

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**В. Л. Бочаров, А. С. Егоров***Воронежский государственный университет*

Нефтегазодобывающая отрасль является одной из самых экологически опасных отраслей недропользования. Она отличается большой энергоемкостью, значительным загрязнением обширных территорий и высокой пожароопасностью промышленных объектов. Охрана недр предусматривает осуществление комплекса мероприятий по предотвращению потерь нефти и газа, обеспечение безопасности населения, рационального использования поверхностных и подземных вод, предотвращение их загрязнения.

Состояние окружающей природной среды является одной из наиболее острых социально-экономических проблем, прямо или косвенно затрагивающих интересы каждого человека.

В настоящее время человечество находится в периоде сверх интенсивного использования ресурсов окружающей среды — расход ресурсов превышает их прирост, что неизбежно ведет к истощению ресурсов.

Нефтегазодобывающая отрасль — одна из самых экологически опасных отраслей хозяйствования. Она отличается большой землеемкостью, значительной загрязняющей способностью, высокой взрыво- и пожароопасностью промышленных объектов. Химические реагенты, применяемые при бурении скважин, добыче и подготовке нефти, а также добываемые углеводороды и смеси к ним являются вредными веществами для растительного и животного мира, а также для человека.

Поэтому разведка, разбуривание и разработка нефтяных месторождений должны осуществляться при полном и строжайшем соблюдении мер по охране недр и окружающей среды.

Охрана недр предусматривает осуществление комплекса мероприятий, направленных на предотвращение потерь нефти в недрах вследствие низкого качества проходки скважин, нарушений технологии разработки нефтяных залежей и эксплуатации скважин, приводящих к преждевременному обводнению или дегазации пластов, перетокам жидкости между продуктивными и соседними горизонтами, разрушению нефтесодержащих пород, обсадной колонны и цемента за ней.

Охрана окружающей среды предусматривает мероприятия, направленные на обеспечение безопасности населенных пунктов, рациональное использование земель и вод, предотвращение загрязнения поверхностных и подземных вод, воздушного бассейна, сохранения лесных массивов, заповедников, охранных зон и т.п.

ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Природные воды являются одним из объектов нефтяного загрязнения и наряду с атмосферой и литосферой испытывают техногенное воздействие при разведке и добыче углеводородов. При этом в первую очередь, происходит снижение качества вод в результате загрязнения нефтью, промышленными стоками, химреагентами, буровыми растворами.

Величина мировых потерь нефтепродуктов составляет по различным оценкам несколько сот миллионов тонн в год, из них около 20 % ежегодно попадает в Мировой океан. При поступлении углеводородов в природные воды увеличиваются концентрации органических веществ и высокотоксичных продуктов (фенолов, нафтенов). Одновременно снижается скорость газообмена между водной средой и атмосферой. Растворимость нефти в воде является определяющим свойством в процессе загрязнения гидросферы. Увеличение этого показателя отмечается в следующей последовательности: парафины — нафтены — олефины — ароматические вещества.

Наивысшей растворимостью характеризуются более легкие нефтепродукты, Максимальное суммарное содержание растворенных ароматических углеводородов в воде может достигать 1,5 г/л.

Одним из распространенных представителей полициклических ароматических углеводородов

является бензопирен, обладающий сильным канцерогенным действием, ПДК которого в воде установлено в 0,05 мкг/л.

Присутствие нефти и нефтепродуктов в природных водах, превышающее ПДК, как правило, сокращает или полностью исключает практическое использование последних. В табл. 1 приведены сведения по ПДК загрязнителей нефтяного происхождения в различных объектах водопользования.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

Поступление нефти в океан приводит к сокращению и ухудшению биологических и рекреационных морских ресурсов. Площадь загрязнения от разлива 1 т нефти при толщине пленки несколько сотых микрометра может составить более 30 км².

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации нефтепродуктов в природных водах

Наименование загрязнителя	ПДК, мг/л	
	Хозяйственно-питьевые водоемы	Рыбохозяйственные объекты
Нефть и нефтепродукты	0,3	0,05
Нефть высокосернистая	0,1	—
Этилен	0,5	—
Мазут	0,3	—
Бензин топливный в расчете на углерод	0,1	—
Керосин в расчете на углерод	0,1	—
Нафтенновые кислоты	0,3	—
Бензол	0,5	0,5
Масло соляровое	—	0,01

Интенсивность процессов самоочищения зависит от климатических условий региона и от свойств самой нефти. Миграция нефти и нефтепродуктов в водной среде осуществляется в пленочной, эмульгированной и растворенной формах, а также в виде нефтяных агрегатов. Донные осадки аккумулируют нефть, однако этот процесс нельзя рассматривать как самоочищение акваторий. В этом случае разложение сорбированных углеводородов происходит значительно медленнее, чем в водной среде. Кроме того, на контакте среды и русловых отложений устанавливается динамическое равновесие и осадки могут служить повторным источником загрязнения водоема.

Известна прямая связь между температурным режимом и деятельностью микрофлоры, очищающей воду от нефти. Наиболее эффективно процессы самоочищения проходят в районах экваториального шельфа и гораздо медленнее на глубоководных акваториях и в приполярных морях, где нефть может сохраняться в растворенном состоянии или в виде эмульсии на водной поверхности в течение нескольких десятков лет.

Аналогичные закономерности наблюдаются и при поступлении нефти в речную сеть. По данным Р. И. Медведского (1978 г.), в средней климатической зоне самоочищение рек от нефтяного загрязнения происходит на участке длиной 200—300 км, а в условиях Крайнего Севера для этой цели требуется 1500—2000 км. Такие протяженные пути транспортировки нефтяного загрязнения не исключают возможности поступления углеводородов в шельфовую зону Северного Ледовитого океана. Основными поставщиками нефтяного загрязнения океана служат поверхностные водотоки, протекающие через площади интенсивного хозяйственного освоения и сточные воды промышленных предприятий, расположенных в береговой зоне. Морской флот занимает второе место в статистических данных как источник поступления углеводородов и гидросферы.

Разведка и добыча нефти на континентальном шельфе также сопровождается техногенным загрязнением Мирового океана. По зарубежным оценкам, поступление нефти в океан из этого источника не превышает 200—300 тыс. т/год. Аварийные разливы наиболее часто происходят при испытаниях скважин и транспортировке углеводородного сырья по трубопроводам на береговые сборные пункты.

Для охраны гидросферы от нефтяного загрязнения большое распространение должны получить превентивные природоохранные мероприятия, снижающие или исключающие вероятность аварии при добыче и транспортировке углеводородного сырья. Они связаны с увеличением затрат на строительство судов, морских стационарных платформ и подводных трубопроводов, но их объем значительно меньше расходов на применение методов очистки воды и убытков от ухудшения биологических и рекреационных ресурсов Мирового океана. [1, 8].

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Масштабность техногенного воздействия разведки и разработки месторождений углеводородов

на подземные воды зависит от геологического строения, гидродинамических и термобарических условий, технологии эксплуатации нефтегазоводоносных комплексов.

Влияние техногенных факторов непосредственно сказывается на изменениях физико-химического состава и органолептических свойств грунтовых вод, а с некоторым запозданием во времени — и на качественных характеристиках подземных вод глубоких структурных горизонтов. Как следствие, гидрохимическая и температурная обстановка в водоносных горизонтах, сформированная под воздействием техногенных факторов, оказывает влияние на фильтрационные свойства пород. Экспериментальные данные свидетельствуют, что при изменении температуры от 20 до 80 °С проницаемость глин возрастает на один или два порядка, что, в свою очередь, обуславливает увеличение скорости латеральной миграции подземных вод и вертикального водообмена.

При фильтрации воды, загрязненной нефтепродуктами, происходит их постоянное накопление во вмещающих породах. Вместе с тем, параллельно накоплению идут процессы разложения органических веществ с учетом реальной физико-химической обстановки в коллекторе.

Случаи нефтяного загрязнения широко распространены во многих промышленно развитых странах. Обычно на этот вид загрязнения приходится 30—40 % общего загрязнения подземных вод и по масштабам негативного воздействия нефть стоит в одном ряду с ведущими химическими загрязнителями — соединениями азота, серы, хлора и фосфора. Из отечественной и зарубежной практики известны примеры, когда подземные водозаборы были выведены из строя на десятки лет в результате загрязнения нефтепродуктами. На отдельных объектах загрязнение практически невозможно ликвидировать с приемлемыми технико-экономическими показателями. Эффективность борьбы с нефтяным загрязнением подземных вод в значительной степени снижается из-за недостаточной изученности механизма загрязнения нефтепродуктами и слабой разработанности методов его индикации.

Существенное влияние на загрязнение поверхностных и подземных вод оказывают попутные воды, которые извлекаются из продуктивного пласта на поверхность вместе с нефтью или газом. Наряду с высоким содержанием солей в этих водах присутствуют токсичные элементы (бор, литий, бром, стронций и др.) и органические вещества

(нафтеновые кислоты, фенолы, эфиры, бензол и др.). В попутных водах встречаются механические примеси, нефтепродукты, а также утяжелители и химреагенты, которые применяют в процессе бурения скважин [1, 5].

УТИЛИЗАЦИЯ ВОД НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В настоящее время для нейтрализации воздействия сточных вод на окружающую среду применяется их естественное упаривание в прудах-испарителях и на полях фильтрации, закачка в глубокие поглощающие горизонты и заводнение продуктивных коллекторов для ППД.

Первые два способа используются ограниченно, так как косвенно влияют на загрязнение воздушной среды и подземных вод.

Наиболее приемлемым с экологических и экономических позиций является заводнение продуктивных горизонтов. Кроме повышения нефтеотдачи, ППД позволяет уменьшить вероятность изменения пространственного положения или разрушения залежей из-за увеличения градиентов напоров в продуктивных резервуарах.

В отечественной и зарубежной практике накоплен опыт захоронения промысловых сточных вод в глубокие поглощающие горизонты. Они должны иметь значительное площадное распространение, высокие емкостные и фильтрационные характеристики, быть приуроченными к зоне застойного или замедленного гидродинамического режима, обладать выдержанными водоупорами, исключаящими гидравлическую связь пласта-коллектора с другими водоносными горизонтами. Обязательным условием должна быть совместимость составов пластовых и закачиваемых вод. В противном случае происходит отложение солей в призабойной зоне нагнетательных скважин, что отрицательно сказывается на их приемистости. Участки размещения нагнетательных скважин необходимо располагать за пределами сейсмически активных районов.

Контроль за гидрогеологическими параметрами поглощающих горизонтов осуществляется с помощью наблюдательных скважин. Однако даже при соблюдении всех мер предосторожности, предъявляемых к системе нагнетания и поглощающему объекту, захоронение сточных вод в подземные горизонты представляет потенциальную опасность для геологической среды.

Наиболее рациональное использование подземных вод и рассолов, добываемых вместе с нефтью, возможно при заводнении продуктивных горизонтов

для поддержания пластового давления. Применение системы ППД позволяет повысить нефтеотдачу пластов и темпы отбора нефти и, как следствие, сократить срок разработки месторождения. Кроме того, решается вопрос оборотного водоснабжения нефтедобывающих предприятий и сокращаются расходы на бурение поглощающих скважин. В настоящее время свыше 1,5 млрд м³ пластовых вод откачивается из коллекторов вместе с нефтью, из них 90 % попутных вод находят применение в системах заводнения, а по отдельных объединениям этот показатель достигает 95—100 %. Благодаря утилизации этих вод, в оборотном водоснабжении частично компенсируется расход пресных вод для технологических целей при добыче нефти. Использование пластовых или сточных вод позволяет повысить коэффициент вытеснения нефти на 5—8 % по сравнению с применением пресных вод для той же цели. Однако суммарное потребление поверхностных вод при разведке и эксплуатации месторождений углеводородного сырья еще весьма значительно.

Особое внимание следует уделить биологической и химической совместимости закачиваемых вод. Применение пресных вод для заводнения нефтяных коллекторов способствует развитию микробиологических процессов и, как следствие, заражению продуктивных пластов аэробными и анаэробными бактериями. Скорость формирования микробиологического сообщества в призабойных зонах нагнетательных скважин зависит от физико-химических условий пласта и количества закачиваемой воды, содержащей кислород. В среднем этот период времени исчисляется несколькими месяцами, реже первыми годами от момента начала разработки месторождений с ППД.

Наибольшую опасность в связи с высокой коррозионной активностью представляют сульфатвосстанавливающие, нитрофицирующие, тионовые и железобактерии. Среди разнообразных групп микроорганизмов, обнаруженных в попутных водах, следует отметить сульфат-восстанавливающие бактерии, содержание которых достигает нескольких миллионов клеток в 1 мл воды.

Оптимальными условиями для жизнедеятельности этого типа бактерий являются близкая к нейтральной реакция водной среды, отсутствие или минимальное содержание свободного кислорода, минерализация воды в пределах 10—100 г/л, температура 20—40 °С. Именно они обуславливают процесс восстановления сульфатов, который ведет к накоплению сероводорода и усилению явлений коррозии нефтепромыслового оборудования.

Требования, предъявляемые к качеству закачиваемой речной воды, постоянно возрастают, и сегодня для их использования в заводнении нефтяных пластов рекомендуется комплекс технологической подготовки. С помощью двухступенчатого фильтрования или последовательных операций, связанных с коагулированием, отстаиванием и фильтрованием, содержание в речной воде твердых механических примесей ограничивается 2—5 мг/л, растворенного кислорода — не более 0,1 мг/л, а коррозионная агрессивность не должна превышать 0,15 мм/год. При подготовке речной воды должны быть полностью удалены сульфатвосстанавливающие бактерии.

При контакте закачиваемых и подземных вод отмечается изменение термодинамических условий миграции флюидов, сопровождающееся нарушением солевого равновесия и интенсификацией процессов биогенной сульфатредукции.

Известно, что около 80 % потерь от коррозии нефтепромыслового оборудования связано с деятельностью сульфатвосстанавливающих бактерий. Под воздействием этих микроорганизмов происходит окисление водорода металла и осаждение железа в сульфидной форме. Сульфид железа образует гальваническую пару с железом, в которой сульфид железа является катодом, а железо подвергается анодному растворению. Скорость коррозии металла может достигать 6 мм/год.

Для защиты оборудования и коммуникаций от коррозии широко используют ингибирование всей добываемой жидкости и закачиваемой в пласт воды.

Для предотвращения солеотложения в продуктивных пластах и для защиты от микробиологической коррозии нефтепромыслового оборудования применяют для ППД природные и сточные растворы, совместимые по химическому составу с подземными водами. Возможно использование химических реагентов-ингибиторов в композиции с полимерами, бактерицидами и другими активными веществами.

При наличии в природной зоне глинистых минералов под влиянием нагнетаемой воды снижается проницаемость пласта и приемистость скважин. Разбухание интенсивно развивается при контакте с пресными водами и существенно снижается при использовании попутных вод повышенной минерализации. Опытные данные показывают, что разбухание глин не происходит при минерализации закачиваемой воды более 20—30 г/л и содержании ионов кальция и магния более 10 % [1, 5, 8].

ОХРАНА ПРИРОДНЫХ ВОД

К природным водам относятся поверхностные воды (реки, ручьи, озера, болота и т.д.), а также подземные воды пресных водоносных горизонтов.

Обустройство и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений сопровождаются неизбежным техногенным воздействием на объекты ОС.

По данным Госкомэкологии РФ, ежегодный сброс неочищенных сточных вод составляет почти 1/3 часть от общего сброса. На долю предприятий нефтегазового комплекса приходится приблизительно 10 % от общего сброса.

Уменьшение сброса загрязняющих веществ возможно:

- 1) при рациональном водопользовании;
- 2) за счет повышения уровня очистки сбрасываемых вод;

3) за счет применения замкнутых систем водоснабжения (бессточные технологии).

Последнее направление следует считать приоритетным в системе мер по охране водных объектов от загрязнения [6].

ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

При всем разнообразии технологических процессов на предприятиях нефтегазового комплекса направления использования воды совпадают.

Нефтегазодобывающие производства потребляют воду в технологических целях, во вспомогательных процессах и для бытовых нужд.

С применением заводнения сегодня добывается более 86 % нефти. При этом в пласты закачива-

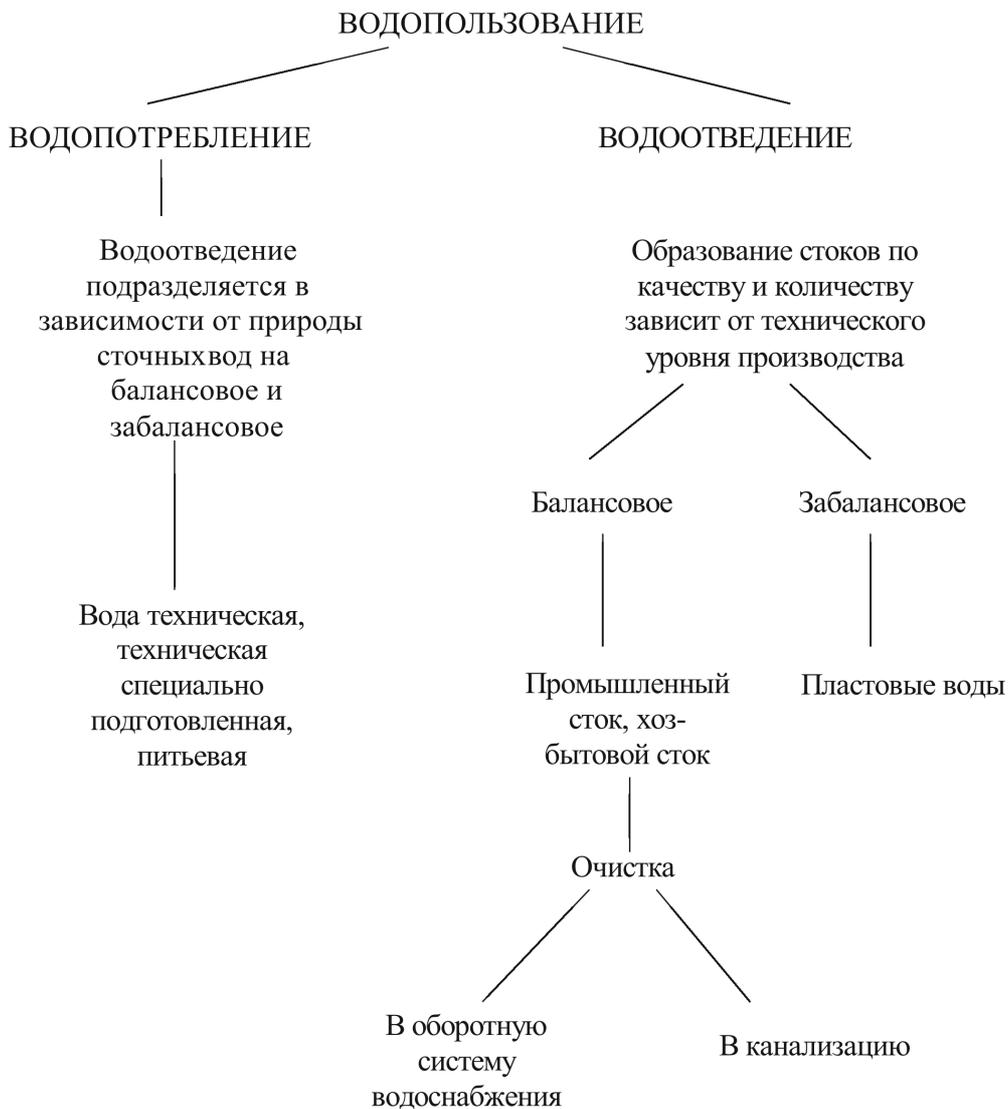


Рис. 1. Схема водопользования на объектах НГК

ется примерно 1 млрд м³ воды в год, в том числе 700—750 млн м³ пресной. При этом почти 700 млн т пластовых вод откачивается вместе с нефтью.

Таким образом на 1 т добытой нефти требуется от 2 до 15 м³ воды (в зависимости от системы заводнения).

Вспомогательные процессы: приготовление растворов реагентов, охлаждение потоков нефти, газа, паров, охлаждение оборудования, промывка оборудования, приготовление умягченной воды (для котельных)и т.д.

Балансовое водоотведение, можно сказать, равносильно водопотреблению, оно соответствует забору воды от источника с учетом потерь.

Спецификой нефтегазовых предприятий является наличие небалансовых сточных вод, образующихся в результате отделения пластовых вод из добываемой пластовой смеси. Это увеличивает объемы водоотведения добывающих предприятий (рис. 1).

Анализ водопотребления и водоотведения необходим для:

- 1) определения объемов расхода воды по направлениям;
- 2) рационального водопользования;
- 3) установления объемов и характера загрязнения сточных вод;
- 4) выбора способов очистки.

При проектировании рассчитываются:

— коэффициент использования воды, забираемой из источника:

$$K_3 = \frac{W_2 + W_3 - W_4}{W_2 + W_4} < 1,$$

где W_2 — расход воды, забираемой из источника, м³/ч; W_3 — расход воды, поступающей в систему водоснабжения с сырьем, м³/ч; W_4 — расход сточных вод, сбрасываемых в водоем, м³/ч; 1 — коэффициент водоотведения:

$$K_4 = \frac{W_4}{W_2 + W_3 + W_6} \cdot 100, \%$$

где W_6 — расход сточных вод, получаемых от других потребителей для повторного использования, м³/ч.

Как следует из таблицы 2, бурение — основной потребитель воды и источник сточных вод.

УПН — также относится к объектам, на которых формируются сточные воды: вода от установок обезвоживания, обессоливания, ливневые стоки.

Загрязняющие вещества в сточных водах:

- минеральные: нефть и нефтепродукты, минеральные соли растворенные, песок, глина, кислоты и др.;

- органические: растительного и животного происхождения: остатки растений, водоросли;

- бактериальные (можно отнести и к органическим, но ввиду особой важности выделены в отдельную группу).

Соотношение между ними изменяется в широких пределах и обусловлено спецификой предприятия.

Наибольшую опасность для водной среды представляют нефть, нефтепродукты, конденсат, тяжелые металлы (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Hg), сульфаты, хлориды.

Токсичность нефти в водной среде проявляется при концентрации более 1 мг/м³. Даже незначительное содержание нефти (200—400 мг/м³) придает воде специфический запах.

Нефть, покрывая пленкой поверхность воды, ухудшает газообмен (по O₂ CO₂), нарушает тепловой обмен, уменьшает испарение воды. Содержание кислорода в воде уменьшается, так как он расходуется на окисление органических веществ.

Различные виды бактерий реагируют на нефтяное загрязнение по-разному.

Опасными загрязнителями являются ПАВ, применяемые при бурении и при обезвоживании нефти (в процессе деэмульгации). ПАВ попадают в воду также из хозяйственно-бытовых стоков жилых поселков и при использовании их для промывок оборудования.

При попадании стоков в водоем начинается цепь биохимических превращений. Бактерии, используя растворенный в воде кислород, разлагают органические соединения до CO₂ и других простых соединений. Водоросли используют эти продукты для своего роста и одновременно выделяют в воду кислород. Так происходит самоочищение водной среды.

Естественный цикл самоочищения происходит медленно и только при наличии равновесия между животными и растительными организмами, для чего важна достаточная концентрация кислорода, растворенного в воде. При постоянном загрязнении содержание кислорода уменьшается и процесс самоочищения нарушается, следовательно, изменяется характер акватории. Низкая концентрация кислорода и высокая концентрация органического вещества создают неблагоприятные условия для жизни рыб, которые либо гибнут, либо уходят из загрязненного района.

К сбрасываемым в водные объекты и на поверхность сточным водам предъявляются очень жесткие требования.

Таблица 2

Укрупненные нормы расхода воды (на единицу продукции по основным технологическим процессам бурения, нефтедобычи и транспорта нефти)

Процесс	Среднегодовой расход воды				Среднегодовое количество стоков			Безвозвратное потребление + потери	Количество сточной воды в оборотном водоснабжении
	Оборотной	Свежей			Всего	В том числе подлежащих очистке			
		Технической	Хозяйственно-бытовой	Всего		производственные	Бытовые		
Бурение нефтяных скважин, м ³ /1000м проходки	200	5500	5000	10500	7000	1500	5500	3500	1500
Заводнение, м ³ /т	2,5	3	0,5	3,5	0,5	—	0,5	1	2
Добыча, сбор, транспорт нефти и автохозяйство, м ³ /т	0,2	0,3	0,05	0,35	0,05	—	0,05	0,15	0,15

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Нормирование качества воды состоит в установлении совокупности допустимых значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечивается здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта.

К основным критериям оценки относятся:

- критерии, отражающие воздействие отдельных веществ или факторов;
- критерии, отражающие комплексное воздействие всех факторов, так называемые экологические критерии.

КРИТЕРИИ, ОТРАЖАЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ

Для сточных вод, сбрасываемых в водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, выделены следующие лимитирующие показатели вредности (ЛПВ) (табл. 3):

- санитарно-токсикологический;
- общесанитарный;
- органолептический (вкусовой).

При попадании в водные объекты нескольких веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности сумма отношений концентраций каждого вещества в водном объекте к ПДК не должна превышать 1:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1.$$

Если фактические концентрации не удовлетворяют этому условию, то их уменьшение осуществляется с помощью метода очистки.

Для воды, применяемой для охлаждения различных агрегатов, нормируются:

концентрация, мг/л

H₂S 0,3—0,5

сульфатов 1000—2000

железа 0,1—5;

для газокomppressorных станций и УПН (открытая система оборотного водоснабжения):

масло до 3

нефти до 3

O₂ до 3.

Следует отметить, что в настоящее время установлено приблизительно 1000 ПДК вредных веществ для объектов водопользования, тогда как число загрязняющих веществ антропогенного происхождения в водоемах превысило миллион наименований. Такое несоответствие объясняется тем, что не более 10 % от общего числа веществ обеспечены методами анализа.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД

Основное отличие методических подходов к экологическому нормированию от гигиенических подходов в ограничении вредного воздействия химических веществ состоит в том, что медицинские подходы в качестве основных критериев выбирают здоровье населения, а с экологических позиций — это сохранение генофонда биоты в целом, в том числе и гидробиоты.

В настоящее время еще невозможно говорить о реализации экологического нормирования как системы. Например, потому, что не обобщен накопленный опыт, не систематизированы дан-

ПДК вредных веществ для поверхностных вод по санитарно-гигиеническим требованиям

Вещество	ЛПВ	ПДК р/х, мг/л	Класс опасности	ПДК сан, мг/л
Диэтиленгликоль	Токсикологический	0,05	—	1,0
Этиленгликоль	Санитарно-токсикологический	0,25	4	1,0
Метанол	Санитарно-токсикологический	0,1	4	—
Моноэтаноламин	Санитарно-токсикологический	0,01	4	0,5
Нефтепродукты и нефть	Рыбохозяйственный	0,05	3	0,3
Zn	Токсикологический	0,01	3	1,0
ПДК нефтепродуктов в природных водах, мг/л				
ЗВ	ЛПВ	ПДК для хозяйственно-питьевых водоемов		
Нефть и нефтепродукты	Органолептический	0,3		
Нефть высокосернистая	-«-	0,1		

ные по значениям пороговых параметров воздействия.

Однако наиболее информативные, надежные критерии экологической диагностики водной среды имеют неоспоримую перспективу и для оперативной оценки качества водной среды, и для его прогнозирования и управления.

Критерием устойчивости (сохранения биотических сообществ) водных экосистем к антропогенным нагрузкам является их самоочищающая способность.

Самоочищающая способность может быть выражена разными способами, исходя из конкретных условий. Например, через коэффициент

$$K = \frac{\text{суточное потребление кислорода биопланктоном поверхностных вод}}{\text{БПК}}$$

Коэффициент отражает скорость разложения загрязняющих органических веществ в условиях водоема, то есть его самоочищающую способность. Максимальные значения коэффициента соответствуют малому БПК, а с увеличением содержания органического вещества в воде скорость его деградации уменьшается.

Токсичность вод по биотестам — это определение степени воздействия исследуемой воды на биологический объект. Регистрируется при этом изменение какого-либо биологического показателя биообъекта по сравнению с контрольным.

Таким биологическим показателем может быть выживаемость тест-объектов, например, дафний, водорослей и рыб).

Замена определения большого числа гидрохимических показателей несколькими биотестами удешевит контроль водной среды.

Сточная вода на сбросе не должна оказывать острого токсического действия.

Классность вод. Истинную оценку воздействия на водную среду невозможно дать по изолированному действию отдельных веществ. Не дают адекватной оценки состояния водных экосистем и методы биотестирования, например, только что рассмотренный показатель токсичности воды, так как возможность экстраполяции (перенесение) результатов биотестирования *in situ* на естественные водоемы ограничена. По методикам биотестирования невозможно учесть все существующие особенности жизнедеятельности организмов.

Поэтому разработан критерий уровня загрязнения вод по методу прямой оценки качества воды биоиндикаторным методом. Этот метод применяется в мировой практике, а в России широко используется при оценке качества воды малых рек.

Метод учитывает наличие, количество и значимость индикаторных таксонов в водоемах, а разнообразие микроорганизмов дает оценку классности вод. Градация качества осуществляется по 6 классам:

от 1 — которому соответствует очень чистая вода, до 6 — которому соответствует очень грязная вода, исключающая возможность обитания микроорганизмов.

Идентификация присутствующих в воде биотаксонов осуществляется с помощью атласа, в котором приведены изображения микроорганизмов.

Метод биоиндикации был применен для оценки качества вод вблизи объектов хранения газа:

Результаты	Качество воды
Болото вблизи автострады	4—5 класс (8 типов)
Территория предприятия (промысла)	5 класс (3 типа)
Зона на 150—200 м ниже территории	4—5 класс (8 типов)

Таким образом, метод биоиндикации позволяет установить границы техногенного воздействия на водный объект, и наметить меры по восстановлению качества вод.

РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОГО СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД

Расчет ПДС производится в случае сброса сточных вод в природные водные объекты. При отводе загрязненных вод в канализацию ПДС не рассчитываются. Но условия сброса в канализационный коллектор согласовываются с местным управлением коммунального хозяйства.

Расчет ПДС осуществляется в соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водных объектов, в которые сбрасываются сточные воды (с учетом категорий водопользования).

$$ПДС = q_{СТ} \cdot C_{ПДС}, \text{ г/ч}$$

где $q_{СТ}$ — максимальный расход сточных вод, м³/ч; $C_{ПДС}$ — допустимая концентрация загрязняющего вещества, г/м³.

Расчетная формула:

$$C_{ПДС} = n \cdot (C_{ПДК} - C_{Ф}) + C_{Ф}$$

где $C_{Ф}$ — фоновая концентрация загрязненного вещества в водотоке выше выпуска сточных вод; n — кратность разбавления в водотоке.

Данные о фоновых значениях могут быть получены в местных органах Росгидромета, если ведутся наблюдения на водных объектах.

Перед расчетом ПДС устанавливается к какой группе по ЛПВ (лимитирующий показатель вредности) относятся вредные вещества, содержащиеся в сточных водах. Если вещества относятся к нескольким группам ЛПВ, расчеты ПДС выполняются независимо для каждой группы и выбирается результат, дающий наиболее жесткие условия сброса [1, 5].

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Основная цель водоохраных мероприятий на предприятиях нефтегазокомплекса — минимизация вредного воздействия на водную среду путем эффективной очистки бытовых и производственных сточных вод.

Водоочистные сооружения включают сбор, очистку сточных вод, контроль качества очистки и сброс очищенных вод (рис. 2).

Еще раз отметим: циркуляция воды позволяет уменьшить количество воды, забираемой из внешнего источника; свести к минимуму объемы сбрасываемых стоков, то есть организовать экологически более совершенную систему.

Существует большое разнообразие технологий очистки стоков и, соответственно, очистных сооружений. Эффективность их различна (табл. 4).

Таблица 4

Эффективность очистки сточных вод разными методами

ЗВ	Метод очистки	Концентрация, мг/л		Степень очистки, %
		до очистки	после	
Нефть	Фильтрование (песок)	20—200	10—25	50—87
	Нефтеловушки	26000	57	99,7
	Биохимическое окисление	17,6	8,2	53

Выбор метода очистки зависит от типа загрязняющих веществ.

Иванов Н.В. из НИИнефтепромхим предложил следующую систематизацию выбора методов очистки воды (табл. 5).

Механические методы очистки сточных вод используют гравитационные и центробежные силы для очистки сточных вод от загрязняющих веществ.

Мелкодисперсные загрязняющие частицы отделяются фильтрованием.

Грубодисперсные загрязняющие вещества (минеральные и органические) выделяют отстаиванием и разделением в поле центробежных сил на гидроциклонах или центрифугах.

К оборудованию, использующему метод отстаивания, относятся песколовки, буферные резервуары, нефтеловушки, отстойники или пруды.

Буферные резервуары применяются, если стоки поступают от разных объектов и отличаются по качеству. Вода находится в них в течение 6—24 часов.

Нефтеловушка основное сооружение для отстаивания нефтесодержащих сточных вод. В ней оседает и значительное количество твердых механических примесей.

Освобожденная от нефти вода в конце секции проходит под затопленной нефтесодерживающей стенкой и через водослив переливается в отводящий лоток и далее в трубопровод. Для снижения вязкости нефти и ее продуктов в зимнее время предусматривается обогрев поверхности жидкости змеевиком.

Всплывшая нефть по мере ее накопления сгоняется скребковым транспортером к шелевым поворотным трубам и выводится по ним из нефте-

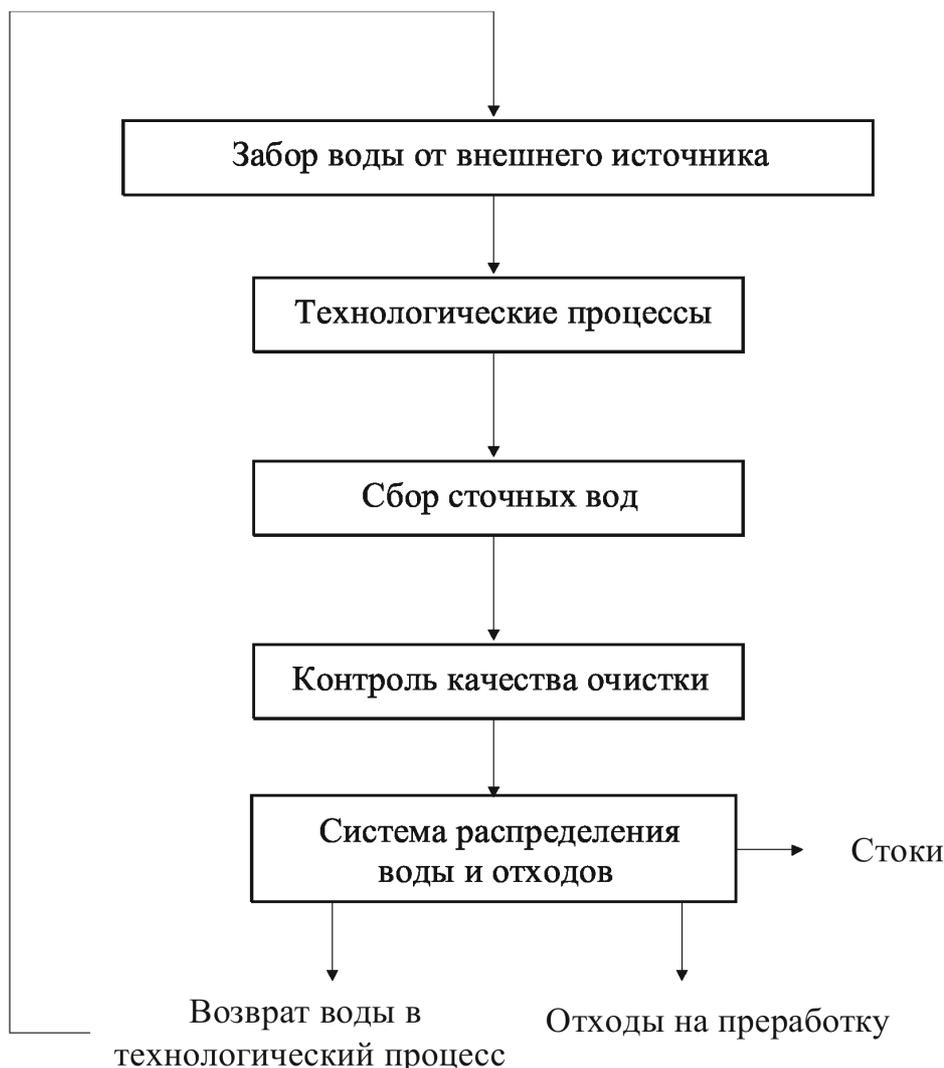


Рис. 2. Схема водоснабжения предприятия

ловушки. Осадок, выпадающий на дно, тем же транспортером перемещается к приямку, откуда его периодически по илопроводу удаляют через донные клапана или с помощью гидроэлеваторов.

Осадок выпадает на дно секции и собирается в приямок скребком (рис. 3).

Для дополнительного отстоя и отделения механических примесей используются отстойники или как самостоятельный очистной объект или как вспомогательные устройства.

В зависимости от направления движения воды отстойники могут быть горизонтального, вертикального, радиального или комбинированного типа.

Для дополнительного отстоя сточных вод после нефтеловушек или установок физико-химической очистки используют пруды, глубина которых 1—1,5 м. Откосы и дно покрывают глиной, асфальтобетоном или бетоном. Продолжительность от-

стаивания 1—2 суток. Содержание нефтепродуктов не должно превышать 15—30 мг/л.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

К ним относятся методы флотации, коагуляции. Физико-химические методы позволяют интенсифицировать отделение взвешенных частиц минеральных и органических загрязняющих веществ, позволяют извлекать из стоков необходимые компоненты (экстракция, сорбция и др.).

ФЛОТАЦИЯ

Флотация — способ удаления из сточных вод загрязняющих веществ (эмульгированной нефти, нефтепродуктов, твердых минеральных загрязнителей, которые не задерживаются в нефтеловушках) за счет прилипания частиц примесей к пузырькам воздуха и выносу загрязненных веществ вместе с ними.

Систематизация выбора методов очистки воды

Загрязняющие вещества			Число ступеней очистки				
			1	2	3	4	5
Биологические	Биохимические	Специфические ЗВ					Физико-химическая очистка III
		Хозяйственно-бытовой сток, промсток				Биосорбционная очистка	
Физико-химические	Агрегатированная взвесь	Химически связанные			Физико-химическая очистка II		
		Механически агрегатированные		Физико-химическая очистка I			
	Механические примеси, нефтепродукты и др.	Механическая очистка					

В зависимости от способа образования пузырьков различают флотацию: компрессионную (напорную), пенную, химическую, вибро-, био- и электрофлотацию.

Компрессионная — образование пузырьков газа в газонасыщенной воде в аппарате по мере снижения давления.

Время пребывания во флотационной зоне $t = 20$ мин, а в отстойной зоне — 3 ч.

Количество газа (при снятии давления) не менее 15 л/м^3 ; содержание нефти и механических примесей не более $250\text{—}300 \text{ мг/л}$, деэмульгатор — нежелателен, т.к. снижает эффективность очистки.

При таком способе очистки воды возникает проблема обработки и утилизации шлама.

За рубежом данный метод нашел широкое распространение.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ

Для удаления из сточных вод растворенных органических веществ часто применяют биологическое окисление в природных или искусственных условиях

Биохимическую очистку проводят на станциях биохимической очистки, имеющих пропускную способность $50\text{—}100 \text{ м}^3/\text{сут}$, после механической и физико-механической очистки.

Могут быть испытаны различные микроорганизмы-деструкторы (аэробные бактерии), иммобилизованные на твердых частицах, способные «поедать» органические вещества, содержащиеся в сточных водах.

Преимущества биофильтров: простота эксплуатации, надежность работы, малые затраты энергии, способность выдерживать 2-9 кратные перегрузки по загрязненным веществам и расходу сточных вод.

Работа аэротенка в условиях перегрузок нарушается, состояние активного ила ухудшается.

Материал — щебень, гравий, пластмасса и полимерные материалы всевозможной конструкции.

Недостаток — биомасса на загрузке распределяется неравномерно.

Биосорбция — это совместное использование сорбентов (активные угли, порошкообразные) и активного ила. Повышается глубина биологической очистки и процесс интенсифицируется [2, 3, 4, 7].

ТЕХНОЛОГИЯ ПУТЕВОГО СБРОСА ВОДЫ

В технологическом плане специалисты АНК Башнефть предлагают осуществлять путевой сброс воды, то есть осуществлять отбор воды во всех точках технологической схемы, где она выделяется в виде свободной фазы — в сборных коллекторах, на пониженных участках трассы, где скапливается вода, сепараторах на ДНС, вблизи кустовых насосных станций системы ППД.

Это приводит к уменьшению коррозии, снижению нагрузки на отстойники, печи, предотвращает возможность повторного диспергирования, что позволяет облегчить подготовку и повысить качество воды для закачки в пласт.

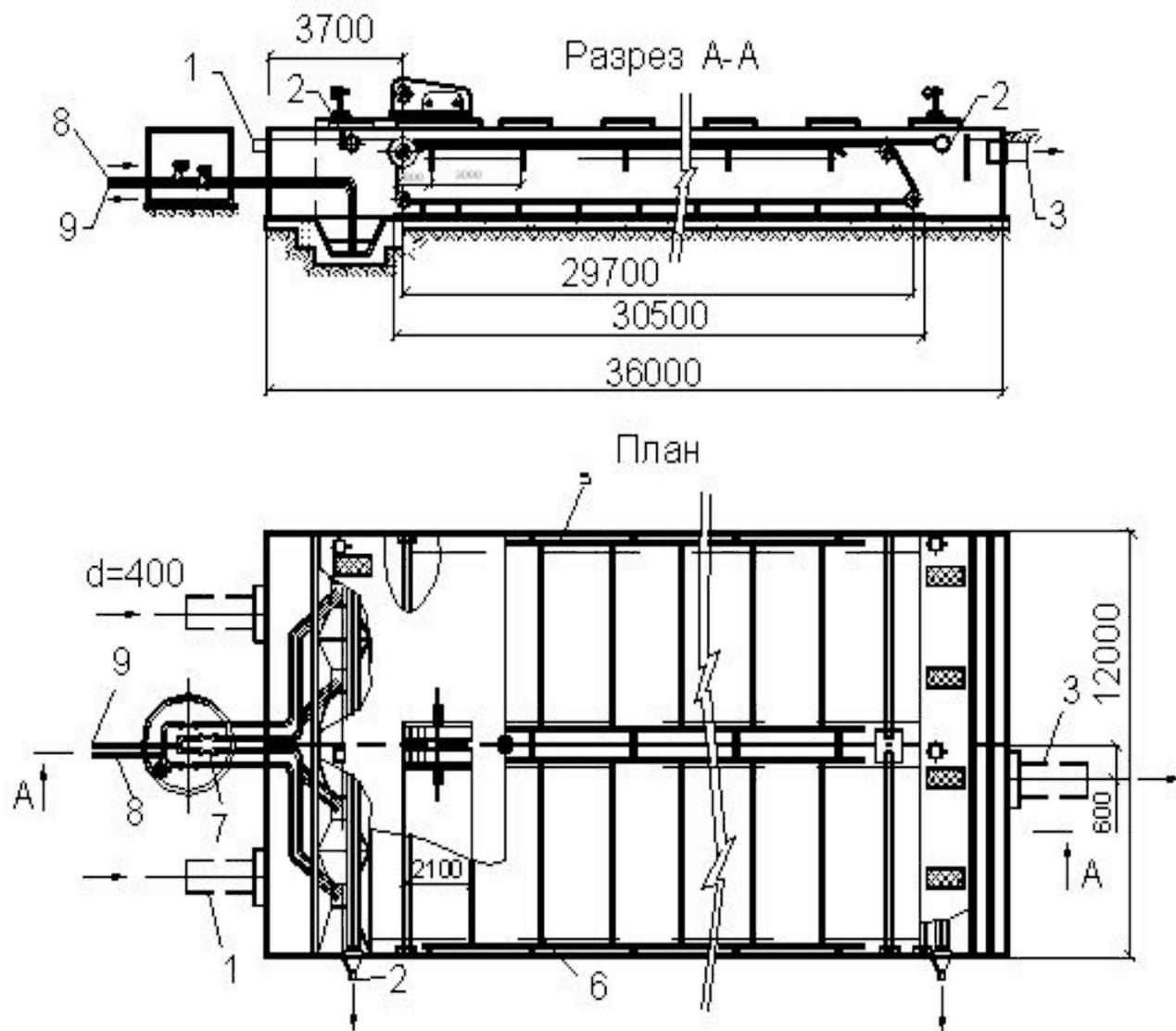


Рис. 3. Схема нефтеловушки пропускной способностью 396 м³/ч: 1 — трубопровод для подачи сточных вод на очистку; 2 — нефтесборная труба; 3 — трубопровод для отвода осветленных сточных вод; 4 — гидроэлеватор; 5 — скребковый транспортер левый; 6 — скребковый транспортер правый; 7 — задвижки с электроприводом во взрывобезопасном исполнении; 8 — трубопровод для подачи воды к гидроэлеватору; 9 — трубопровод для отвода осадка

В качестве водоотделителей при путевом сбросе воды в АНК Башнефть испытываются трубные водоотделители (ТВО) (сброшенная вода используется непосредственно на месторождении) (рис. 4).

Степень очистки воды от нефти: до 20-60 мг/л. Для более глубокой очистки воды трубные водоотделители применяются в сочетании с отстойниками воды. [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Булатов А.И. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности / А. И. Булатов, П. П. Макаренко, В. Ю. Шеметов. — М.: Недра, 1997. — 483 с.

2. Веселов Ю.С. Водоочистное оборудование. Конструирование и использование / Ю. С. Веселов — Л.: Машиностроение, 1985. — 232 с.

3. Губин В.Е. Промышленные испытания устройства для сбора нефти с поверхности воды при аварийных разливах. / В. Е. Губин // РНТС Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. — М.: ВНИИОЭНГ, 1976. — № 5. С. 5—16

4. Дегтярева О.Г. Методы и технические средства по охране окружающей среды при разливе нефтепродуктов. / О. Г. Дегтярева, Т. И. Сафронова, Г. В. Дегтярев // Научный электронный журнал КубГАУ. № 01(9), 2005.

5. Дорожкуова С.Л., Янин Е.П. Экологические проблемы нефтегазодобывающих территорий Тюменской

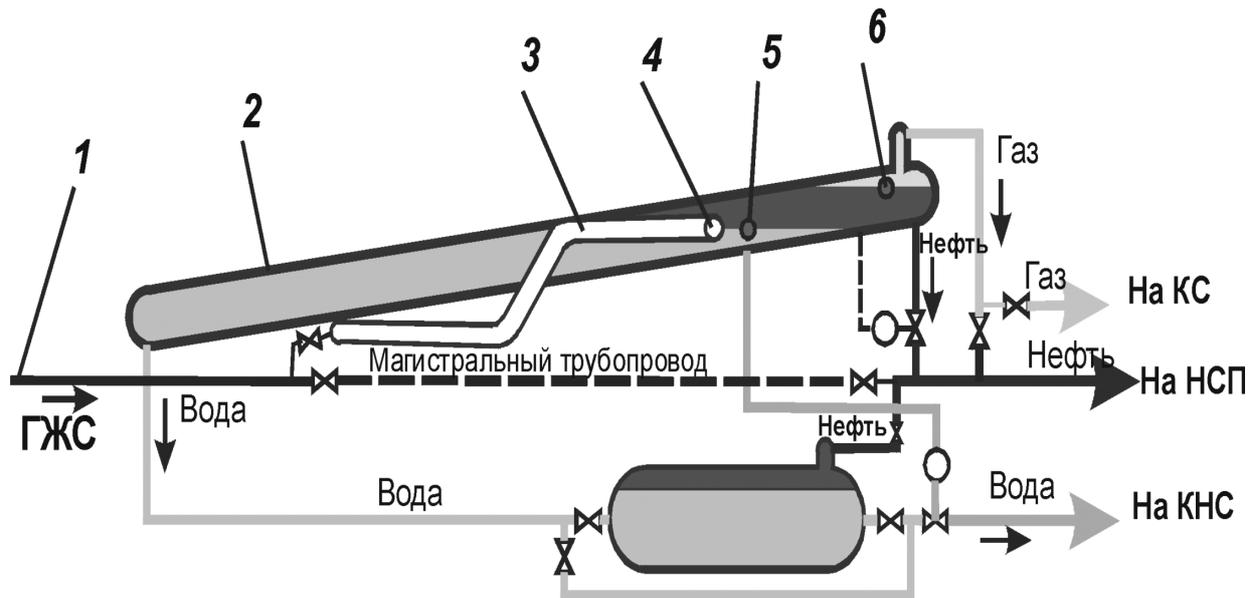


Рис. 4. Принципиальная схема установки путевого сброса воды: 1 — нефтегазопровод, 2 — трубный разделитель, 3 — успокоительный коллектор, 4 — вход успокоительного коллектора в трубный разделитель, 5-6 — датчики уровня, 7 — отстойник воды

области / С. Л. Дорожукова, Е. П. Янин. — М.: ИМГРЭ, 2004. — 56 с.

6. Егоров А.С. Экологическая безопасность при разработке Мангодинского нефтегазового месторождения Ямало-Ненецкого автономного округа. / А. С. Егоров // Высокие технологии в экологии. Труды 9-ой Международной науч.-практ. конф. — Воронеж: Изд-во РЦ «Менеджер», 2006. — С. 65—68.

7. Проскуряков В.А. Очистка сточных вод в химической промышленности. / В. А. Проскуряков, Л. И. Шмидт. — Л.: Химия, 1977. — 464 с.

8. Янин Е. П. Органические вещества техногенного происхождения в водах городских рек. / Е. П. Янин // Экологическая экспертиза: Обзорная информация. — М.: ВИНТИ, ЦЭП, 2004. — № 4. — С. 42—64.