, учитывающий консервативность загрязняющего вещества; k — коэффициент скорости самоочищения речной воды от загрязняющего вещества 1/сут (значения коэффициентов приведены в приложении Е, при отсутствии сведений принимается $k = 0$); $\tau_ф$, $\tau_{п_i}$, $\tau_{св_j}$ — время добегания водных масс соответственно от фонового створа, i-го бокового притока, j-го сброса сточных вод до замыкающего на участке створа.

4.2.4 Для расчета количества вещества, поступившего в водный объект с распределенным стоком с единицы площади (модуля стока), используют уравнение

$$V = \frac{G_{зв}}{rSt}, \qquad (19)$$

где V — количество вещества, поступившего с распределенным стоком с единицы площади, т (кг)/га; $G_{зв}$ — общее количество вещества, поступившего в водный объект с распределенным стоком за весь расчетный период, т (кг); r — часть площади водосбора, с которой поступает искомое вещество; S — площадь водосбора расчетного участка реки, га; t — расчетный период, определяемый условием поставленной задачи. В том случае, когда источник загрязнения находится на водосборе лишь относительно одного берега, можно принять $r = 0{,}5$; при загрязнении территории водосбора с того и другого берега $r = 1$.

Выбор участка для расчета баланса производят в соответствии с требованиями 5.3 из [17]; наблюдения с целью получения исходных данных для расчета баланса проводят с учетом требований, изложенных в пункте 6 того же руководящего документа.

Наиболее интенсивный вынос загрязняющих веществ, попавших на окружающую производственный объект территорию, в ближайший водный объект происходит, как правило, в период таяния снега и ливневых дождей. Поэтому оптимальным временем для проведения наблюдений с заданной целью является период весеннего половодья и период дождевых паводков, в районах распространения многолетнемерзлых пород, кроме того, период летней межени.

Баланс рассчитывается лишь по наиболее специфическим для рассматриваемого вида антропогенного воздействия загрязняющим веществам.

5 ПУТИ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В РАЙОНАХ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

5.1 Основные подходы к установлению приоритетности источника загрязнения поверхностных вод

5.1 Необходимость выявления приоритетного источника загрязнения возникает довольно часто, поскольку практически каждый водный объект испытывает влияние не одного, а, как правило, нескольких источников загрязнения.

Установление приоритетности источника загрязнения водного объекта является чрезвычайно сложной и методологически слабо решенной на сегодняшний день задачей. Объясняется это сложностью и многообразием естественных факторов формирования химического состава природных вод, многообразием и спецификой путей воздействия на них антропогенных источников загрязнения. Выявление основного источника загрязнения поверхностных вод в регионах разработки месторождений нефти и газа осложняется, прежде всего, тем обстоятельством, что основная часть загрязняющих веществ от их объектов поставляется в водные объекты не столько с организованным сбросом сточных вод, сколько с неорганизованным стоком. Действие такого вида загрязнения может претерпеть значительное пространственно-временно́е смещение относительно его основного источника.

5.1.2 В целях достижения адекватной оценки загрязненности поверхностных вод и выявления основных виновников их загрязнения в районах НГД необходимо учитывать следующие основные предопределяющие факторы:

а) степень сопряженности водного объекта с территорией разрабатываемого месторождения (виды сопряжения водного объекта с территорией месторождения указаны в [17]);

б) многочисленность объектов, загрязняющих природную среду, и многообразие путей их воздействия на природные воды;

в) наличие децентрализованной системы канализации на каждом нефте-, газопромысле;

г) виды влияния нефте-, газопромысла непосредственно на водный объект, выбранный в качестве основного для решения поставленной задачи:

1) наличие и характеристика сбросов сточных вод непосредственно в водный объект или в понижение на местности на территории его водосбора (выше по течению от пункта отбора проб воды);

2) наличие загрязненного распределенного (поверхностного склонового или подземного) стока с загрязненной территории, прилегающей к производственному объекту;

3) влияние воздушного переноса загрязняющих веществ от источников выбросов их в атмосферу объектами промысла и сопутствующей инфраструктуры;

д) гидрометеорологические условия в районе водного объекта в период сбора данных о качестве поверхностных вод: характеристика запасов и таяния снежного покрова, ливневые дожди, засуха, длительность периода относительно высоких летних температур (в условиях распространения многолетнемерзлых пород), водность периода и т. д.;

е) разбавляющую способность водного объекта-реципиента, по которому оценивается влияние данного вида антропогенного воздействия;

ж) пути миграции от источника загрязнения до водного объекта, длительность времени аккумуляции и характер возможной геохимической трансформации загрязняющих веществ на водосборе, куда они первоначально поступают;

и) возможность проявления в отдельных местах природных аномалий углеводородов, фенолов, соединений азота и других веществ, сопутствующих нефтяным и газовым месторождениям;

к) наличие альтернативных источников загрязнения водного объекта, выбранного в качестве базового для решения поставленной задачи; возможные пути влияния на качество природной воды, основные изменения в параметрах их развития накануне и в период сбора данных о качестве воды исследуемого водного объекта и т. д.

Неполный или недостаточно компетентный учет этих положений может привести к неоднозначным и ошибочным выводам. Поэтому решение обсуждаемой задачи требует участия высококвалифицированных специалистов, компетентных в данной конкретной области исследования.

5.1.3 Специфика влияния рассматриваемого вида антропогенного воздействия значительно ограничивает применение наиболее простого и к тому же наиболее часто используемого для решения поставленной задачи метода сравнения качества воды в створах, расположенных соответственно ниже и выше фиксированных сбросов сточных вод, осуществляемых различными объектами производственной деятельности.

Для оценки приоритетности источника загрязнения поверхностных вод в регионах разработки месторождений нефти и газа

наибольший эффект дает использование различных вариантов анализа пространственно-временно́й динамики качества поверхностных вод с широкомасштабным охватом территории исследования и достаточно глубоким анализом полученных результатов. Оценка выполняется по характерным загрязняющим веществам или показателям загрязнения. В качестве примера может быть использован фрагмент выявления основного источника кислотного загрязнения поверхностных вод в районе АГКМ (приложение В).

Нередко одного данного подхода бывает недостаточно для получения убедительных выводов. Возникает необходимость привлечения дополнительных материалов, например результатов более подробных комплексных натурных исследований с охватом всех основных сфер природной среды в районе интенсивного загрязнения, с оценкой параметров развития антропогенных источников загрязнения в контексте временно́й динамики изменения загрязненности поверхностных вод в районе их предполагаемого воздействия и др.

Пример использования комплексного подхода к выявлению приоритетного источника загрязнения поверхностных вод соединениями азота с достаточно подробным обсуждением результатов исследования дан в приложении Ж.

5.2 Установление приоритетного источника загрязнения поверхностных вод по нефтепродуктам

5.2.1 Анализ пространственно-временно́й динамики концентрации нефтепродуктов в поверхностных водах по данным режимных наблюдений и с привлечением данных специальных натурных исследований

5.2.1.1 В районах освоения нефтяных и газовых месторождений нефтепродукты являются самой характерной группой загрязняющих веществ. В то же время чрезвычайная сложность их состава, вероятность попадания в водные объекты на значительном удалении от источников, сложность путей миграции и процессов трансформации нефтепродуктов, а также разнообразие других источников их происхождения (в том числе биогенных) существенно осложняет решение задачи по выявлению приоритетного источника загрязнения поверхностных вод этими веществами.

5.2.1.2 Поскольку в районах разработки месторождений нефти и газа основная часть нефтепродуктов попадает в водные объекты с распределенным стоком, наиболее приемлемым методом выявления основного источника их происхождения также, как и других загрязняющих веществ, является рассмотренный выше метод, основанный на анализе пространственно-временной динамики их концентраций.

5.2.1.3 При установлении генезиса нефтепродуктов необходимо соблюдать следующие требования:

— кроме нефтепродуктов, содержащихся в водной толще, следует учитывать также нефтепродукты, сорбированные донными отложениями;

— при оценке состояния загрязненности исследуемой среды обязательно учитывать суммарное содержание нефтепродуктов, включая летучие и нелетучие (в том числе полициклические) углеводороды, смолы и асфальтены. Последнее имеет особо важное значение для случаев хронического загрязнения, поскольку в процессе трансформации нефтепродуктов, поступающих в водный объект, происходит повышение в их составе доли смол и асфальтенов [21]. Изменения в соотношениях между концентрацией углеводородов и смолистых компонентов могут быть информативными показателями для индикации свежих и хронических загрязнений [21]. Кроме того, оценка содержания нефтепродуктов по результатам определения только углеводородной фракции без учета смолистых компонентов является неполной [5].

5.2.1.4 Необходимая информационная основа для установления приоритетности источника загрязнения по нефтепродуктам определяется требованиями поставленной задачи. Для предварительного решения этого вопроса в качестве основы может быть использована режимная информация, получаемая в основных створах наблюдений, отвечающих требованиям 5.3 из [17]. Для более глубокого анализа генезиса нефтепродуктов этой информации чаще бывает недостаточно и поэтому требуется проведение специальных натурных исследований. В последнем случае наибольший эффект дает применение разработанного группой авторов в ГХИ метода систематического анализа поверхностных вод на нефтепродукты [8, 11, 19—22]. Этот метод позволяет из одной пробы производить на единой методической основе определение основных групповых компонентов нефтепродуктов (углеводородов, полициклических углеводородов, смол и асфальтенов), а

также получать по соотношению оптических характеристик одновременно информацию о качественном составе групповых компонентов и их происхождении.

5.2.1.5 Метод систематического анализа поверхностных вод на нефтепродукты основан на использовании оригинальных высокочувствительных методов идентификации и количественного определения нефтепродуктов с применением универсальной хроматографической системы разделения [12—16]: ИК-, УФ-спектрофотометрического и люминесцентного методов определения углеводородов; комбинированного спектрофотометрического метода определения суммарного содержания углеводородов; ИК-спектрофотометрического метода определения летучих углеводородов; УФ-спектрофотометрического и люминесцентного метода суммарного и раздельного определения ПАУ, в том числе 3-, 4-бензпирена; люминесцентного метода определения смол и асфальтенов.

Основанная на использовании этих методов схема систематического анализа поверхностных вод на нефтепродукты позволяет получать наиболее полную и надежную информацию о загрязнении водных объектов нефтепродуктами с учетом широкого разнообразия их химического состава в условиях свежего и хронического загрязнения [14].

Исследования по этой схеме проводят на водных объектах разного типа с отбором проб воды и донных отложений в репрезентативных створах, а также из источников загрязнения.

Интерпретацию результатов исследования должны проводить специалисты высокой квалификации.

Фрагмент оценки загрязненности поверхностных вод нефтепродуктами и выявления источников их поступления с использованием указанного метода дан в приложении И.

Кроме того, для выявления источника нефтяного загрязнения разработаны и успешно применяются специальные методики идентификации нефтяного загрязнения.

5.2.2 Идентификация источников нефтяного загрязнения водных объектов (специальные методики)

5.2.2.1 Использование комплекса оптических и газохроматографических критериев для идентификации источников нефтяного загрязнения

5.2.2.1.1 Идентификация нефтяного загрязнения проводится в соответствии с Методическими указаниями „Идентификация источников нефтяного загрязнения водных объектов", разработанными в ГХИ под руководством д-ра хим. наук А. Г. Страдом-

ской [9]. В этих указаниях для надежной идентификации рекомендуется отбирать пленочные нефтепродукты, наиболее полно отражающие истинный состав нефтепродуктов в момент поступления в водный объект. При отсутствии видимой пленки или в случае „старого" загрязнения водных объектов средними или тяжелыми нефтепродуктами допустимо выполнять анализ донных отложений, отобранных в местах аварии или сброса.

5.2.2.1.2 Определение нефтепродуктов в отобранных пробах основано на использовании комплекса ИК-спектрофотометрических и газохроматографических критериев, по которым устанавливается идентичность состава исследуемых нефтепродуктов и нефтепродуктов предполагаемого источника загрязнения („стандарт"). ИК-спектрофотометрическая методика основана на сравнении ИК-спектров исследуемых нефтепродуктов и „стандартов" в диапазоне 600—4600 $см^{-1}$ и идентификации источника загрязнения по совпадению значений отношений высот пиков при 720, 810, 1375, 1600, 2925 и 3050 $см^{-1}$. По совпадению ИК-спектров и отношений характеристических полос поглощения, найденных для исследуемых нефтепродуктов и „стандартов", делают заключение о возможном источнике нефтяного загрязнения.

5.2.2.1.3 Газохроматографическая методика основана на сравнении хроматограмм углеводородов, выделенных из исследуемых нефтепродуктов, и „стандартов" и идентификации источника загрязнения по совпадению значений отношений $С_{17}$/пристан, $С_{18}$/фитан, пристан/фитан.

5.2.2.1.4 Совпадение выводов при использовании ИК-спектрофотометрических и газохроматографических критериев позволяет с высокой вероятностью определить источник нефтяного загрязнения.

5.2.2.2 Идентификация нефтепродуктов с помощью изотопного анализа углерода

В последнее время в научных исследованиях по выявлению источника загрязнения нефтепродуктами значительное место занимает метод стабильных изотопов. В методике по идентификации нефтепродуктов предпочтение отдается отношению стабильных изотопов углерода. Методика масс-спектрометрического определения изотопного состава углерода нефтепродуктов в воде изложена в документе [18], разработанном в ГХИ под руководством д-ра геогр. наук Ю. А. Федорова, методология идентификации наиболее полно отражена в работах [4, 10, 23—25].

Одним из наиболее важных элементов методологии идентификации является сравнение изотопных параметров нефтепродуктов, обнаруживаемых в воде исследуемого объекта, с таковыми нефтяных углеводородов, поступающих в природную среду от какого-либо источника [18]. Изотопный состав нефтепродуктов последнего выступает в качестве эталонного. Сопоставление можно проводить двумя способами: изотопный состав нефтепродуктов (в целом без разделения на фракции), выделенных из пробы воды, сравнивается с изотопным составом нефтепродуктов из предполагаемого источника; нефтепродукты из обоих объектов предварительно разделяются на фракции (углеводороды, смолы, асфальтены), определяется изотопный состав фракций, после чего сравниваются их изотопно-фракционные кривые.

Различие в изотопном составе отдельных фракций или нефтепродуктов в целом в источнике и объекте загрязнения, не превышающее точности измерения изотопного состава с помощью современных масс-спектрометров, указывает на единство генезиса исследуемых нефтепродуктов. В ином случае делается вывод об отсутствии связи между загрязнением и предполагаемым источником.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С ВЫЯВЛЕНИЕМ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА АГКМ). ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В условиях влияния кислотных выбросов на природные воды важно знать вероятность появления крайне низких значений концентрации гидрокарбонатов (показателя устойчивости воды к закислению) и крайне высоких концентраций сульфатов (продукта выбросов основного объекта антропогенного загрязнения). При этом, чем ниже концентрация HCO_3^- и выше концентрация SO_4^{2-}, тем выше опасность кислотного загрязнения воды. Поэтому в таблице А.1 приведены границы доверительного интервала варьирования концентрации при $P = 0{,}99$. Критическим уровнем было принято считать: для сульфатов — верхний предел, для гидрокарбонатов — нижний предел этого интервала. Расчет выполнялся для C и σ по уравнениям (1)—(3) и (4), для нижнего C_{min} и верхнего C_{max} пределов — по уравнениям (7) и (6) соответственно. В таблице А.1 приведены также наблюденные концентрации — минимальные для HCO_3^- и максимальные для SO_4^{2-}. Как видно из данных таблицы А.1, по концентрации HCO_3^- в рассматриваемый период экстремальной ситуации не наблюдалось (все наблюденные минимальные значения HCO_3^- во всех створах превышали критический минимальный уровень). Что касается сульфатов, то в период 1989—1990 гг. в створах, расположенных наиболее близко к АГПЗ, максимальная наблюденная концентрация была либо близка к критическому порогу (пос. Аксарайский), либо же она превышала его (с. 20 лет ВЛКСМ и с. Сеитовка). В последних двух случаях крайние значения SO_4^{2-} относятся к аномальным. Таким образом, в воде Ахтубы в створах с. 20 лет ВЛКСМ и с. Сеитовка в 1989 и 1990 гг. по содержанию SO_4^{2-} отмечались случаи экстремальной ситуации.

Таблица А.1 — Граничные значения концентраций HCO_3^- и SO_4^{2-} (мг/дм^3) в воде Ахтубы в районе АГКМ

Створ наблюдений	HCO_3^-		SO_4^{2-}	
	C_{min} наблюденная	C_{min} рассчитанная	C_{max} наблюденная	C_{max} рассчитанная
Период до реконструкции АГПЗ (1988—1989 гг.)				
с. Селитренное	113,5	103,4	146,0	175,6
пос. Досанг	115,8	101,5	134,0	141,2
с. 20 лет ВЛКСМ	84,6	81,4	146,0	170,9
пос. Аксарайский	119,7	109,6	138,3	160,7
с. Сеитовка	119,3	102,3	149,8	155,7
с. Урусовка	116,6	100,2	146,0	149,3
Период реконструкции АГПЗ (1989—1990 гг.)				
с. Селитренное	106,2	79,1	104,0	124,5
пос. Досанг	114,7	89,9	117,6	140,6
с. 20 лет ВЛКСМ	107,8	100,5	161,4	157,3
пос. Аксарайский	117,2	53,1	157,5	178,4
с. Сеитовка	117,2	108,6	180,6	170,5
с. Урусовка	97,2	91,0	113,8	134,4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗВИТИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА МАКРОКОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ РЕЧНЫХ ВОД СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В речных водах, протекающих по территории нефтепромыслов Среднего Приобья, нередко наблюдается резкое увеличение общей суммы минеральных веществ и изменение состава макрокомпонентов. Это связано прежде всего с влиянием пластовых вод, извлекаемых на поверхность вместе с добываемым сырьем. При этом в зависимости от характера их поступления в водный объект (залпового или регулярного) аномальные для данного района значения минерализации и концентрации соответствующих ионов в воде реки-реципиента могут наблюдаться эпизодически или же систематически. Наиболее чутко на данный вид загрязнения реагируют водные объекты, находящиеся непосредственно на территории нефтепромысла и имеющие низкую разбавляющую способность воды. В качестве примера ниже сравнивается состав воды небольших рек, протекающих на территории нефтепромыслов в районе Среднего Приобья, с составом воды рек (или их участков), формирующихся в аналогичных природных условиях, но не испытывающих влияния рассматриваемого вида антропогенного воздействия. Как видно из данных таблицы Б.1, состав воды сравниваемых рек резко различается. Так, если минерализация речной воды в условиях, близких к естественным, не превышает 50 мг/дм^3 в среднем и 80 мг/дм^3 в экстремальных случаях, то в воде рек, испытывающих влияние нефтепромыслов, при прочих одинаковых условиях она увеличивается до 110—1550 и 250—6900 мг/дм^3 соответственно. Одновременно с увеличением минерализации воды резко (на 1—2 порядка) повышается концентрация хлоридов, что ведет к изменению класса воды с гидрокарбонатного (в естественных условиях) на хлоридный (в измененных условиях). Поскольку влияние пластовых вод наиболее заметно проявляется при низкой разбавляющей способности реки-реципиента, для ее воды характерна значительная внутригодовая вариабельность минерализации и концентрации отдельных ионов. Так, например, в воде р. Калиновой зафиксированный ин-

Таблица Б.1 — Средние многолетние и экстремально высокие характеристики качества речной воды (Среднее Прикобье)

№ п/п	Река	Концентрация, мг/дм^3					
		$\Sigma_{ионов}$		Cl^-		ХПК	
		сред.	макс.	сред.	макс.	сред.	макс.
1	Тромъеган	47,0	70,6	0,9	1,4	28,5	41,4
2	Пим	30,7	55,9	1,8	4,0	17,1	32,4
3	Назым	41,2	77,5	1,1	3,2	22,3	48,8
4	Кедровка	262	779	67,3	318	225	1740
5	Меудек-Яган	902	5110	189	2310	142	361
6	Моховая	244	1440	85,2	721	134	284
7	Почекуйка	114	247	29,2	99	90	189
8	Малая Черная	151	710	14,7	38	91	157
9	Черная	100	3900	15,9	46	87	194
10	Калиновая	1550	6940	792	4050	53	221

Примечание — Качество воды рек 1—3 сформировалось в условиях, близких к естественным, рек 4—10 — в условиях активного влияния нефтедобычи при прочих одинаковых условиях.

тервал изменения минерализации составил 70—6940 мг/дм^3, концентрации хлоридов — 5—4050 мг/дм^3, в воде р. Меудек-Ягана — соответственно 40—5110 и 5—3210 мг/дм^3.

Индикатором изменения состава воды рек под влиянием нефтедобычи может быть и такой интегральный показатель, как общее содержание органических веществ. На примере тех же водных объектов видно, что в условиях, близких к естественным, средняя многолетняя концентрация органических веществ (по ХПК) не превышает 20—30 мг/дм^3, а максимальная — 50 мг/дм^3 (таблица Б.1). В воде рек, подвергшихся активному влиянию объектов нефтедобычи, она значительно увеличивается и составляет 50—225 и 160—1740 мг/дм^3 соответственно. Нередко отмечается существенное нарушение естественного режима концентрации органических веществ: ее максимальное в году значение в воде рек, испытывающих влияние нефтедобычи, может быть приурочено не к периоду половодья, как это характерно для естественных условий, а к периоду зимней межени.

Таким образом, сравнение состава воды небольших рек, протекающих по территории нефтепромыслов, с составом воды рек

(или их участков), формирующихся в аналогичных природных условиях, но за пределами нефтепромыслов, показало значительное увеличение (на 1—2 порядка и более) минерализации воды, концентрации хлоридов и общего содержания органических веществ, а также их значительную пространственно-временну́ю вариабельность в воде рек, подверженных влиянию нефтепромыслов.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(рекомендуемое)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ АСТРАХАНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В.1 Основным видом негативного влияния объектов разработки Астраханского газоконденсатного месторождения на природную среду являются кислотные выбросы. Главными индикаторами их влияния на качество поверхностных вод являются: изменение значений pH воды, изменение концентрации сульфатов, гидрокарбонатов, кальция, а также суммы минеральных веществ (интегральный показатель).

В.2 Для оценки изменения качества речной воды по значениям pH и макрокомпонентному составу проводилось сравнение гидрохимической ситуации в период функционирования АГКМ с периодом до его развития. Сравнение проводилось по данным для двух участков Ахтубы, один из которых расположен на значительном удалении от АГКМ (выше по течению реки), а другой сопряжен с его территорией.

По каждой выборке данных рассчитывались: средние арифметические значения по формулам (1)—(3), дисперсия по формуле (4), критерий значимости различий по формуле (8), а также величины различия (увеличения со знаком „+" или уменьшения со знаком „–") в концентрациях.

В.3 Результаты сравнения изменений во временно́м аспекте приведены в таблице В.1, в пространстве — в таблице В.2. Как видно из данных таблицы В.1, на участке Ахтубы за пределами АГКМ статистически значимые различия в рассматриваемые периоды отмечаются лишь по гидрокарбонатам (увеличение на 15 %). Что же касается других макрокомпонентов (CO_4^{2-}, Ca^{2+}), то их концентрации остались практически без изменений. Несущественны изменения и в значениях pH.

На участке реки в зоне развития АГКМ гидрохимическая ситуация по сравнению с предшествующим периодом изменилась более существенно. Заметно, в среднем на 0,22, снизилось значение pH, на 70 % увеличилась концентрация сульфатов и на 16 % — сумма ионов; концентрации гидрокарбонатов и кальция, напро-

Таблица В.1 — Сравнение изменения во времени качества воды на различных участках рук. Ахтуба (данные ГХИ)

Участок реки	Сравниваемые годы	pH			SO_4^{2-}			HCO_3^-			Ca^{2+}			$\Sigma_{ионов}$		
		Среднее	Значимость различия	r	$\bar{C}$ мг/дм^3	Значимость различия	r %	$\bar{C}$ мг/дм^3	Значимость различия	r %	$\bar{C}$ мг/дм^3	Значимость различия	r %	$\bar{C}$ мг/дм^3	Значимость различия	r %
Участок 1																
Ср. Ахтуба—	1981—1985	7,73	Фон		71	Фон		118	Фон		49	Фон		320	Фон	
с. Солодовка	1988—1990	7,58	НР	−0,15	74	НР		139	Р	+18	50	НР		368	Р	+15
Участок 2																
с. Тамбовка—	1969—1970	8,28	Фон		54	Фон		150	Фон		44	Фон		322	Фон	
с. Урусовка	1988—1990	8,06	Р	−0,22	92	Р	+70	134	Р	−11	35	Р	−20	374	Р	+16
В том числе на створах:																
с. 20 лет ВЛКСМ	1988—1990	8,10	Р	−0,18	104	Р	+93	137	Р	−9	36	Р	−18	398	Р	+24
пос. Аксарайский	1988—1990	8,03	Р	−0,25	107	Р	+98	144	НР	−7	37	Р	−17	415	Р	+29
с. Сеитовка	1988—1990	8,06	Р	−0,22	101	Р	+87	137	Р	−9	37	Р	−17	390	Р	+21

Примечание — Здесь и в таблице В.2 Р — статистически различимо (изменение существенно); НР — статистически неразличимо (изменение несущественно); $\bar{C}$ — средняя концентрация; r — величина различия данных.

Таблица В.2 — Оценка пространственного изменения качества воды рук. Ахтуба в период разработки АГКМ (данные ГХИ)

Створ наблюдений	Σ ионов			SO_4^{2-}			HCO_3^-			Ca^{2+}		
	$\bar{C}$ мг/дм^3	Значимость различия	r %	$\bar{C}$ мг/дм^3	Значимость различия	r %	$\bar{C}$ мг/дм^3	Значимость различия	r %	$\bar{C}$ мг/дм^3	Значимость различия	r %
с. Солодовка	327	Фон	—	67	Фон	—	130	Фон	—	50	Фон	—
с. Селитренное	358	НР	+9	83	Р	+24	136	НР	+5	38	Р	−24
пос. Досанг	371	НР	+13	91	Р	+36	136	НР	+5	38	Р	−24
с. 20 лет ВЛКСМ	391	Р	+20	99	Р	+48	133	НР	+2	37	Р	−26
пос. Аксарайский	445	Р	+36	112	Р	+67	145	НР	+12	37	Р	−26
с. Сентовка	400	Р	+22	105	Р	+57	130	НР	0	38	Р	−24
с. Урусовка	347	НР	+6	84	Р	+25	123	НР	−5	36	Р	−28

тив, снизились на 11 и 20 % соответственно. Особенно значительные изменения произошли в составе речной воды у п. Аксарайский (расположенного в зоне наиболее интенсивного развития АГКМ). Так, значение pH здесь снизилось в среднем на 0,25, концентрация сульфатов и общая сумма ионов увеличились на 98 и 29 % соответственно.

В.4 Сравнение изменения химического состава воды Ахтубы на различных ее участках в период развития АГКМ (данные таблицы В.2) показало следующее. Концентрация макрокомпонентов в створах, расположенных в зоне интенсивного развития АГКМ (с. 20 лет ВЛКСМ, п. Аксарайский, с. Сеитовка), статистически значимо отличается от концентрации в условном фоновом створе (с. Солодовка). Так, сумма ионов в этих створах выше, чем в условном фоновом створе, на 20—36 %, концентрация сульфатов — на 48—67 %, концентрация кальция, напротив, ниже на 24—26 %. По мере удаления от зоны интенсивного развития АГКМ как вверх, так и вниз по течению реки (с. Селитренное и с. Урусовка) различия с условным фоном становятся менее заметными. Существенно отметить и тот факт, что в период до развития АГКМ по сумме ионов и концентрации кальция качество воды на сравниваемых участках Ахтубы практически не различалось: сумма ионов на участках 1 и 2 составляла в среднем соответственно 320 и 322 мг/дм^3, концентрация Ca^{2+} — 49 и 44 мг/дм^3 соответственно (по таблице В.2). Что же касается сульфатов, то их концентрация в период, предшествующий развитию АГКМ, в условном фоновом створе была даже выше, чем на участке реки в зоне нынешнего развития АГКМ, и составляла 71 и 54 мг/дм^3 соответственно (по таблице В.2).

Таким образом, полученные значимые различия в оценке статистических параметров указывают на существенное изменение качества воды рук. Ахтуба на участке в районе АГКМ как по сравнению с условным фоном, так и по сравнению с периодом, предшествующим его развитию.

Характер наметившихся изменений (снижение значений pH, концентрации HCO_3^- и Ca^{2+}, увеличение концентрации сульфатов и общей суммы минеральных веществ) в речной воде Волго-Ахтубинской поймы в районе развития АГКМ достаточно хорошо согласуется с характером изменений качества природной воды под влиянием кислотных осаждений и поэтому их можно связать прежде всего с влиянием кислотных выбросов объектами АГКМ.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СКОЛЬЗЯЩЕЙ СРЕДНЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА (ПРИМЕР РАСЧЕТА)

Таблица Г.1 — Тенденция изменения средней годовой концентрации нефтепродуктов в воде р. Оби у г. Сургута (данные Росгидромета)

Год	Средняя годовая концентрация, мг/дм^3	Скользящее среднее значение концентрации, мг/дм^3	Направление тенденции изменения
1975	0,12	—	
1976	0,34	0,22	
1977	0,21	0,27	Увеличение
1978	0,26	0,31	
1979	0,45	0,34	
1980	0,30	0,31	
1981	0,18	0,21	
1982	0,16	0,15	Снижение и
1983	0,12	0,15	стабилизация
1984	0,16	0,15	
1985	0,17	0,15	
1986	0,12	0,38	
1987	0,84	0,56	
1988	0,71	0,64	Увеличение
1989	0,38	0,79	
1990	1,29	0,80	
1991	0,74	—	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ВЫРАВНИВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО РЯДА ПО СПОСОБУ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА (ПРИМЕР РАСЧЕТА)

Таблица Д.1 — Тенденция изменения концентрации нефтепродуктов (мг/дм^3) в воде р. Оби у г. Сургута по пятилетиям в период с 1975 по 1989 г. (данные Росгидромета)

Год	$\bar{y}$	x	$x\bar{y}$	x^2	Выравненные значения средней $\bar{y}_x$
1975	0,12	−2	−0,24	4	0,16
1976	0,34	−1	−0,34	1	0,22
1977	0,21	0	0	0	0,28
1978	0,26	+1	0,26	1	0,34
1979	0,45	+2	0,90	4	0,40
		$n = 5$			$a_0 = \frac{1,38}{5} = 0,28$
	$\Sigma\bar{y} = 1,38;$	$\Sigma x = 0;$	$\Sigma x\bar{y} = 0,58;$	$\Sigma x^2 = 10;$	$a_l = \frac{0,58}{10} = 0,06$
1980	0,30	−2	−0,60	4	0,24
1981	0,18	−1	−0,18	1	0,21
1982	0,16	0	0	0	0,18
1983	0,12	+1	0,12	1	0,15
1984	0,16	+2	0,32	4	0,12
		$n = 5$			$a_0 = \frac{0,92}{5} = 0,18$
	$\Sigma\bar{y} = 0,92;$	$\Sigma x = 0;$	$\Sigma x\bar{y} = -0,34;$	$\Sigma x^2 = 10;$	$a_l = \frac{0,34}{10} = 0,03$

Окончание таблицы Д.1

Год	$\bar{y}$	x	$x\bar{y}$	x^2	Выравненные значения средней $\bar{y}_x$
1985	0,17	−2	−0,34	4	0,24
1986	0,12	−1	−0,12	1	0,34
1987	0,84	0	0	0	0,44
1988	0,71	1	0,71	1	0,54
1989	0,38	2	0,76	4	0,64
		$n = 5$			$a_0 = \frac{2,22}{5} = 0,44$
	$\sum \bar{y} = 2,22;$	$\sum x = 0;$	$\sum x\bar{y} = 1,01;$	$\sum x^2 = 10;$	$a_1 = \frac{1,01}{10} = 0,1$

Вывод. С 1975 по 1979 г. в изменении концентрации нефтепродуктов наблюдалась тенденция роста, с 1980 по 1984 г. — тенденция уменьшения, а с 1985 по 1989 г. — вновь тенденция увеличения.

Таблица Д.2 — Тенденция изменения средней годовой концентрации нефтепродуктов (мг/дм^3) в воде р. Оби у г. Сургута в целом за период с 1975 по 1991 г. (данные Росгидромета)

Год	$\bar{y}$	x	$x\bar{y}$	x^2	Выравненные значения средней $\bar{y}_x$
1975	0,12	−8	−0,96	64	0,08
1976	0,34	−7	−2,38	49	0,12
1977	0,21	−6	−1,26	36	0,16
1978	0,26	−5	−1,30	25	0,20
1979	0,45	−4	−1,80	16	0,24
1980	0,30	−3	−0,90	9	0,28
1981	0,18	−2	−0,36	4	0,32
1982	0,16	−1	−0,16	1	0,36
1983	0,12	0	0	0	0,40
1984	0,16	1	0,16	1	0,44
1985	0,17	2	0,34	4	0,48

Окончание таблицы Д.2

Год	$\bar{y}$	x	$x\bar{y}$	x^2	Выравненные значения средней $\bar{y}_x$
1986	0,12	3	0,36	9	0,52
1987	0,84	4	3,36	16	0,56
1988	0,71	5	3,55	25	0,60
1989	0,38	6	2,28	36	0,64
1990	1,61	7	11,27	49	0,68
1991	0,74	8	5,92	64	0,72

$n = 17$

$\sum \bar{y} = 6,87; \quad \sum x = 0; \quad \sum x\bar{y} = 18,12; \quad \sum x^2 = 408;$

$a_0 = \frac{6,87}{17} = 0,40$

$a_1 = \frac{18,12}{408} = 0,04$

$y_1 = 0,4 - 8 \cdot 0,04 = 0,08$
$y_2 = 0,4 - 7 \cdot 0,04 = 0,12$
$y_3 = 0,4 - 6 \cdot 0,04 = 0,16$
$y_4 = 0,4 - 5 \cdot 0,04 = 0,20$
$y_5 = 0,4 - 4 \cdot 0,04 = 0,24$
$y_6 = 0,4 - 3 \cdot 0,04 = 0,28$
$y_7 = 0,4 - 2 \cdot 0,04 = 0,32$
$y_8 = 0,4 - 1 \cdot 0,04 = 0,36$
$y_9 = 0,4 - 0 \cdot 0,04 = 0,40$
$y_{10} = 0,4 + 1 \cdot 0,04 = 0,44$
$y_{11} = 0,4 + 2 \cdot 0,04 = 0,48$
$y_{12} = 0,4 + 3 \cdot 0,04 = 0,52$
$y_{13} = 0,4 + 4 \cdot 0,04 = 0,56$
$y_{14} = 0,4 + 5 \cdot 0,04 = 0,60$
$y_{15} = 0,4 + 6 \cdot 0,04 = 0,64$
$y_{16} = 0,4 + 7 \cdot 0,04 = 0,68$
$y_{17} = 0,4 + 8 \cdot 0,04 = 0,72$

Вывод. В изменении концентрации нефтепродуктов в воде р. Оби у г. Сургута в целом за период с 1975 по 1991 г. наблюдается тенденция роста.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(справочное)

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ СКОРОСТИ САМООЧИЩЕНИЯ ВОДЫ ВОДОТОКОВ ОТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Таблица Е.1 — Ориентировочные коэффициенты ($сут^{-1}$) скорости самоочищения воды водотоков от загрязняющих веществ [2]

Вещества и показатели химического состава воды	Температура, °С		
	>15	10—15	<10
Ионы аммония	2,7	1,8	0,9
$БПК_5$	1,5	1,0	0,5
СПАВ	0,9	0,6	0,3
Фенолы	0,6	0,4	0,2
ХПК	0,3	0,2	0,1
Нефтепродукты	0,3	0,2	0,02

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(рекомендуемое)

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СОЕДИНЕНИЯМИ АЗОТА (РАЙОН РАЗВИТИЯ АГКМ). ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ж.1 Основные источники загрязнения поверхностных вод соединениями азота

Ж.1.1 Поверхностные воды в районе развития АГКМ значительно загрязнены соединениями азота. Основными источниками загрязнения речных вод этими компонентами являются агропромышленный комплекс (АПК), АГК с объектами сопутствующей инфраструктуры и загрязненный за пределами района транзитный сток. Влияние транзитного стока является доминирующим в загрязнении Волги и Бузана. Что касается Ахтубы и других водотоков Волго-Ахтубинской поймы, то качество их вод в силу слабой разбавляющей способности в большей степени подвержено влиянию местных (локальных) источников загрязнения.

Ж.1.2 Поступление загрязняющих веществ от перечисленных источников в водные объекты осуществляется неорганизованно, как правило, сложными миграционными путями. Последнее осложняет идентификацию источников загрязнения, что делает практически невозможным их дифференцированный учет. Поэтому для выявления приоритетности источника данного вида загрязнения авторами использован комплекс различных методов исследования изменения состава воды: анализ пространственно-временно́й динамики концентрации соединений азота в поверхностных водах рассматриваемого района; исследование загрязненности соединениями азота различных категорий природных вод (снеговых, дождевых, грунтовых) на территории, прилегающей к основным объектам АГК; исследование тенденции изменения основных составляющих сельскохозяйственного производства, вызывающих загрязнение природной среды соединениями азота (применение минеральных удобрений, развитие животноводства) в рассматриваемом районе.

Ж.2 Исследование распределения концентрации соединений азота в различных категориях природных вод на территории, прилегающей к АГК

Ж.2.1 На водосборах водотоков рассматриваемого района издавна интенсивно развивается сельское хозяйство, в том числе отрасли, которые могут привести к загрязнению природной среды соединениями азота (земледелие с применением минеральных удобрений и животноводство). С конца 1986 г. в районе начал функционировать еще один источник данного вида загрязнения — АГК. Поскольку поверхностные воды Волго-Ахтубинской поймы испытывают значительную нагрузку соединениями азота, возникает вопрос, какой из названных факторов является приоритетным. Сведений о загрязнении природной среды соединениями азота под влиянием сельскохозяйственного производства в литературе достаточно много, поэтому доказывать причастность данного вида антропогенного воздействия к загрязнению поверхностных вод соединениями азота нет необходимости.

Ж.2.2 Для подтверждения негативного воздействия АГК на природные воды проводился комплекс специальных наблюдений за изменением содержания соединений азота в снеговых, дождевых и грунтовых водах на территории, прилегающей к АГПЗ — основному в составе АГК источнику выбросов оксидов азота. Получены следующие результаты: обнаружены достаточно высокие концентрации соединений азота в дождевой воде непосредственно на территории АГПЗ (1,28—4,1 мг/дм^3 аммонийного азота и 0,035—0,17 мг/дм^3 нитритов), в снеговой воде как на территории, прилегающей к АГПЗ (до 2,6 и 0,092 мг/дм^3 соответственно), так и в районе емкостей сезонного регулирования (ЕСР), куда сбрасываются после биологической очистки сточные воды АГПЗ (до 1,56 мг/дм^3 азота аммонийного и до 0,092 мг/дм^3 нитритов). Аномально высокие концентрации аммонийного азота (до 15,6 мг/дм^3) и нитритов (до 9,6 мг/дм^3) обнаруживались эпизодически и в грунтовых водах, отобранных в районе ЕСР.

Таким образом, результаты выполненных исследований подтверждают высокую вероятность негативного влияния АГК на качество природных вод прилегающей территории. Последствия его могут распространяться на значительное расстояние: по данным снеговых съемок, влияние выбросов АГПЗ с подветренной относительно завода стороны не ограничивалось радиусом исследований в 110 км [6].

Ж.3 Анализ изменений пространственно-временно́й динамики концентрации соединений азота в поверхностных водах района

Ж.3.1 Характеристика изменения загрязненности соединениями азота воды в водотоках, сопряженных с территорией АГКМ

Ж.3.1.1 Влияние АГКМ на природную среду, в отличие от сельскохозяйственного производства, началось недавно. Поэтому с целью выявления приоритетности источника загрязнения поверхностных вод соединениями азота целесообразно сравнить состояние загрязненности воды во временно́м аспекте (выделяя при этом период, предшествующий развитию АГК, и период его функционирования) и в пространстве (выделяя водотоки или их участки, сопряженные непосредственно с территорией развития АГК, и водотоки, не сопряженные с этой территорией). Из водотоков, сопряженных с территорией АГК, информация для периода, предшествующего его развитию, имеется лишь для Ахтубы. Согласно этим данным, концентрация нитратов в воде Ахтубы на участке, сопряженном с территорией АГК, в период до его развития составляла 0—0,37 мг/дм^3 (в среднем 0,29 мг/дм^3). В период развития АГК средняя концентрация увеличилась до 0,35 мг/дм^3, общий интервал изменений составил 0,01—1,80 мг/дм^3. Концентрация аммонийного азота в исходный период изменялась в интервале 0—0,33 мг/дм^3 (в среднем 0,08 мг/дм^3), случаев превышения ПДК, по имеющимся данным, не наблюдалось. В период функционирования АГК наметилась тенденция роста загрязненности воды данным компонентом (средняя концентрация увеличилась до 0,21 мг/дм^3), отмечается значительная неоднородность пространственно-временно́го распределения концентраций (общий размах ее колебаний составил от 0 до 1,15 мг/дм^3), появились случаи превышения ПДК. В 1989 г. число случаев превышения ПДК по данному компоненту в различных створах составило 15—23 %, в 1990 г. — 12—23 % от общего числа наблюдений в году. В период весеннего половодья 1990 г. число случаев превышения ПДК по NH_4^+ достигало 83 %.

Ж.3.1.2 В последние годы на участке Ахтубы в районе развития АГК одним из приоритетных загрязняющих веществ стал азот нитритный. В период до развития АГК в воде Ахтубы на рассматриваемом участке были зафиксированы лишь единичные случаи присутствия нитритов. Концентрация выше ПДК наблю-

далась в исключительных случаях и только летом. В период развития АГК превышение ПДК по нитритам носит устойчивый характер в течение всего года: в 1989 г. оно наблюдалось в 79 %, в 1990 г. — в 85 % случаев от общего числа наблюдений за год. В период весеннего половодья 1989 и 1990 гг. превышение ПДК по нитритам зафиксировано во всех пробах воды, отобранных в различных створах на рассматриваемом участке реки.

Ж.3.1.3 Аналогичный характер изменений концентрации соединений азота прослеживается в воде других водотоков Волго-Ахтубинской поймы, сопряженных с территорией АГК (пр. Берекет, пр. Кигач).

Ж.3.2 Характеристика изменения загрязненности соединениями азота воды в водотоках, не сопряженных с территорией АГК

Ж.3.2.1 Волга (с. Верхнее Лебяжье). Состояние загрязненности волжской воды соединениями азота в годы функционирования АГК изменялось неоднозначно. Так, концентрация NH_4 по сравнению с исходным периодом в 1988 г. была выше в среднем в 2 раза, а в 1989—1990 гг. — ниже на 80—90 %; в 1991 г. она вновь поднялась до уровня исходного периода. Концентрация нитратов в первые годы функционирования АГК оставалась приблизительно на уровне предшествующего периода, в последние годы снизилась на 15—30 %. Нитриты остаются характерным загрязняющим компонентом состава волжской воды, но обнаруживаются в последние годы (за исключением 1989 г.) в меньшей (на 40—65 %) концентрации.

Ж.3.2.2 Бузан (с. Красный Яр). Водный сток Бузана у с. Красный Яр формируется в большей степени за счет волжской и в меньшей степени за счет ахтубинской воды. Динамика загрязненности соединениями азота воды Бузана в многолетнем цикле в общих чертах повторяет таковую волжской воды. За годы функционирования АГК средняя годовая концентрация нитратов снизилась на 15—40 %, аммонийного азота — на 50—90 %. В 1989 и 1991 гг. наблюдалось заметное снижение концентрации нитритов (в среднем на 70 и 35 % соответственно). Тем не менее нитриты и в последние годы остаются характерным загрязняющим компонентом воды Бузана. В то же время по сравнению с исходной (волжской) водой уровень загрязненности воды Бузана по данному показателю в последние годы был выше в среднем на 30—40 %, что говорит о наличии местного источника свежего загрязнения в данном районе (очевидно, сказывается влияние воды Ахтубы).

Таким образом, анализ пространственно-временно́й динамики концентраций соединений азота в речной воде в зоне развития АГК указывает на значительный рост в период функционирования комплекса загрязненности воды Ахтубы на участке, сопряженном с территорией АГК. В воде водотоков, не сопряженных непосредственно с территорией комплекса (р. Волга у с. Верхнее Лебяжье и рук. Бузан у с. Красный Яр), концентрация соединений азота, напротив, в среднем снизилась.

Полученные результаты позволяют сделать следующие основные выводы: влияние АГК четко прослеживается на водотоках, сопряженных с его территорией; на водотоках, не сопряженных с территорией АГК, его влияние либо вовсе не обнаруживается (р. Волга, с. Верхнее Лебяжье), либо же оно выражено неявно (рук. Бузан, с. Красный Яр).

Ж.4 Исследование тенденции изменения параметров сельскохозяйственного производства в период функционирования АГК

Ж.4.1 Выше было дано обоснование негативного воздействия АГК на качество природных вод прилегающей к нему территории. Полученные результаты дают основание объяснять наметившееся в последние годы увеличение концентрации соединений азота в поверхностных водах Волго-Ахтубинской поймы в первую очередь влиянием комплекса. Однако в связи с наличием в этом районе альтернативного источника загрязнения природной среды соединениями азота — агропромышленного комплекса, для подтверждения высказанной версии был выполнен анализ тенденции изменения данного фактора в период функционирования АГК.

Ж.4.2 В числе основных факторов сельского хозяйства, негативно воздействующих на природные воды, следует выделить последствия применения на водосборе минеральных (азотных) удобрений и развитие животноводческих ферм.

Известно, что интенсивное применение азотных удобрений может способствовать накоплению в почве минеральных форм азота. Поступление этих компонентов (преимущественно в форме нитратов) с сельскохозяйственных полей в реки возможно с дренажными водами (в вегетационный период года), с водами поверхностного склонового стока (особенно в периоды таяния снега и ливневых дождей) и с водами подземного стока (особенно в меженный период). В последнее время в литературе появилось нема-

ло работ, подтверждающих загрязнение природных вод вследствие применения азотных удобрений. Согласно им, во многих малых реках сельской местности концентрация соединений азота значительно увеличилась. Вынос азота с сельхозугодий варьируется в зависимости от климата, рельефа местности, количества, способа и времени внесения удобрений, режима стока и т. д. По данным Э. О. Лойгу [7], весьма значительный вынос азота (около 25—32 % от внесенного количества) отмечен при интенсивном освоении водосбора (100 % полей). Экстремально высокий (до 80 % от внесенного количества) вынос соединений азота наблюдается при разбрасывании удобрений на мерзлую почву или на поверхность снега. Все вышесказанное говорит о том, что азотные удобрения, интенсивно применяемые на полях исследуемого района, могут быть существенным фактором загрязнения природных вод соединениями азота.

Азотные удобрения применялись в данном районе и до развития АГК: в 1986 г. на водосборной территории Ахтубы (на участке с. Селитренное—с. Джанай) было внесено 12,9 тыс. т. В период функционирования АГК наметилась незначительная тенденция снижения применения азотных удобрений: в 1987 г. внесено 12,4 тыс. т, а в 1988 г. — 12,0 тыс. т. Несмотря на высокую вероятность загрязнения поверхностных вод исследуемого района соединениями азота за счет внесения азотных удобрений, приведенная статистика по изменению внесенного их количества исключает приоритетность данного фактора в наметившемся в последние годы ухудшении качества воды по этому показателю.

Ж.4.3 Другим потенциальным источником загрязнения природных вод рассматриваемого района соединениями азота являются животноводческие фермы и птицефермы, расположенные в пойменной части водотоков. Влияние их на водные объекты может осуществляться различными путями: с водами поверхностного стока (талыми снеговыми и ливневыми) с территорий ферм и полей, удобренных навозом, при аварийных сбросах из навозохранилищ, при переполнении отстойников и т. д. Установлено, что особую опасность для водных объектов представляют фермы, расположенные в пойменной части водотоков и подвергающиеся затоплению в период весеннего половодья.

В рассматриваемом районе основная часть животноводческих ферм и птицеферм сконцентрирована в поймах рек. Несмотря на эвакуацию животных (в частности, овец) в степь на период весеннего половодья, негативное влияние оставленной после них загрязненной территории на весенние воды не исключается, ибо в

этот период создаются условия для затопления талыми водами загрязненной территории ферм и смыва с нее загрязняющих веществ в ближайшие водные объекты. Этим обстоятельством, по-видимому, можно частично объяснить рост концентрации соединений азота (особенно нитритов и аммонийного азота) в воде Ахтубы в период весеннего половодья.

Все вышесказанное позволяет судить о сточных водах животноводческих ферм и птицеферм как о серьезном источнике загрязнения природных вод. Однако заметным толчком для роста загрязненности поверхностных вод данного района этот фактор не мог быть по следующей причине. В районе Волго-Ахтубинской поймы в пределах рассматриваемой территории, по данным за 1989 г., содержалось 9,8 тыс. голов крупного рогатого скота (на 17 % больше, чем в 1986 г.), 23,7 тыс голов овец и 22 тыс. птиц (соответственно на 32 и 12 % меньше, чем в 1986 г.). Таким образом, в суммированном виде существенных изменений параметров данного источника относительно периода, предшествующего развитию АГК, практически не было.

Ж.5 Выводы

Результаты проведенного комплекса исследований дают основание считать загрязненность речных вод интегральным показателем всех присущих району антропогенных источников загрязнения, как промышленных, связанных с развитием АГК, так и сельскохозяйственных, связанных с применением на полях азотных удобрений, а также с содержанием в пойменной части животноводческих ферм и птицеферм. В то же время, учитывая тенденцию снижения применения на полях азотных удобрений и относительную стабильность (в сумме) поголовья скота, следует отметить увеличение уровня загрязненности соединениями азота речных вод в рассматриваемом районе в первую очередь за счет вновь появившегося источника загрязнения, т. е. за счет АГК.

ПРИЛОЖЕНИЕ И
(рекомендуемое)

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОГО ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ РЕЧНОЙ ВОДЫ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ РУК. АХТУБА В РАЙОНЕ РАЗВИТИЯ АГКМ). ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

И.1 Для выяснения причастности АГКМ к загрязнению речной воды нефтепродуктами был выполнен комплекс экспериментальных работ, основной целью которых являлась идентификация компонентного состава нефтепродуктов в воде и донных отложениях Ахтубы на участке, сопряженном с территорией разрабатываемой части месторождения [3].

В отобранных пробах воды и донных отложений определяли основные нефтяные компоненты: углеводороды, смолы и асфальтены (смолистые компоненты), суммарное содержание нефтепродуктов. Для количественного определения нефтепродуктов использован метод систематического анализа [8, 11, 19—22]. Для идентификации происхождения нефтепродуктов и выявления возможного источника загрязнения в исследуемом районе использовали метод газовой хроматографии для углеводородов и спектрофлуориметрии для окисленных смолистых компонентов [12—16]. Индикацию источников загрязнения проводили по аналогии компонентного состава нефтепродуктов в воде и донных отложениях с их составом в конденсате АГКМ.

И.2 Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

Анализ пробы конденсата АГКМ показал наличие легколетучих (6 %) и нелетучих (70 %) углеводородов, смолистых компонентов (24 %). Компонентный состав углеводородов представлен гомологическим рядом *H*-алканов C_{10}—C_{12} с максимумом C_{11}—C_{15} и их изомерами, содержание которых значительно меньше.

Концентрация нефтепродуктов в воде Ахтубы на исследуемых участках изменялась в весенний период в интервале 0,04—0,15 мг/дм^3 (0,8—3 ПДК), в летний период — в интервале 0,10—1,02 мг/дм^3 (2,0—20,4 ПДК) (таблица И.1). На долю углеводородной фракции в пробах, отобранных летом, приходилось 75—

Таблица И.1 — Содержание и групповой состав нефтяных компонентов в воде Ахтубы в районе развития АГКМ (1991 г.)

Номер точки отбора проб	Место отбора проб	Весна				Суммарное содержание нефтепродуктов, мг/дм^3	Лето				Суммарное содержание нефтепродуктов, мг/дм^3
		Углеводороды		Смолистые компоненты			Углеводороды		Смолистые компоненты		
		мг/дм^3	% от суммарного содержания	мг/дм^3	% от суммарного содержания		мг/дм^3	% от суммарного содержания	мг/дм^3	% от суммарного содержания	
	рук. Ахтуба										
1	с. Селитренное	0,08	73	0,03	27	0,11	0,12	75	0,04	25	0,16
2	пос. Аксарайский (левый берег)	0,04	67	0,02	33	0,06	0,98	96	0,04	4	1,02
3	пос. Аксарайский (середина реки)	0,09	60	0,06	40	0,15	—	—	—		-
4	с. Сеитовка	0,07	88	0,01	12	0,08	—	—	—	-	
5	с. Новоурусовка	0,03	75	0,01	25	0,04	0,08	80	0,02	20	0,10
	Малая протока Ахтубы										
6	пос. Молодежный	0,04	67	0,02	33	0,06	0,13	76	0,04	24	0,17

Примечание — Здесь и в таблице И.2 знак „—" показывает, что определение не выполнялось.

96 % от суммы нефтяных компонентов, что свидетельствует о наличии свежего загрязнения относительно легкими нефтепродуктами. В пробах, отобранных в весенний период, напротив, была повышена доля смолистых компонентов, что объясняется трансформацией исходного состава нефтепродуктов в весенний период, сопровождающейся накоплением более устойчивых к биодеградации и окислению смол и асфальтенов. Как в весенний, так и в летний период самая высокая концентрация нефтепродуктов (0,15 и 1,02 мг/дм^3 соответственно) наблюдалась на участке Ахтубы, расположенном в зоне наиболее интенсивного развития АГКМ (у пос. Аксарайский, точки 2 и 3). По мере удаления от этого створа вниз по течению реки концентрация нефтепродуктов снижалась и составила в точке 5 (за пределами территории АГКМ) 0,04 мг/дм^3 весной и 0,10 мг/дм^3 летом. Относительно высокие концентрации (0,11 мг/дм^3 весной и 0,16 мг/дм^3 летом) были зафиксированы также в точке 1 (входной створ на участке Ахтубы, сопряженном с территорией АГКМ). Анализ качественного состава углеводородной фракции нефтепродуктов в этих пробах параллельно с исследованием люминесцентных характеристик их окисленных компонентов выявил существенные различия между ними. Так, в составе углеводородов в пробах, отобранных в точках 2 и особенно 3—4, явно преобладали летучие углеводороды (до C_{12}), на долю которых в летний период приходилось до 96 % от суммарного содержания нефтепродуктов. Окисленные смолистые компоненты составили всего лишь 4 %. Напротив, состав углеводородов, содержащихся в пробе воды, отобранной в точке 1, представлен гомологическим рядом *H*-алканов C_{15}—C_{32} с максимумом в области C_{19}—C_{29} и заметным преобладанием компонентов с нечетным числом атомов углерода (особенно C_{19}, C_{23}, C_{25} и C_{29}). Последнее может указывать на присутствие в этой пробе воды углеводородов биогенного происхождения, а следовательно, на влияние здесь другого источника загрязнения.

Содержание нефтепродуктов в донных отложениях, отобранных в районе наблюдения, достаточно четко коррелирует с их концентрацией в водной массе (таблица И.2). Наиболее высокие концентрации нефтепродуктов зафиксированы в донных отложениях, отобранных в точках 2 и 5 (0,39 и 0,37 мг/г сухого вещества весной и 0,52 и 0,57 мг/г сухого вещества летом). По виду хроматограмм, люминесцентным характеристикам, наличию нефтяных смол и асфальтенов, на долю которых приходится 15—18 % весной и 6—12 % летом, можно судить о том, что донные отложения

Таблица И.2 — Содержание и групповой состав нефтяных компонентов в донных отложениях Ахтубы в районе развития АГКМ (1991 г.)

Номер точки отбора проб	Место отбора проб	Весна					Лето				
		Углеводороды		Смолистые компоненты		Суммарное содержание нефтепродуктов, мг/г	Углеводороды		Смолистые компоненты		Суммарное содержание нефтепродуктов, мг/г
		мг/г сухого вещества	% от суммарного содержания	мг/г сухого вещества	% от суммарного содержания		мг/г сухого вещества	% от суммарного содержания	мг/г сухого вещества	% от суммарного содержания	
рук. Ахтуба											
1	с. Селитренное	0,12	100	Следы	0	0,12	0,10	83	0,02	17	0,12
2	пос. Аксарайский	0,39	85	0,07	15	0,46	0,49	94	0,03	6	0,52
3	с. Сеитовка	—	—	—	—	—	0,06	86	0,01	14	0,07
4	с. Новоурусовка	—	—	—	—	—	0,05	100	Следы	0	0,05
Малая протока Ахтубы											
5	пос. Молодежный	0,37	82	0,08	18	0,45	0,50	88	0,07	12	0,57

на этом участке Ахтубы загрязнены легкими нефтепродуктами (свежее загрязнение).

И.3 На основании выполненных исследований выявлена зона устойчивых повышенных концентраций нефтепродуктов в воде и донных отложениях рук. Ахтуба на участке, сопряженном с районом наиболее интенсивной разработки АГКМ. Состав нефтепродуктов в воде реки на этом участке близок к групповому и компонентному составу нефтяных компонентов конденсата АГКМ. Последнее дает основание считать АГК, который работает на сырье этого месторождения, главным источником загрязнения нефтепродуктами воды Ахтубы на рассматриваемом участке.

ПРИЛОЖЕНИЕ К
(справочное)

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Буштуева К. А., Случанко И. С. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды. — М.: Медицина, 1979. — 160 с.

2. Временные методические рекомендации по прогнозированию химического состава поверхностных вод с учетом перераспределения стока. — Л.: Гидрометеоиздат, 1988. — 25 с.

3. Дать оценку изменения экологической ситуации в поверхностных водах Волго-Ахтубинской поймы в зоне возможного влияния Астраханского газоконденсатного комплекса: Отчет о НИР / Гидрохимический институт (ГХИ); Руководитель В. М. Иваник. — № ГР 01910002858; Инв. № 02920003796. — Ростов-на-Дону, 1991. — 66 с.

4. Закономерности разделения изотопов углерода нефтяных углеводородов (НУ) в природных и индустриальных условиях / Ю. А. Федоров, В. А. Дорогочинская, С. Ф. Махов, М. А. Тызыхов // Тез. докл. IV Всесоюз. конф. по масс-спектрометрии „Применение масс-спектрометрии в органической химии, биологии, медицине". Секция 5. — Сумы, 1986. — С. 174—175.

5. Иваник В. М., Клименко О. А. Загрязнение поверхностных вод нефтепродуктами в Тюменской области и основные пути его предотвращения // Гидрохимические материалы. — 1990. — Т. 109. — С. 46—55.

6. Иваник В. М., Сокирко Г. И., Федорова Е. А. Анализ пространственно-временно́го изменения химического состава снежного покрова в районе Астраханского газоконденсатного комплекса // Гидрохимические материалы. — 1992. — Т. 112. — С. 21—39.

7. Лойгу Э. О. Воздействие рассредоточенных нагрузок интенсивного полевого хозяйства на качество воды малых рек // Ученые записки Тартуского ун-та. — 1985. — Вып. 701. — С. 73—76.

8. Методика и методология количественного определения и идентификации состава нефтепродуктов в объектах природной среды / А. Г. Страдомская, Н. С. Ляпкина, К. П. Тарасова, А. Д. Семенов // Материалы VI Всесоюз. конф. по аналитической химии органических веществ. — М., 1991.

9. Методические указания по идентификации источников нефтяного загрязнения водных объектов (в печати).

10. Никаноров А. М., Федоров Ю. А. Стабильные изотопы при выявлении путей и источников поступления загрязняющих веществ в поверхностные воды // Водные ресурсы. — 1987. — № 4. — С. 159—164.

11. Развитие методики количественного определения и идентификации нефтяных компонентов в объектах природной среды / А. Г. Страдомская, А. Д. Семенов, Л. Ф. Павленко и др. // Материалы симпоз. ученых стран—членов СЭВ „Защита вод от загрязнений". — Харьков, 1990. — С. 87—90.

12. РД 52.24.80—89. Методические указания по определению нефтепродуктов в донных отложениях.

Научно-производственное издание

Р 52.24.557—96
РЕКОМЕНДАЦИИ

Оценка состояния загрязнения поверхностных вод в регионах освоения нефтяных и газовых месторождений и влияние на них данного вида антропогенного воздействия

Редактор О. М. Федотова. Технический редактор Н. Ф. Грачева.
Корректор Г. Н. Римант.

ЛР № 020228 от 10.11.96

Подписано в печать 16.04.97. Формат 60 × 84 1/16. Бумага книжно-журнальная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,26. Усл. кр.-отт. 3,38. Уч.-изд. л. 3,06. Тираж 100 экз. Индекс ГЛ-24. Заказ
gost.e-ecolog.ru
Отпечатано в типографии ИТА РАН.

Институт теоретической астрономии РАН, 191187, С.-Петербург, наб. Кутузова