ПНИИИС Госстроя СССР

Рекомендации

по проведению гидрохимического опробования и физико-химических исследований для оценки загрязнения подземных вод

Москва 1986

gost.e-ecolog.ru

Производственный и научно-исследовательский институт
по инженерным изысканиям в строительстве
(ПНИИИС) Госстроя СССР

Рекомендации

по проведению гидрохимического опробования и физико-химических исследований для оценки загрязнения подземных вод

Москва Стройиздат 1986

УДК 551.493

Рекомендованы к изданию решением секции технического нормирования и стандартизации инженерных изысканий Научно-технического совета ПНИИИС Госстроя СССР.

Рекомендации по проведению гидрохимического опробования и физико-химических исследований для оценки загрязнения подземных вод /ПНИИИС – М.: Стройиздат, 1986. – 32 с.

Изложена методика проведения специальных гидрохимических и физико-химических исследований в лабораторных и полевых условиях в процессе изысканий. Рассмотрены методы изучения процессов формирования состава подземных вод под влиянием промышленных отходов.

Для инженерно-технических работников научно-исследовательских и проектно-изыскательских организаций.

Табл. 10.

Р $\frac{3202000000 - 469}{047\,(01) - 86}$ Инструкт.-нормат., 1 вып. – 40–85

©Стройиздат, 1986

ПРЕДИСЛОВИЕ

Многочисленными исследованиями установлено, что загрязнение подземных и поверхностных вод чаще всего наблюдается в районах развитой промышленности. Наиболее интенсивное загрязнение происходит на участках накопления твердых и жидких промышленных отходов, где размещаются специальные хранилища. Эти, как правило, земляные сооружения, построенные нередко без достаточного учета геолого-гидрогеологических условий и физико-химических свойств сбрасываемых отходов, служат главным источником поступления в подземные воды загрязняющих компонентов из состава промышленных отходов. Неизбежное при этом ухудшение качества воды и угроза выхода из строя действующих водозаборов ранее амортизационного срока ведет к крупным убыткам и к непроизводительным затратам на разведку и строительство новых водозаборов, если вообще возможно отыскать для них в данном районе перспективные участки.

Специальные гидрохимические и физико-химические исследования, проводимые в комплексе инженерных изысканий для проектирования предприятий с большим объемом промстоков, в особенности для проектирования бассейнов этих стоков, призваны обезопасить подземные воды исследуемого района от загрязнения или своевременно предупредить о приближении такой опасности.

Настоящие Рекомендации направлены на повышение качества инженерных изысканий для проектируемых бассейнов промышленных стоков с целью получения данных для прогноза возможных изменений качества подземных вод в процессе будущей эксплуатации бассейнов, осуществление контроля за распространением ореала измененных вод и разработки эффективных мер защиты продуктивных водоносных горизонтов и действующих в районе водозаборов подземных вод от опасности загрязнения.

Рекомендации составлены на основе существующих методик проведения гидрохимического опробования водоносных горизонтов и физико-химических исследований процессов взаимодействия подземных вод и горных пород с использованием данных, полученных в результате выполненных в ПНИИИС, ВНИИ ВОДГЕО и ПЛОГС МГУ специальных исследований по этим вопросам.

В настоящих Рекомендациях определяются только основные укрупненные виды и объемы гидрохимического опробования и физико-химических исследований при инженерных изысканиях для проектирования хранилищ промышленных стоков различных размеров, типов и назначения.

Рекомендации разработаны ПНИИИС (инж. *Е.А.Боровикова*, канд. геол.-минерал. наук *Т.К.Федорова*), ПЛОГС МГУ (канд. геол.-минерал. наук *Т.И.Пантелеева*), Институтом литосферы АН СССР (канд. техн. наук *Ф.И.Тютюнова*).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Гидрохимическое опробование и специальные физико-химические исследования являются неотъемлемой частью работ, проводимых при оценке возможного загрязнения природных вод в условиях промышленного освоения территорий. Они направлены на решение задачи рационального выбора участка расположения будущих мест складирования твердых и жидких отходов производства, отвалов пустых пород для разработки и осуществления мероприятий, надежно обеспечивающих сохранение качества поверхностных и подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения.

1.2. Под гидрохимическим опробованием понимается самостоятельный вид работ, заключающийся в отборе проб воды из поверхностных и подземных водоисточников по специально заданной схеме для получения количественных характеристик их химического состава с последующей систематизацией и анализом гидрохимических материалов с целью прогнозной оценки возможного изменения качественного состава природных вод.

1.3. Специальные физико-химические исследования предполагают изучение основных физико-химических процессов переноса химических компонентов в зоне аэрации и водоносном пласте с целью получения количественных характеристик их параметров для прогноза изменения химического состава подземных вод.

1.4. Промышленные отходы по своей консистенции объединяются в три основные группы:

твердые – отходы отвалов пустой породы или попутно извлекаемого и неиспользуемого полезного ископаемого горнодобывающей промышленности, хвосты горнообогатительной промышленности с сухим способом рудообогащения, шлаки металлургических заводов, отходы химической промышленности и т.п.;

жидкие – отходы нефтедобывающей, нефтехимической и химической промышленности, технологические воды металлургии и пр.;

смешанные или двухфазные отходы – хвосты мокрого способа рудообогащения в виде пульпы, шлама металлургических заводов и пр.

1.5. Места складирования твердых отходов и сооружений для накопления жидких двухфазных отходов получили распространенные названия: солеотвалы или золоотвалы, хвостохранилища, шламохранилища, "белые моря", пруды-отстойники, пруды-накопители-испарители и др.

1.6. На предприятиях горнорудной, металлургической, угольной и реже химической промышленности образуются типично двухфазные стоки, для накопления и предварительной очистки которых сооружаются хвосто- и шламохранилища, "белые моря". Стоки предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности являются преимущественно однофазными. Для них устраиваются пруды различного назначения или эти стоки направляются на поля фильтрации.

1.7. При планировании комплексных гидрогеологических исследований для проектирования любого из названных видов хранилищ промышленных отходов, оценивая степень опасности проникновения их компонентов в водоносные горизонты, необходимо иметь в виду, что жидкие промышленные стоки загрязняют подземные воды прямой фильтрацией, твердые – растворением и выносом из них загрязняющих компонентов атмосферными осадками с последующей их фильтрацией.

1.8. В условиях всемерной активизации инженерной деятельности человека и ее отрицательного влияния на окружающую среду перед инженер-

ными изысканиями ставится задача проведения детальных гидрогеохимических исследований с целью получения данных, необходимых для прогноза загрязнения подземных вод, их агрессивности по отношению к материалам оснований и фундаментов промышленных и гражданских сооружений, а также к карстующимся породам в районах развития карстово-суффозионных процессов, оказывающих влияние на устойчивость сооружений.

1.9. Под загрязнением подземных вод понимается процесс изменения состава и свойств природных вод в результате деятельности человека, приводящий к ухудшению качества воды для водопользования (ГОСТ 2874–82). Различают четыре вида загрязнения подземных вод – химическое, бактериальное,тепловое и радиоактивное. Химическое загрязнение обусловлено поступлением в воды химических соединений главным образом из промышленных отходов, сельскохозяйственных удобрений и средств защиты растений; бактериальное – связано с поступлением патогенных микроорганизмов из хозяйственно-бытовых отходов; тепловое – с изменением теплового режима подземных вод в результате инфильтрации горячих промышленных стоков; радиоактивное – выражается в повышении содержания в подземных водах радиоактивных элементов, источником которых в основном являются отходы добывающей и горнообогатительной промышленности. Наибольшую опасность представляет химическое загрязнение ввиду широких масштабов его развития.

1.10. В настоящее время в подземные воды поступает свыше пятидесяти загрязняющих компонентов. Наиболее распространенные из числа жидких и твердых отходов приведены в прил. 1, 2. По степени влияния на химический состав природных вод ведущее место занимают отходы химической, металлургической, целлюлозно-бумажной, теплоэнергетической, добывающей, горнообогатительной, нефтехимической, машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности. Существующие источники химического загрязнения подземных вод делятся на постоянно действующие, периодически действующие и случайные:

а) постоянно действующие: пруды-накопители; хвостохранилища; "белые моря"; каналы для переработки сточных вод; золоотстойники; поля орошения; солеотвалы горнохимической промышленности; установки для закачки сточных вод в непродуктивные горизонты;

б) периодически действующие: утечка сырья и готовой продукции в местах их хранения и транспортирования; атмосферные осадки, содержащие продукты выщелачивания твердых отходов, сырья или готовой продукции; атмосферные осадки,загрязненные газовыбросами промышленных предприятий и транспорта;атмосферные осадки, загрязненные пестицидами и компонентами удобрений; спуск промывочных сточных вод; сброс отработанных продуктов эксплуатации транспорта; утечки горячесмазочных материалов в местах хранения;

в) случайные: аварийные прорывы сети промышленной и хозяйственно-бытовой канализации; аварийные прорывы трубопроводов и скважин, используемых для захоронения токсичных промышленных стоков; самоизлив вод и нефти из незатампонированных буровых скважин в нефтедобывающих районах; утечки напорных вод из скважин в результате нарушения правил оборудования и ликвидации разведочных, эксплуатационных и наблюдательных скважин.

1.11. Составляя программу гидрохимических и физико-химических исследований, необходимо иметь точные данные о составе будущих промышленных стоков, о концентрациях в них токсичных ингредиентов.

1.12. Согласно обобщаемым данным, промышленные стоки по содержанию в них загрязняющих компонентов делятся на три группы, имеющие:

неорганические вещества со специфическими токсическими свойствами;

неорганические примеси без специфических свойств;

органические вещества со специфическими токсическими свойствами.

1.13. В первую группу входят сточные воды химической промышленности, перерабатывающей неорганическое сырье (содовые, сернокислотные, азотнотуковые заводы), предприятий черной и цветной металлургии,

машиностроения и металлообработки, фабрик обогащения черных и цветных металлов.

В результате инфильтрации промышленных стоков этих предприятий в водоносные горизонты районов их расположения проникают следующие компоненты: хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, натрий, магний, кальций, карбонаты, нитраты, нитриты, аммоний, железо, фтор, медь, свинец, цинк, мышьяк, марганец, молибден, титан, никель, ртуть, алюминий, кадмий, кремнекислота, фосфаты, цианиды, сульфиды, роданиды, фенолы, дитиофосфаты, ксантогенаты, аммины, анилин, пиридин, формальдегид, бензол, нефтепродукты, сероводород.

1.14. Вторую группу составляют стоки горнодобывающих, углеобогатительных, некоторых рудообогатительных предприятий (например, кварцевых и марганцевых руд). Их стоки представляют собой взвешенные минеральные вещества с несколько повышенной концентрацией макрокомпонентов, а также некоторых элементов, содержащихся в этих рудах. В подземных водах районов расположения этих предприятий обнаруживаются хлориды, сульфаты, бром, йод, калий, натрий, кальций, железо, нефтепродукты.

1.15. Третью группу составляют сточные воды химических (органический синтез), коксохимических, газосланцевых, нефтеперерабатывающих, нефтехимических предприятий. Токсичными в них являются красители, смолы, фенолы, тэтраэтилсвинец, дихлорэтан, синтетические жирные кислоты и спирты. В стоках этой группы содержатся также вещества, загрязняющие и ухудшающие качество подземных вод: нефтепродукты, ароматические углеводороды и ряд других органических и неорганических веществ, а также сульфаты, хлориды, фосфаты, натрий, кальций, сероводород и другие сульфиды.

1.16. Интенсивность загрязнения подземных вод определяется соотношением техногенных и природных факторов.

Доминирующими техногенными факторами являются:

большие объемы сброса жидких и твердых отходов производства;

высокая инфильтрация сточных вод;

значительные утечки производственных растворов, потери сырья и готовой продукции;

большие содержания ингредиентов в промышленных отходах;

высокая загазованность атмосферы газовыбросами промышленных предприятий и транспорта;

большие испаряющие площади зеркала сточных вод в накопителях и коллекторах;

наличие в сточных водах летучих соединений.

Основными природными факторами, усиливающими загрязнение подземных вод, являются:

слабая естественная защищенность водоносного горизонта;

совпадение областей питания, распространения и разгрузки;

высокие фильтрационные свойства пород зоны аэрации и водоносного горизонта;

благоприятные климатические факторы (большие годовые суммы атмосферных осадков, их значительная интенсивность, скорость и направление преобладающих ветров).

Естественная защищенность водоносного горизонта определяется:

мощностью слабопроницаемых отложений, залегающих с поверхности и экранирующих поступление загрязненных атмосферных осадков;

наличием или отсутствием "окон" в перекрывающих и подстилающих отложениях;

мощностью разделяющих водоупоров;

наличием или отсутствием гидравлической связи между водоносными горизонтами.

1.17. Для размещения бассейнов хранилищ промышленных стоков рекомендуется выбирать участки на "бросовых" землях с низкими фильтрационными свойствами пород зоны аэрации или с наличием надежного водоупорного слоя, защищающего водоносный горизонт от инфильтрации в него загрязненных вод из стокохранилищ. При отсутствии таких благоприятных

природных условий участка, выбранного для сооружения стокохранилища, предусматривается искусственное экранирование ложа и бортов хранилища.

1.18. По степени естественной экранированности от водоносных горизонтов бассейны промышленных стоков делятся на три типа:

имеющие естественный экран в виде слабопроницаемых глин и суглинков под дном хранилища мощностью 3–5 м и более;

имеющие естественный экран из слабопроницаемых отложений менее 3 м;

не имеющие естественного экрана.

1.19. Являясь частью общего комплекса инженерных изысканий, гидрохимическое опробование и физико-химические исследования должны проводиться по программе, предусматривающей как решение частных задач на каждой стадии проектирования, так и решение общей конечной задачи, и обеспечивающей рациональную, с точки зрения охраны подземных вод, эксплуатацию будущих хранилищ промышленных стоков.

При проведении гидрогеологических изысканий определяются конкретные задачи, методика выполнения полевых и лабораторных работ, формы обобщения результатов исследований и выходных документов, предусматриваемых гидрохимическим опробованием и физико-химическими исследованиями.

1.20. В зависимости от состава промышленных отходов, типов и размеров хранилищ (пп. 1.10–1.18, прил. 1,2) определяются объемы и виды гидрохимического опробования и физико-химических исследований на различных стадиях инженерных изысканий из числа рассматриваемых в последующих разделах настоящих Рекомендаций.

1.21. Итоговыми документами при завершении гидрохимического опробования и физико-химических исследований в период изысканий должны быть:

заключение о рациональном выборе места строительства хранилища;

заключение по степени необходимости экранирования его;

программа наблюдений за химическим режимом подземных вод в процессе эксплуатации сооружений с обоснованием количества наблюдательных точек и их размещения на исследуемой площади.

2. ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ

2.1. Гидрохимическое опробование составляет важнейшую часть гидрогеологических исследований, проводимых при инженерных изысканиях.

2.2. При проведении гидрохимического опробования в процессе инженерных изысканий под проектируемые хранилища промышленных стоков должны быть предусмотрены следующие работы, помимо указанных в главе СНиП П-9-78 "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения".

Программой гидрогеологических изысканий для решения гидрохимических вопросов следует предусматривать:

а) сбор и обобщение гидрохимических материалов, характеризующих природные воды, наряду с общими геолого-гидрогеологическими условиями района изысканий; материалов по химическому составу сточных вод; материалов, характеризующих загрязненные поверхностные и подземные воды, если таковые имеются на данной территории (прил. 3);

б) рекогносцировочное обследование территории с отбором проб поверхностных и подземных вод района изысканий на химический анализ для установления их взаимосвязи;

в) полевые работы с поинтервальным опробованием скважин, пробуренных в районе изысканий (отбор проб воды и пород на последующий анализ);

г) камеральную обработку полученных материалов и результатов анализов и составление отчета, содержащего гидрохимические карты, профили, эпюры, разрезы.

2.3. Объемы гидрохимического опробования определяются площадью района изысканий, геолого-гидрогеологическими условиями района, типом и размером проектируемого хранилища и ожидаемым составом промышленных стоков.

2.4. При проведении изысканий для проектирования стокохранилища первого типа в соответствии с п. 1.18 и при наличии сточных вод второй группы согласно п. 1.12 объем работ по гидрохимическому опробованию может быть сведен к минимальному необходимому для:

составления характеристики фонового химического состава подземных вод района изысканий;

размещения минимального количества наблюдательных точек с целью своевременного обнаружения аварийного прорыва сточных вод в зону аэрации.

2.5. Полный объем гидрохимического опробования предусматривается при изысканиях для проектирования типов стокохранилищ и групп сбрасываемых сточных вод, указанных в п. 1.18 и 1.12 настоящих Рекомендаций (стокохранилища второго и третьего типа и сточные воды первой — третьей групп).

2.6. При проектировании опробования в процессе изысканий под стокохранилища планируемые виды работ из указанных в п. 2.2. включают:

изучение соответствующих литературных и фондовых материалов по району, которые хранятся в территориальных и всесоюзных геологических фондах, а также в проектно-изыскательских организациях, проводивших комплексные инженерные изыскания в районе по инженерным изысканиям;

изучение проектных, литературных и фондовых материалов по химическому составу промышленных сточных вод, которые имеются в соответствующих проектных организациях, бассейновых (территориальных) управлениях по регулированию, использованию и охране вод Министерства мелиорации и водного хозяйства РСФСР и союзных республик.

2.7. При проведении работ, указанных в п. 2.6, собираются и обобщаются следующие гидрохимические материалы:

минерализация и химический состав верховодки, грунтовых и нижележащих межпластовых вод, санитарные условия области питания и мест расположения действующих и проектируемых водозаборов подземных вод;

минерализация и химический состав вод ближайших поверхностных водоемов и водотоков, наличие или отсутствие взаимосвязи их с горизонтами подземных вод;

сведения о химическом режиме подземных и поверхностных вод за возможно более продолжительное время наблюдений;

изложение в отчетах представления об условиях и закономерностях формирования химического состава подземных вод в ненарушенной природной обстановке;

сведения о составе промышленных сточных вод и твердых отходов, которые будут поступать в бассейны-хранилища или накапливаться путем открытого складирования в пределах района (если этих сведений нет в техническом задании).

Сведения о составе сточных вод и твердых отходов следует получить непосредственно на том (или тех) промышленном предприятии, для которого проектируется хранилище, а также в бассейновых (территориальных) управлениях министерств мелиорации и водного хозяйства республик.

2.8. Работы, указанные в п. 2.2. б, в, включают отбор проб из естественных источников, водоемов, скважин, ранее пробуренных в районе изысканий, разведочных горных выработок, которые в особых условиях, предусмотренных программой, должны быть углублены до вскрытия горизонта, подлежащего опробованию.

2.9. Количество горных выработок или других точек гидрохимического опробования и расстояния между ними в основном определяются размерами изучаемой площади, которая в свою очередь зависит от размеров проектируемого бассейна-хранилища, а также от геолого-литологических и гидрогеологических особенностей района изысканий. Ниже приводятся рекомендуе-

мые соотношения между размерами изучаемой площади и количеством необходимых выработок или точек отбора проб с соответствующими расстояниями между ними.

Изучаемая площадь, км^2	1	5	10	25	50	75	100
Число точек отбора проб воды на химический анализ	9	15	20	25	30	40	50
Расстояние между точками отбора проб, км	0,25—0,3	0,3—0,4	0,4—0,5	0,6—0,7	0,8—1,0	1,0—1,2	1,2—1,5

При размерах изучаемой площади более 100 км^2 расстояние между точками опробования может быть увеличено до 2 км.

2.10. Пробы подземных вод отбираются из первого от поверхности водоносного горизонта, а также из всех пригодных к эксплуатации горизонтов, если они залегают ниже грунтовых вод.

В состав обязательно определяемых показателей входят pH, Eh, физические свойства, сухой остаток, хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, общая жесткость, кальций, магний, натрий, свободная углекислота, окисляемость перманганатная, железо, нитраты, нитриты, медь, цинк, свинец, алюминий, фтор, марганец, бериллий, молибден, мышьяк, стронций, селен, полифосфаты, полиакриламид.

2.11. Пробы воды на химический анализ и на специфические загрязняющие компоненты, содержащиеся в сточных водах проектируемого или эксплуатируемого предприятия, отбираются для определения обязательных компонентов согласно п. 2.10 и дополнительных компонентов, характерных для данной отрасли промышленности, по прил. 1, а включающих флотореагенты — согласно технологическим схемам предприятия. В число определяемых компонентов входят: фенолы, нефтепродукты, дитиофосфаты, ксантогенаты, кобальт, цианиды, никель и т.д. (см. пп. 1.12 — 1.18 настоящих Рекомендаций).

2.12. При отборе проб загрязненных вод района изысканий рекомендуется соблюдать следующие правила:

отбор проб воды из скважин следует производить, как правило, с помощью специальных пробоотборников, изготовленных из инертных материалов (синтетические полимеры);

при наличии в изучаемой воде агрессивных компонентов по отношению к металлу и при повышенных ее кислотности или щелочности (pH $\leq$ 5 или $\geq$ 9) не рекомендуется использовать металлические пробоотборники. В этих случаях при неглубоком залегании и небольшой мощности (3—5 м) водоносного горизонта допускается отбор проб воды стеклянной бутылкой или полиэтиленовой колбой, спущенной с инертным грузом в скважину на шнуре из синтетического волокна.

2.13. Посуда для проб тщательно очищается и промывается ершом, кислотами, содой или синтетическими моющими средствами, затем ополаскивается водопроводной и дистиллированной водой. Посуда, загрязненная органическими соединениями, предварительно очищается органическим растворителем. Посуду для проб на тяжелые металлы дополнительно промывают раствором дитизона в четыреххлористом углероде (в хлороформе), затем промывают растворителем и очищенной водой.

Резиновые пробки следует кипятить в течение 20—30 мин сначала в 5%-ном растворе соляной кислоты, затем в 5%-ном растворе соды. После кипячения пробки промывают водой. Корковые пробки кипятят в дистиллированной воде, полиэтиленовые — промывают раствором синтетических моющих средств.

2.14. Пробы воды должны помещаться в сосуды из полиэтилена или обычного белого стекла и закрываться полиэтиленовыми, корковыми или резиновыми пробками.

2.15. Пробы, отобранные на химический анализ различных компонентов, консервируются и хранятся в соответствии с ГОСТ 24481—80 и прил. 4.

2.16. Каждая проба воды регистрируется в журнале (специальном буровом или журнале откачки), снабжается этикеткой (прил. 5) и отправляется в лабораторию.

2.17. Пробы, направляемые в лабораторию для выполнения химических анализов, сопровождаются ведомостью по образцу, приведенному в прил. 6.

2.18. Работы, указанные в п. 2.2. в, проводятся в процессе бурения разведочных скважин, расположенных, как правило, створами с достижением естественных или условных гидрогеологических границ водоносного горизонта, а также в направлениях возможного растекания сточных вод в водоносном горизонте. Число выработок на разведочных створах и расстояния между ними определяются длиной створа, принятой исходя из морфологических, геолого-литологических и гидрогеологических условий территории. В общем случае рекомендуются следующие расстояния между выработками на этих створах: при длине створа до 1 км — 0,25 — 0,3 км; до 10 км — 0,5—1,0 км; более 10 км — 1—2 км.

2.19. Скважины, предназначенные специально для изучения химического состава воды, желательно проходить всухую, без подлива воды и без промывки. Отбор проб воды из таких скважин следует производить после прекращения бурения, установления уровня и осветления воды в скважине.

Перед отбором проб воды на химический анализ в скважинах пробуренных с промывкой, необходимо произвести прокачку с извлечением из нее не менее 2—3 объемов столба воды до полного ее осветления; в ходе прокачки следует производить полевой анализ воды по одному-двум макрокомпонентам для установления стабильности ее фонового состава. По достижении стабильности отбирается проба на лабораторный анализ.

2.20. Скважины, предназначенные для гидрохимического опробования, должны, как правило, полностью вскрывать водоносный горизонт, подлежащий опробованию. В случае глубокого залегания водоупорной подошвы горизонта (50 м и более) число скважин, опробуемых в гидрохимических целях, может быть сокращено до необходимого минимума, обеспечивающего достоверность и надежность гидрохимической информации.

2.21. Гидрохимическое опробование водоносного горизонта необходимо вести поинтервально в процессе проходки скважин. Отбор проб воды производится, как правило, через каждые 5 м проходки. Первая проба отбирается при вскрытии водоносного горизонта. При мощности водоносного горизонта до 3 м отбирается 1 проба, до 5 м — 2 пробы, более 5 м — через каждые 5 м проходки водовмещающих пород. При неоднородном составе водовмещающей толщи пробы воды отбираются из каждого водоносного прослоя, независимо от его мощности.

2.22. Для изучения химического состава вод нижележащего горизонта и выяснения возможного влияния его на состав грунтовых вод необходимо отобрать пробы для анализа из 2—3 скважин, вскрывающих этот горизонт в пределах района изысканий.

2.23. Отбор проб подземных вод производится в соответствии с пп. 2.10—2.18 настоящих Рекомендаций. В каждом створе разведочных скважин намечается не менее 3 точек отбора проб на химический анализ, каждая из которых должна характеризовать верхнюю, среднюю и нижнюю часть водоносного горизонта. Количество проб в точке можно варьировать в зависимости от мощности водоносного горизонта в соответствии с п. 2.21.

2.24. При обнаружении загрязняющих компонентов в природных (фоновых) водах при рекогносцировочном обследовании отбор проб на химический анализ производится в соответствии с пп. 2.12—2.18, 2.22.

2.25. Обобщение полученных гидрохимических материалов проводится посредством составления гидрохимических карт, графиков, разрезов в соответствии с п.2.2.

2.26. На основании общих материалов изысканий и выводов из обобщения, указанного в п. 2.25, создается постоянно действующая сеть наблюдательных скважин для контроля за химическим составом вод водонос-

ного горизонта в период работы накопителя.

2.27. Наблюдательные скважины должны быть заложены в виде створов по потоку от стокохранилища в направлении:

к действующим или проектируемым водозаборам;

к реке и другим открытым водоемам;

к сельским населенным пунктам;

к лесным массивам.

2.28. При неоднородном в разрезе литологическом строении водоносного горизонта наблюдательные скважины следует оборудовать на разные глубины. При большой мощности водоносного горизонта необходимо оборудовать наблюдательные посты, состоящие не менее чем из 3 скважин: каждая из скважин закладывается для наблюдений за химическим составом верхней, средней и нижней части водоносного горизонта.

2.29. Каждая наблюдательная скважина оборудуется фильтром из инертного материала — из полихлорвинила.

2.30. Наблюдения за режимом химического состава вод водоносного горизонта проводятся не менее 1 раза в месяц. При аварийных утечках сточных вод, сырья или готовой продукции предприятия наблюдения ведут не реже 4 раз в месяц.

Наблюдения за положением уровня подземных вод при этом (при его достаточно стабильном положении) производятся не реже трех раз в месяц, а при необходимости частота замеров должна возрастать вплоть до ежедневных.

2.31. Пробы воды отбирают на химический анализ и на содержание специфических компонентов сточных вод в соответствии с пп. 1.11—1.16 и 2.12—2.18 настоящих Рекомендаций.

2.32. Гидрохимические материалы обобщаются в соответствии с п. 2.21, а также с помощью статистических методов. На основании таких обобщений периодически составляют заключения о состоянии качества вод горизонта.

2.33. При составлении графических материалов, значения концентраций характерных ионов в подземных водах в измененных условиях, равные уровням концентраций соответствующих ионов в водах природного фона, следует принимать за нижний предел величины концентраций, являющийся критерием для выявления изменений химического состава. Это позволит показать на картах участки с "чистыми" фоновыми водами и участки, где происходит изменение их состава под влиянием инфильтрации сточных вод из бассейна.

2.34. Сопоставление гидрохимических графиков и карт, составленных на разные сроки наблюдений, позволяет проанализировать изменение состава подземных вод, дает возможность показать продвижение фронта подземных вод измененного состава, оценить амплитуду этих изменений и обосновать прогноз продвижения загрязненных вод по направлению естественного уклона подземных вод или в любом требуемом направлении.

2.35. В соответствии с п. 2.33 для количественной оценки изменений состава подземных вод в нарушенных условиях, приводящих к образованию ареалов загрязнения подземных вод, применяют методы математической статистики.

Для этого целесообразно использование критерия Стьюдента и критерия Фишера.

2.36. Критерий Стьюдента применяется для сравнения средних двух выработок

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S} = \sqrt{\frac{(n_1 n_2)}{(n_1 + n_2)}}, \qquad (1)$$

где $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ — средние концентрации какого-либо компонента, мг/л, в подземных водах двух выработок по данным соответственно n_1 и n_2 скважин или дат отбора, взятых из двух разных участков:

зоны "чистых" подземных вод $\bar{x}_1 = \frac{\sum_{i_1=1}^{n_1} x_1 i_1}{n_1}$

зоны загрязненных вод $\bar{x}_2 = \frac{\sum_{i_2=1}^{n_2} x_2 i_2}{n_2}$ (2)

S — среднее квадратичное отклонение по обеим выборкам

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}}, \quad (3)$$

здесь S_1 и S_2 — средние квадратичные отклонения соответственно по первой и второй выборкам

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_1} (x_1 i_1 - \bar{x}_1)^2}{n_1 - 1}}; \quad S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i_2=1}^{n_2} (x_2 i_2 - \bar{x}_2)^2}{n_2 - 1}}. \quad (4)$$

Вычисленное значение t сравниваем с табличным значением таблицы распределения критерия t, взяв число степеней свободы f равным

$$f = n_1 + n_2 - 2 \quad (5)$$

и величину вероятности $P = 0{,}05$ (прил. 7).

2.37. В случае, если вычисленное значение t больше табличного, то расхождение между оценками x_1 и x_2 статистически значимо. Если вычисленные значения одного или обоих критериев превышают их табличные значения, то это означает, что оценки среднего значения концентраций или степени отклонения концентраций от средних значений статистически значимы. Такие расхождения свидетельствуют, что сравниваемые выборки не являются однородными, и различия обусловлены формированием их в разных условиях: "чистых" фоновых вод — в природной обстановке, а вод зоны загрязнения — под влиянием фильтрации сточных вод из бассейна.

2.38. Критерий Фишера F представляет собой отношение квадратов оценок S_1 и S_2 (при $f_1 = n_1 - 1$ и $f_2 = n_2 - 1$ степенях свободы), т.е. $F = S_1^2 / S_2^2$. При вычислении критерия Фишера $S_1^2 > S_2^2$. Вычисленное значение F сравнивается с табличным. Число степеней свободы f_1, соответствующее большей оценке S_1^2, определяет графу таблицы, а число f_2, соответствующее меньшей оценке S_2^2, — строку таблицы. Если вычисленное значение F при данных f_1 и f_2 будет больше соответствующего значения, приведенного в прил. 8, то расхождение между оценками существенно.

2.39. В процессе обобщения материалов режимных наблюдений за изменением химического состава подземных вод в соответствии с п. 2.2 проводят их сопоставление с нормами предельно допустимых концентраций по ГОСТ 2874–82.

2.40. При обнаружении загрязнения водоносного горизонта компонентами сточных вод необходимо составить соответствующее заключение и направить его руководителю предприятия, в районную санэпидстанцию.

3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Специальные физико-химические исследования необходимо проводить при инженерных изысканиях с целью прогноза распространения загрязняющих компонентов отходов промышленных предприятий в водоносном горизонте для обоснования рационального выбора участка под накопитель промышленных стоков и оценки необходимости применения противофильтрационных мероприятий.

3.2. Специальные физико-химические исследования предполагают изучение продуктов разложения отвалов (места складирования твердых отходов производства), промышленных стоков, почвенно-грунтовой толщи, рассматриваемой как геохимический барьер.

3.3. Взаимодействие почвенно-грунтовой толщи как геохимического барьера и стоков предприятий различных отраслей промышленности регулируется рядом химических и физико-химических процессов. Наиболее характерными из них являются растворение и осаждение, комплексообразование, ионно-обменные процессы.

3.4. Специальные физико-химические исследования обязательны при:

инфильтрации стоков в водоносный горизонт, воды которого используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения;

наличии гидравлической связи загрязняемого водоносного горизонта с водоносным горизонтом, являющимся источником водоснабжения района;

дренировании открытыми водоемами загрязняемого водоносного горизонта при использовании поверхностных вод для водоснабжения;

отсутствии естественного экранирующего слоя пород зоны аэрации с низкими фильтрационными свойствами (глины, суглинки);

наличии или возможности образования обратных уклонов поверхности подземных вод на участке изысканий в результате развития депрессионных воронок близко расположенными водозаборами;

наличии в стоках высокотоксичных ингредиентов с низкими предельно допустимыми концентрациями (ПДК);

наличии в сточных водах компонентов, агрессивных к материалам оснований и фундаментов инженерных сооружений;

химической "несовместимости" сточных и фоновых вод.

Примечание. Под химической совместимостью понимается индифферентность стоков в отношении фоновых вод при их смешении, выражающаяся в отсутствии осаждения компонентов.

3.5. Проведение опробования для специальных физико-химических исследований предусматривает следующие виды работ:

сбор и обобщение материалов, характеризующих почвенные, ландшафтно-геохимические, геоморфологические, геологические, инженерно-геологические условия района для оценки мощности и строения зоны аэрации, а также выделение литолого-геологических типов грунтов;

анализ рельефа, источников и путей миграции загрязняющих компонентов с выделением зон возможного загрязнения;

отбор проб грунтов в промышленной и защитной зоне предприятия для оценки интенсивности загрязнения.

3.6. Соотношение между размерами изучаемой площади, количеством проб и расстоянием между точками опробования должно находиться в соответствии с п. 2.9.

3.7. В скважинах, предназначенных для проведения гидрохимического опробования (раздел 2), предусматривается поинтервальный отбор образцов пород на гранулометрический, спектрохимический и химический анализ. Образцы пород нарушенной структуры отбираются в полиэтиленовые мешочки. Отбор производится по ГОСТ 9.015—74 с изм. Интервалы отбора проб: 0—0,25, 0,25—0,5, 0,5—1 м и далее каждый метр. Границы литологических разностей отбиваются соответствующей пробой.

3.8. Исходя из существующих расчетных уровней скорости фильтрации промышленных отходов, необходимо изучение следующих свойств грунтов, находящихся в области возможного влияния очага загрязнения:

общая пористость n_0;

активная пористость грунта $n_a = n_0 - n_{связ}$;

содержание связанной воды $n_{связ}$;

начальная влажность грунта w_e;

полная высота капиллярного поднятия $h_к^0$;

коэффициент фильтрации K.

3.9. Для изучения адсорбирующих свойств грунтов требуется определить:

гранулометрический состав с выделением процента тонкодисперсной фракции;

содержание органического вещества с термической обработкой грунта.

3.10. Совместное рассмотрение результатов исследования качественных и количественных изменений образцов пород и подземных вод, происшедших в результате загрязнения в конкретной природной обстановке, позволяет получить материалы для последующего прогнозирования возможного загрязнения подземных вод.

3.11. Прогноз загрязнения подземных вод основывается на результатах качественных определений параметров массопереноса. Поскольку основными процессами массопереноса являются конвективная диффузия, сорбция, растворение, выщелачивание, осаждение, задачей специальных исследований является оценка следующих параметров: обобщенного коэффициента дисперсии, коэффициента распределения, константы скорости осаждения, растворения (выщелачивания).

3.12. Под обобщенным коэффициентом дисперсии D_L понимается параметр, зависящий от градиента концентрации растворенного вещества, скорости фильтрации и геометрии порового пространства и определяемый по формуле:

$$D_L = D_M + D_\Gamma ; \quad D_\Gamma = \lambda V_\Phi , \tag{6}$$

где D_M — коэффициент молекулярной диффузии, D_Γ — коэффициент гидродисперсии, V_Φ — скорость фильтрации, λ — параметр, зависящий от геометрии порового пространства породы. При фильтрации загрязненных подземных вод $D_\Gamma \gg D_M$. Коэффициент молекулярной диффузии изменяется в пределах $0{,}05–0{,}8 \cdot 10^{-5}$ см^2/с. В табл. 1 приведены значения обобщенного коэффициента дисперсии для различных литологических разностей дисперсных пород и известняков, полученные в лабораторных экспериментах.

Таблица 1

Порода	Скорость фильтрации, м/сут	D_L, см^2/с
Песок мелкозернистый	0,10–38	$2{,}5 \cdot 10^{-5}–2 \cdot 10^{-2}$
Песок пылеватый	0,35–0,65	$3{,}4 \cdot 10^{-4}–6{,}2 \cdot 10^{-4}$
Песок разнозернистый	3,3	$1{,}89 \cdot 10^{-4}$
Песок крупнозернистый	2,8–43,2	$4{,}9 \cdot 10^{-4} –1{,}56 \cdot 10^{-2}$
Супесь	5,2–6,3	$1 \cdot 10^{-3}–6 \cdot 10^{-3}$
Гравий, $d = 1{,}65$ мм	12,3–145,2	$5{,}46 \cdot 10^{-3}–8{,}32 \cdot 10^{-2}$
Гравий, $3 < d < 5$ мм	7,9–20,3	$6 \cdot 10^{-4}–3{,}1 \cdot 10^{-3}$

3.13. Определение D_L проводится в тех случаях, когда водоносная толща представлена крупнозернистыми песками, гравийно-галечниковыми отложениями и трещиноватыми породами с большой проницаемостью. Если водоносная толща состоит из гравийно-галечниковых отложений и трещиноватых пород, D_L определяется в натурных условиях радиоиндикаторными методами.

В случае крупнозернистых песков проводятся лабораторные эксперименты.

3.14. В лабораторных условиях обобщенный коэффициент дисперсии определяют методом фильтрации раствора индифферентного компонента с постоянной его концентрацией или методом "пакета трассера". В качестве индифферентного компонента ("трассера") целесообразно использовать хлорид-ионы.

3.15. Образец крупнозернистого песка весом 0,5–0,8 кг отбирают в процессе бурения разведочных скважин в соответствии с ГОСТ 9.015–74 с изм. Песок помещают в колонну фильтрационной установки, высота колонны подбирается таким образом, чтобы относительная ошибка определения обобщенного коэффициента дисперсии D_L не превышала 5%. Погрешность опыта δ_c оценивается по следующему равенству:

$$\delta_c = 0{,}3/\eta^{1/2}; \quad \eta = V_\varphi t / D_L . \tag{7}$$

3.16. При методе фильтрации раствора с постоянной концентрацией индифферентного компонента с момента времени $t = 0$ в колонну подается раствор хлористого натрия с концентрацией хлорид-ионов C_0. Фильтрат отбирают через равные промежутки времени равными объемами по 25 или 50 мл, используя для этого мерные колбочки. Фильтрацию заканчивают, когда концентрация хлорид-ионов в фильтрате будет равна 0,95 C_0. Далее в фильтрате определяют содержание хлорид-ионов химико-аналитическими методами (например, методом Мора) или с помощью хлорсеребряного электрода и потенциометра марки рН-340, рН-262, ЛПУ-01 и т.д. В последнем случае предварительно проводится градуировка электрода по серии стандартных растворов.

3.17. По данным определения хлор-ионов в отобранных объемах фильтрата строят график зависимости $\bar{C} = C/C_0 = f(t)$, который описывается уравнением

$$\bar{C} = 0{,}5\,\mathrm{erfc}\,\xi , \tag{8}$$

где

$$\xi = (l_k - V_\varphi t/n_a)/2\sqrt{D_L t/n_a} . \tag{9}$$

Здесь l_k — длина колонны песка, n_a — активная пористость, t — время.

По данным выходной кривой рассчитывают значения аргумента ξ по известным величинам $\mathrm{erfc}\,\xi = 1-2\bar{C}$ и строят график зависимости $\xi t^{0,5} = f(t)$. График описывается уравнением

$$\xi t^{0,5} = 0{,}5\,(n_a/D_L)^{0,5}(l_k - Vt/n_a). \tag{10}$$

По уравнению $t_0 = l_k n_a / V$ рассчитывают величину активной пористости.

По данным графика $\xi t^{0,5} = f(t)$ для любой его точки находят D_L по следующему уравнению:

$$D_L = 0{,}25\,n_a\left(\frac{l_k - Vt/n_a}{\xi t^{0,5}}\right)^2 = 0{,}25\,V^2/n_a\left(\frac{t_0 - t}{\xi t^{0,5}}\right)^2 . \tag{11}$$

3.18. Метод "пакета трассера" предусматривает при $t = 0$ прекращение подачи дистиллированной воды и введение "пакета" 0,3н раствора NaCl столбиком высотой l_0. Время запуска "пакета" t_0 фиксируется. После введения "пакета" продолжают пропускать через колонну дистиллированную воду и отбирают фильтрат равными объемами по 25 или 50 мл. Фильтрацию заканчивают при полном отсутствии хлорид-ионов в фильтрате. По данным определения хлорид-ионов в отобранных объемах фильтрата строят график зависимости $\bar{C} = c/C_0 = f(t)$ по уравнению

$$2\bar{C} = erfc\,\xi - erfc\,\xi_0, \tag{12}$$

где

$$\xi = \frac{n_a l_k - V_\varphi t}{2\sqrt{n_a D_L t}}, \quad \xi_0 = \frac{n_a l_k - V_\varphi (t - t_0)}{2\sqrt{n_a D_L (t - t_0)}}. \tag{13}$$

Здесь C_0 — концентрация хлорид-ионов в "пакете". Время прохождения пика концентрации хлорид-ионов t_{max} определяется по формуле

$$t_{max} = n_a l_k / V + 0{,}5 t_0. \tag{14}$$

По уравнению (14) рассчитывают величину n_a.

3.19. Коэффициент распределения β является основным параметром сорбционного процесса. Он характеризует распределение компонента между сорбирующей породой и водой. Величина коэффициента распределения зависит от минералогического и литологического состава водовмещающих пород, природы сорбирующегося компонента, pH, ионной силы вод и в меньшей степени от температуры.

Сорбция микрокомпонентов загрязненных подземных вод пород происходит необратимо (хемосорбция) при их начальной концентрации не более 20 мг/л и описывается изотермой Генри:

$$\beta = q / C_p, \tag{15}$$

где q — равновесное содержание сорбированного микрокомпонента в породе, C_p — его равновесная концентрация в воде.

3.20. Сорбция катионов макрокомпонентов происходит по типу ионного обмена. Изотерма их сорбции соответствует уравнению Б.П.Никольского

$$K_{A,B} = q_A^{1/z_A} C_B^{1/z_B} / q_B^{1/z_B} C_A^{1/z_A}, \tag{16}$$

где $K_{A,B}$ — константа обмена катионов A и B; q_A, q_B — равновесные концентрации сорбционных ионов A и B в породе; C_A и C_B — их равновесные концентрации в воде; z_A, z_B — валентности катионов A и B.

3.21. Величины коэффициента распределения β отдельных компонентов загрязненных подземных вод для различных пород приведены в табл. 2.

Таблица 2

Порода	Компонент	pH воды	Ионная сила воды	β
Песок	Cu^{2+}	5,0–5,5	0,0015	14,4
"	Cu^{2+}, $CuCl^+$	5,5–6,0	0,0008	10,2
"	Zn^{2+}, $ZnCl^+$	–	0,10	1,525–1,613
"	ПАВ	–	–	0,05–0,14
Галечник с заполнителем Са – глина покровная	Оксибензол	7,3	0,10	0,3
	Mg^{2+}	–	0,015	14,26–17,30*
Са – каолин	Mg^{2+}	–	0,225	3,58–5,67*

* β имеет размерность мл·г$^{-1}$, остальные величины безразмерные.

3.22. Коэффициент распределения компонента β определяют, когда водоносные породы представлены песками, супесями, суглинками, глинами,

галечниками с глинистым, суглинистым, супесчаным и песчаным заполнителем. Количество заполнителя в галечниках должно быть не менее 25% с сорбционной способностью не менее 0,01 мг-экв/г. Коэффициент распределения катионов макрокомпонентов следует определять лишь для тонкозернистых песков, супесей, суглинков, глин и галечников с супесчаным, суглинистым и глинистым заполнителем.

3.23. Коэффициент распределения определяется в лабораторных условиях статическими методами серии навесок и одной навески и динамическим методом фронтальной хроматографии. Эксперименты проводятся при соблюдении следующих правил: исходная концентрация компонента и скорость фильтрации раствора в динамических опытах должны соответствовать натурным условиям; ионная сила раствора μ в статических опытах должна быть постоянна и близка к таковой в натурных условиях.

3.24. *Статический метод серии навесок в основном применим при исследовании сорбции тяжелых металлов.* Серия одинаковых навесок дисперсных пород, отобранных в колбочки, заливается равными объемами (по 50, 100 мл) растворов, содержащих данный металл в возрастающих концентрациях. Все растворы готовятся на основе той соли макрокомпонента, которая соответствует химическому типу загрязненных вод. Например, если загрязненные воды хлоридного натриевого типа, то для приготовления растворов используется $NaCl$.

3.25. Ионная сила растворов должна быть постоянна и равна таковой для загрязненных вод. Она рассчитывается по уравнению

$$\mu = \Sigma C_i z_i^2, \qquad (17)$$

где C_i — концентрация иона макрокомпонента, моль/кг, z_i — его валентность.

Интервал концентраций тяжелых металлов подбирается таким образом, чтобы он соответствовал интервалу их содержания в природных и сточных водах. Рекомендуемые навески дисперсных пород: глины — 1—3 г, суглинки 3—5 г, супеси 5—8, пески 10—20г. Все растворы готовят на бидистилляте.

3.26. Навески пород, залитые соответствующими растворами, закрывают пробками и, периодически взбалтывая, оставляют на трое суток для установления равновесия. Затем содержимое колбочек фильтруют через очищенный фильтр "белая лента", а в фильтрате определяют содержание металла. Коэффициент распределения рассчитывают по уравнению (15), в котором

$$q = [(C^0 - C_p)V\gamma]/P - q_\phi, \qquad (18)$$

где q_ϕ — фоновое содержание металла в породе, мкг/см^3. C^0 и C_p — соответственно исходная и равновесная концентрация тяжелого металла в растворе, мкг/см^3; P — вес породы, г; V — объем контактирующего раствора, см^3; γ — удельный вес породы, г/см^3. На основе полученных данных находят среднее значение коэффициента распределения.

3.27. Статический метод одной навески целесообразно применять при определении β-катионов макрокомпонентов. Для проведения эксперимента готовят два раствора сорбируемого (А) и десорбируемого (В) катиона с равными ионными силами. Далее, смешивая их в соотношении 9:1, 3:1, 1:1 и 1:9, получают исходные растворы, в которых определяют содержание сорбируемого и десорбируемого катиона.

3.28. Образец породы подготавливается следующим образом. На воронке с фильтром "красная лента" образец обрабатывается 1н раствором хлористой соли катиона А до полного насыщения. Обработку заканчивают, когда концентрация катиона А в фильтрате станет постоянной. Далее образец промывают дистиллированной водой до полного удаления хлорид-ионов и высушивают сначала на воздухе, а затем в термостате до постоянного веса.

3.29. Навеску подготовленной таким образом породы помещают в колбочку, заливают 100 мл раствора сорбируемого катиона В, закрывают пробкой и, периодически встряхивая, оставляют на трое суток для установления

полного равновесия. На третьи сутки осторожно, не взмучивая породу, из колбочки отбирают пипеткой 25 мл раствора, в котором определяют концентрацию катионов А и Б. В колбочку сразу добавляют 25 мл смешенного раствора в соотношении 9:1, встряхивают и оставляют еще на трое суток. Подобную операцию повторяют через каждые трое суток, отбирая и последовательно вводя в колбочку 25 мл смешанных растворов в соотношении 3:1, 1:1 и 1:9. По данным химико-аналитических определений концентраций катионов А и В в равновесных растворах рассчитывают значения $K_{A,B}$ по уравнению (16), в котором

$$q_A = (C_A^0 - C_A)\,100\,\gamma / P, \tag{19}$$

$$q_B = (C_B^0 - C_B)\,100\,\gamma / P, \tag{20}$$

где C_A^0 и C_B^0 — начальные концентрации катионов А и В в растворе, 100 — объем раствора в колбе, остальные обозначения прежние. Содержание компонентов в растворе выражается в мг-экв/см^3, в породе — в мг-экв на 1 г абсолютно сухой навески. По пяти полученным значениям $K_{A,B}$ находят ее среднюю величину.

3.30. Исходя из полученного значения $K_{A,B}$ рассчитывают коэффициенты распределения катионов А и В (β_A, β_B).

$$\beta_A = K_{A,B}^{z_A} (q_B / C_B)^{z_A / z_B}, \tag{21}$$

$$\beta_B = K_{A,B}^{z_B} (q_A / C_A)^{z_B / z_A} \tag{22}$$

3.31. При ионном обмене β зависит от содержания катионов в породе в сорбированном состоянии, а следовательно, и от равновесной концентрации сорбируемого иона В строят графики $\beta_A = f(C_B)$ и $\beta_B = f(C_B)$. По этим графикам находят те значения β_A и β_B, которые соответствуют величине C_B, равной концентрации катиона В в загрязненных водах вблизи источников загрязнения. При этом предполагается, что при длительной эксплуатации хранилища промышленных стоков загрязненные воды вблизи него будут находиться в состоянии динамического равновесия с водовмещающими породами.

3.32. Динамический метод предусматривает проведение эксперимента на фильтрационном приборе. Образец дисперсной породы помещают в колонну. Для удаления из образца защемленного воздуха в колонну снизу подается дистиллированная вода. После стабилизации фильтрационного потока отключают сосуд с дистиллированной водой и начинают фильтрацию раствора, содержащего данный компонент. Скорость фильтрации должна быть постоянна и равна таковой в натурных условиях. В процессе фильтрации отбирают пробы фильтрата равными объемами (по 25 или 50 мл). Фильтрацию прекращают, когда концентрация компонента в фильтрате станет равной 0,95 C_0. По данным определения концентрации исследуемого компонента в каждой порции фильтрата строят график зависимости $\bar{C} = C/C_0 = f(t)$, который описывается следующим уравнением

$$\bar{C} = 0{,}5\,\mathrm{erfc}\left(\frac{l_k - V_\Phi t / n_a (1+\beta)}{2\sqrt{D_L t / (1+\beta)}}\right). \tag{23}$$

По графику находят время $t_{0,5}$ прохождения концентрации компонента, равной 0,5 C_0. Используя значение $t_{0,5}$, определяют n_0 и β:

$$n_0 = t_{0,5} V_\Phi / l_k; \tag{24}$$

$$\beta = (V_\Phi t_{0,5} - n_a l_k)/n_a l_k. \tag{25}$$

3.33. Константа скорости растворения (выщелачивания определяется в условиях, когда водоносные породы представлены глинами, суглинками, супесями, песками с удельным объемным содержанием исследуемого сое-

динения в породе не менее 0,2. Начальное удельное объемное содержание растворяющегося соединения в породе определяют в соответствии с прил. 9. Эксперимент проводится на фильтрационном приборе. Для фильтрации используют растворы, соответствующие по составу загрязненным водам. Исследования проводят с колонками дисперсных пород следующих размеров: глины: 2–4–6–8–10 см, суглинки: 2–5–7–10–15–20 см, пески и супеси: 2–5–10–20–30–40 см. Скорость фильтрации для каждой серии опытов должна быть постоянной.

3.34. Для удаления из образца защемленного воздуха через колонку пропускают насыщенный раствор исследуемого соединения. Приготовление насыщенного раствора и определение концентрации насыщения $C_н$ проводят в соответствии с прил. 10. После стабилизации фильтрационного потока прекращают подачу насыщенного раствора и начинают фильтрацию раствора-аналога. Фильтрат отбирают равными объемами по 25, 50 или 100 мл. В каждой пробе определяют содержание исследуемого соединения. Фильтрацию прекращают, когда в фильтрате не будут обнаруживаться компоненты соединения.

3.35. Для каждой колонки породы указанных выше размеров фиксируют время полного выщелачивания исследуемого соединения t, отсчитываемого с момента начала контакта раствора-аналога с нижней поверхностью образца. По полученным величинам t строят график зависимости $l_к = f(t)$. График представляет собой прямую, отсекающую на оси абсцисс (ось времени) отрезок, равный времени формирования выщелоченной зоны в породе T_0. Прямая описывается уравнением

$$l = \alpha (t - T_0), \tag{26}$$

где α – скорость перемещения выщелоченной зоны (соответствует угловому коэффициенту прямой). По величине T_0, r_0 и $C_н$ рассчитывают константу скорости растворения исследуемого соединения (K_1), используя следующее уравнение

$$K_1 = 2 \gamma_0 r_0^{0,5} / T_0 C_н, \tag{27}$$

где γ_0 – объемный вес исследуемого соединения; r_0 – начальное удельное объемное содержание соединения.

3.36. Константа скорости осаждения определяется для ингредиентов, образующих при смешении инфильтрующихся сточных вод и фоновых подземных вод средне- и трудно-растворимые соединения. Для выявления возможности осаждения ингредиентов и качественного состава осадка, его образования проводят предварительное исследование согласно прил. 11. Если установлено образование осадка, дальнейшие исследования проводятся в конической широкогорлой колбе емкостью 1000 мл со сточной водой или ее раствором-аналогом и фоновой подземной водой района изысканий. В водах и растворах должны быть определены pH и начальные содержания компонентов, которые образуют осадок. В колбу помещают некоторый объем фоновой подземной воды. Затем добавляют такой объем сточной воды или раствора-аналога, чтобы соотношение объемов фоновой и сточной воды (раствора-аналога) было равно соотношению расходов бытового потока подземных вод и инфильтрационного потока сточных вод через зону аэрации. После сливания вод колбу сразу ставят на магнитную мешалку и через каждые 2–5–10–15–20–30–40–50–60–90 мин с момента сливания отбирают по 20 мл раствора, используя для этого пипетку с мембраной № 1. Наличие в пипетке мембраны необходимо, чтобы исключить захват частиц осадка. В отобранных пробах определяют компоненты осаждающегося соединения. Исходя из полученных данных строят следующие графики:

1. При осаждении среднерастворимых соединений

$$\ln \bar{C} = \ln C/(C_0 - C_н) = f(t); \tag{28}$$

2. При осаждении труднорастворимых соединений

$$ln\,\bar{C} = ln\,C/C_0 = f(t), \qquad (29)$$

где C_0 — начальное содержание компонента в смешанном растворе. Графики имеют вид прямых, проходящих через начало координат. Константа скорости осаждения K_2 определяется как тангенс угла наклона прямой к оси времени.

Полученные значения физико-химических параметров подставляют в уравнения, представленные в прил. 12 и рассчитывают скорость продвижения фронта загрязнения, время подхода фронта к водозабору, реке и другим открытым водоемам, дренирующим водоносный горизонт, к сельским населенным пунктам с нецентрализованным водоснабжением и лесным массивам. Если расчеты показывают высокую скорость распространения загрязнения, ставящую под угрозу водоснабжение района изысканий или значительное увеличение концентраций компонентов, агрессивных к бетонным и железобетонным конструкциям, составляют соответствующее заключение для проектной организации для обоснования проектирования защитных мероприятий.

Наиболее распространенные ингредиенты сточных вод основных отраслей производства, поступающие в подземные воды

Отрасль производства	Ингредиенты
Химическая	Cl^-, SO_4^{2-}, H_2S, сульфиды, CO_3^{2-}, HCO_3^-, NO_3^-, NO_2^-, PO_4^{3-}, H_4SiO_4, NH_3^+, NH_4^+, F^-, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe (II, III), Co, Hg (II), Pb (II), As (III), Zn (II), Cu (II), Ni (II), Mn (II, IV), пиридин, анилин, фенолы, амины, формальдегид, бензол, нефтепродукты
Рудообогатительная (железных руд и руд цветных металлов)	SO_4^{2-}, H_2S, сульфиды, цианиды F^-, H_4SiO_4, Na^+, Ca^{2+}, As (III), Cu (II), Zn (II), Fe (II, III), Ni (II), Pb (II), Mo (IV), Ti (IV), Hg (II), фенолы, нефтепродукты, дитиофосфаты, ксантогенаты
Машиностроительная и металлообрабатывающая	Cl^-, SO_4^{2-}, F^- цианиды H_4SiO_4, $H_4P_3O_4$, PO_4^{3-}, NH_4^+, Ni (II), Cu (II), Cd (II), Pb (II), Zn (II), Mo (IV), Fe (II, III), Cr (III, VI), нефтепродукты
Металлургическая	SO_4^{2-}, Cl, цианиды H_4, SiO_4, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Mn (II, IV), Cu (II), As (III), Al (III), Fe (II, III), нефтепродукты, СПАВ, Ni (II)
Нефтехимическая	Нефтепродукты, ароматические углеводороды, фенолы, H_2S сульфиды, Cl, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, Na^+, Pb (II), Cu (II)
Целлюлозно-бумажная	SO_4^{2-}, SO_3^{2-}, CO_3^{2-}, Cl^-, PO_4^{3-}, Na^+, Ca^{2+} лигнин, таннин
Добывающая	SO_4^{2-}, Cl^-, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe (II, III), Cu (II), Mn (II), Zn (II), Pb (II), Ni (II), нефтепродукты Br^-, I^-
Теплоэлектроэнергетика	Cl^-, SO_4^{2-}, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Cu (II), Pb (II), Fe (II, III), нефтепродукты
Хозяйственно-бытовые стоки (в том числе транспортные отходы)	NH_4^+, NO_3^-, NO_2^-, SO_4^{2-}, Cl^-, Pb (II), бензин, керосин, масла, фенолы
Сельское хозяйство	Альдрин, гексохлоран, эндрилиндан, пестициды

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Наиболее распространенные ингредиенты твердых отходов, поступающие в подземные воды

Отрасль промышленности	Ингредиенты
Химическая	SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, F^-, H_4SiO_4, Ca^{2+}
Рудообогатительная	SO_4^{2-}, сульфиды H_4SiO_4, Ca^{2+}, Fe (II, III), Mn (II, IV), Cu (II), Ni (II), Pb (II), Zn (II), Hg (II), Mo (VI), Tl (IV), As (V)
Металлургическая	HCO_3^-, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, Cl^-, H_2S, сульфиды, H_4SiO_4, Ca^{2+}, Mg^{2+}
Добывающая	Cl^-, SO_4^{2-}, F^-, PO_4^{3-}, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Fe (II, III), сульфиды, нефтепродукты
Целлюлозно-бумажная	Лигнин, таннин, Fe (II, III), Mn (II)
Теплоэнергетическая	SO_4^{2-}, Cl^-, F^-, H_4SiO_4, Na^+, K^+, Ca^{2+}

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Формы обработки по сбору и обобщению гидрохимических материалов

Сбор и обобщение материалов по химическому составу сточных вод, подземных вод и атмосферных осадков, в процессе которых выявляются типичные ассоциации компонентов, определяющие господствующий химический тип, возможный в данном районе при определенном характере промышленного предприятия. Сбор фактического материала производится составлением каталогов химических анализов, включающих перечень (ориентировочный) наименований (табл. 1).

Таблица 1

№ пп.	Место отбора пробы	Дата отбора пробы	Глубина отбора пробы	Условия отбора	t воды, °С	Возраст водовмещающих пород	Минерализация, мг/л — сухой остаток	Eh	pH
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Продолжение табл. 1

HCO_3	CO_3	SO_4	Cl	F	H_2S	S (pH>9)	NO_3	NO_2	Ортофосфаты			
									$H_3PO_4^0$	$H_2PO_4^-$	HPO_4^{2-}	PO_4^{3-}
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Продолжение табл. 1

Полифосфаты PO_4^{3-}	Фосфорорганические соединения	H_4SiO_4	Свободный водород	$\Sigma_{ан}$	Na^+	K^+	NH_4	Ca	Mg	Sr	Ba	Fe^{2+}
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36

Продолжение табл. 1

Fe^{3+}	Al	Mn	Ti	Cu	Zn	Pb	As	Σ кат	Фенолы	Ксантогенаты
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47

Систематизация фактического материала осуществляется составлением схемы типизации источников загрязнения подземных вод с характеристикой производственных циклов, основных загрязняющих компонентов, количества сбросов, способов утилизации, степени очистки и пр. В общем виде схема типизации представлена в табл. 2.

Таблица 2

Местоположение промышленного узла	Название предприятия, отрасль промышленности, дата начала эксплуатации	Технологическая схема предприятия и вид отходов предприятия	Количество отходов		Водопотребление, $м^3$/сут	Водоотведение, $м^3$/сут
			твердых, т/сут	жидких, $м^3$/сут		
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение табл. 2

Виды очистки стоков	Способ утилизации промышленных отходов	Химический состав твердых отходов	Химический состав сточных вод, мг/л	Тип сточных вод
8	9	10	11	12

Продолжение табл. 2

Основные загрязняющие компоненты отходов производства	Эксплуатируемый горизонт, глубина залегания	Оранизация,осуществляющая контроль за изменением качества подземных вод	Загрязняющие компоненты в подземных водах
13	14	15	16

Примечание. Количество граф с наименованием компонентов зависит от имеющегося содержания таковых в сточных и подземных водах; уточняется для различных видов промышленности и природных геолого-гидрогеологических условий.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Требования к отбору и консервации проб воды

№ п.п.	Определяемый компонент	Объем воды, необходимый на анализ, л	Способ консервации
1	Основной анализ (сухой), остаток, хлориды, сульфаты, общая жесткость гидрокарбонаты, углекислота свободная и т.д.)	1,5—2,0	Не консервируют
2	Окисляемость (перманганатная)	0,25	5 мл серной кислоты (1:2) на 0,25 л воды
3	ХПК	0,5	1 мл концентрированной серной кислоты на 1 л пробы
4	Углекислота агрессивная	0,5	2—4 г мрамора на 0,5 л воды
5	Нитраты, нитриты, фосфаты, аммоний-ион	1	2—3 мл хлороформа на 1 л пробы
6	Кремневая кислота	0,5	Не консервируют
7	Железо закисное, окисное	0,25	13 мл ацетатного буфера* на 0,25 мл воды
8	Фенол	1,0	4 г едкого натра на 1 л пробы
9	Никель, кобальт	1,0	5 мл соляной кислоты (1:1) на 1 л пробы
10	Формальдегид, пиридин, ароматические углеводороды	0,5—1,0	Не консервируют
11	Ртуть	0,5	Азотная кислота концентрацией 5 мл на 1 л воды
12	Нефтепродукты	3,0—4,0	Не консервируют

* Метод приготовления ацетатного буфера предусматривает смешивание равных объемов 1 н раствора уклекислого натрия (в мерную колбу 500 мм вносят 68 гр $CH\,COO\cdot Na\,3H_2O$ дабавление дистиллированной воды до метки и 5,5 н раствора уксусной кислоты (310 мл ледяной уксусной кислоты ч.д.а. доводят до 1 л) .

Образец оформления пробы воды

Наименование учреждения, производящего изыскания

1. Проба № . . . . . .
2. Адрес отбора пробы . . . . . .
3. Название выработки (скважина, котлован, шурф, колодец) или водопункта (источник, река, озеро, пруд, промышленный сток) . . . . . .
4. Условие отбора (бурение, откачка и т.д.) при помощи . . . . . .
5. Глубина отбора пробы . . . . . .
6. Температура воды, воздуха, ^{o}C . . . . . .
7. Количество бутылок в пробе . . . . . .
8. Консервация . . . . . .
9. Фамилия и должность лица, отбиравшего пробу (разборчиво) . . . . . .
10. Дата отбора пробы (число, месяц, год) . . . . . .

Примечание. Этикеткой снабжается каждая емкость в пробе с обязательной отметкой наименования определяемого компонента и количества консерванта.

Наименование организации,
производящей изыскания _____

ВЕДОМОСТЬ

проб воды, направляемых на лабораторные исследования

№ п.п.	№ скв.	Место отбора	Глубина отбора пробы, м	Дата отбора пробы	Объем пробы, л	Количество бутылок (емкостей)	Способ консервации	Комплекс определений	Примечания

Ведомость составил _____

Начальник подразделения _____

Значения t при данном числе степеней свободы F и данной величине вероятности $P = 0,05$

f	t	f	t
1	12,706	18	2,101
2	4,303	19	2,093
3	3,182	20	2,086
4	2,776	21	2,080
5	2,751	22	2,074
6	2,447	23	2,069
7	2,365	24	2,064
8	2,306	25	2,060
9	2,262	26	2,056
10	2,228	27	2,052
11	2,201	28	2,048
12	2,179	29	2,045
13	2,160	30	2,042
14	2,145	40	2,021
15	2,131	60	2,000
16	2,120	120	1,980
17	2,110		1,960

Значения F при $P = 0,05$

1	2	3	4	5	6	8	12	16	24	50	∞
161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	238,9	243,9	246,5	249,0	251,8	254,3
18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,43	19,45	19,47	19,50
10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,69	8,64	9,58	8,53
7,71	6,94	6,59	6,39	6,21	6,16	6,04	5,91	5,84	5,77	5,70	5,63
6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,60	4,53	4,44	4,36
5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,92	3,84	3,75	3,67
5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,49	3,41	3,32	3,23
5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,20	3,12	3,03	2,93
5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,98	2,90	2,80	2,71
4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,82	2,74	2,64	2,54
4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,96	2,79	2,70	2,61	2,50	2,40
4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,60	2,50	2,40	2,30
4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,51	2,42	2,32	2,21
4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,44	2,35	2,24	2,13
4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,39	2,29	2,18	2,07
4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,33	2,24	2,13	2,01
4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,29	2,19	2,08	1,96
4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,25	2,15	2,04	1,92
4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,21	2,11	2,00	1,88
4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,18	2,08	1,96	1,84
4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,15	2,05	1,93	1,81
4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,13	2,03	1,91	1,78
4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,11	2,00	1,88	1,76
4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	2,09	1,98	1,86	1,73
4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	2,07	1,96	1,84	1,71
4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	2,05	1,95	1,82	1,69
4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,30	2,13	2,03	1,93	1,80	1,67
4,20	3,34	2,95	2,71	2,66	2,44	2,29	2,12	2,02	1,91	1,78	1,65
4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,28	2,10	2,00	1,90	1,77	1,64
4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,99	1,89	1,76	1,62
4,12	3,26	2,87	2,64	2,48	2,37	2,22	2,04	1,94	1,83	1,70	1,57
4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,90	1,79	1,66	1,51
4,06	3,21	2,81	2,58	2,42	2,31	2,15	1,97	1,87	1,76	1,63	1,48
4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,13	1,95	1,85	1,74	1,60	1,44
4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,10	1,92	1,81	1,70	1,56	1,39
3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,07	1,89	1,79	1,67	1,53	1,35
3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,06	1,88	1,77	1,65	1,51	1,32
3,95	3,10	2,71	2,47	2,32	2,20	2,04	1,86	1,76	1,64	1,49	1,30
3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,03	1,85	1,75	1,63	1,48	1,28
3,92	3,07	2,68	2,44	2,29	2,17	2,01	1,83	1,72	1,60	1,45	1,25
3,90	3,06	2,66	2,43	2,27	2,16	2,00	1,82	1,71	1,59	1,44	1,22
3,89	3,04	2,65	2,42	2,26	2,14	1,98	1,80	1,69	1,57	1,42	1,19
3,87	3,03	2,64	2,41	2,25	2,13	1,97	1,79	1,68	1,55	1,39	1,15
3,86	3,02	2,63	2,40	2,24	2,12	1,96	1,78	1,67	1,54	1,38	1,13
3,86	3,01	2,62	2,39	2,23	2,11	1,96	1,77	1,66	1,54	1,38	1,11
3,85	3,00	2,61	2,38	2,22	2,10	1,95	1,76	1,65	1,53	1,36	1,08
3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	1,94	1,75	1,64	1,52	1,35	1,00

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Определение начального удельного объемного содержания растворяемого соединения в породе r_0

Определение r_0 средне- и труднорастворимых соединений проводится по данным процентного содержания соединения, отнесенного к 1 г породы (C), рассчитывают r_0

$$r_0 = C\gamma_0 / 100\gamma,$$

где γ_0 — объемный вес соединения, γ — объемный вес породы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Приготовление насыщенного раствора твердого соединения и определение насыщения $C_н$

В колбу емкостью 1500 мл помещают навеску соединения квалификации "хч", в два раза превышающую величину его растворимости в 1 л воды при данной температуре. Навеску заливают 1 л сточной воды или раствора-аналога. Колбу ставят на магнитную мешалку и перемешивают содержимое в течение 5 ч. Далее равновесный раствор отделяют от оставшейся нерастворенной части соединения фильтрованием через беззольный бумажный фильтр "синяя лента". В фильтрате определяют компоненты соединения. Из полученной величины концентрации компонента вычитают его содержание в сточной воде или растворе-аналоге. Концентрацию компонентов пересчитывают на концентрацию соединения, которая соответствует искомой величине $C_н$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Предварительные исследования возможности осаждения компонентов при смешении сточных вод (или их растворов-аналогов) и фоновых подземных вод

В четыре химических стакана емкостью 150 мл наливают с помощью бюреток равные объемы фоновой подземной воды. Затем вводят такие (равные) объемы сточной воды или раствора-аналога, чтобы соотношение смешиваемых объемов было равно соотношению расходов бытового потока подземных вод и инфильтрационного потока сточных вод. Суммарный объем смешанных вод должен быть 100 мл.

После добавления сточной воды или раствора-аналога содержимое стаканов перемешивают, закрывают часовым стеклом и оставляют на 12—14 ч. Далее визуально устанавливают наличие или отсутствие осадка, рассматривая содержимое каждого стакана сверху вниз при рассеянном дневном освещении поочередно на черном и белом фоне.

Если установлено образование осадка, его отделяют фильтрованием через беззольный бумажный фильтр "синяя лента" и промывают 10—15 мл бидистиллята. Фильтрат и промывные воды собирают в мерные колбы емкостью 200 мл и доводят бидистиллятом до метки. Далее проводят полный химический анализ полученных фильтратов, сточной воды (или их раствора-аналога) и фоновой подземной воды. Результаты анализа фильтрата сравнивают с суммарным количеством каждого компонента, введенного в смесь с фоновой и сточной (раствором-аналогом) водой. По разности находят количество компонентов, выпавших в осадок (в расчете на 100 мл смешанной воды).

Из четырех полученных осадков два вместе с фильтратом переносят в химически чистый стакан и растворяют в 100 мл 0,5 н растворе соляной кислоты (очищенной), раствор переносят в мерную колбу емкостью 200 мл, доводят до метки бидистиллятом и перемешивают. В полученном растворе определяют те компоненты, уменьшение концентрации которых было установлено при химическом анализе фильтратов. Результаты определений компонентов, выпавших в осадок, по данным анализа фильтратов и осадков не должны отличаться более чем на 5% относительной ошибки. По полученным данным рассчитывают средний состав осадка.

Основные уравнения прогноза распространения ингредиентов в одномерном потоке

Условия миграции ингредиента	Координата фронта фильтрации	Концентрация	Длина зоны рассеяния
Миграция без адсорбции, растворения, осаждения	$x_ф = Vt/n_a$	$\bar{C} = 0{,}5\,erfc\left(\frac{n_a l - Vt}{2\sqrt{D_L n_a t}}\right)$	$L = 6{,}6\sqrt{D_L t}$
Миграция с адсорбцией	$x_ф = Vt\beta/n_a(\beta+1)$	$\bar{C} = 0{,}5\,erfc\left(\frac{n_a l - \frac{Vt\beta}{\beta+1}}{2\sqrt{\frac{D_L n_a t \beta}{\beta+1}}}\right)$	$L = 6{,}6\sqrt{\frac{D_L t\beta}{\beta+1}}$
Миграция с растворением $r = \gamma\sqrt{r_0/2v}$		1) $t < T_0$: $\bar{C} = 1 - \frac{1}{\bar{t}/T_0(2-t/T_0)ch^2[2x + Arth(1-t/T_0)]}$ 2) $t > T_0$: $\bar{C} = 1 - \frac{1}{ch^2[r(x-l)]}$	
Миграция с осаждением		$l < Vt/n_a$: $\bar{C} = exp(-kl/V)$	

Примечание. X — длина пути миграции, отсчитываемая от начала зоны активного выщелачивания; D_L — коэффициент микродисперсии; β — коэффициент распределения; r — константа скорости выщелачивания; k — константа скорости осаждения; n_a — активная пористость; r_0 — начальное удельное объемное содержание выщелачиваемого соединения в породе; T_0 — время формирования выщелоченной зоны в породе; α — скорость перемещения выщелоченной зоны (соответствует угловому коэффициенту); $C_н$ — концентрация насыщения; γ — скорость выщелачивания исследуемого соединения из породы.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
1. Общие положения 4
2. Гидрохимическое опробование 7
3. Физико-химические исследования 12
Приложение 1. Наиболее распространенные ингредиенты сточных вод основных отраслей производства, поступающие в подземные воды . . 21
Приложение 2. Наиболее распространенные ингредиенты твердых отходов, поступающие в подземные воды 22
Приложение 3. Формы обработки по сбору и обобщению гидрохимических материалов 22
Приложение 4. Требования к отбору и консервации проб воды 24
Приложение 5. Образец оформления пробы воды 25
Приложение 6. Ведомость проб воды, направляемых на лабораторные исследования 26
Приложение 7. Значения t при данном числе степеней свободы F и данной величине вероятности $P = 0{,}05$ 27
Приложение 8. Значения F при $P = 0{,}05$ 28
Приложение 9. Определение начального удельного объемного содержания растворяемого соединения в породе r_e 30
Приложение 10. Приготовление насыщенного раствора твердого соединения и определение насыщения C_H 30
Приложение 11. Предварительные исследования возможности осаждения компонентов при смешении сточных вод (или их растворов-аналогов) и фоновых подземных вод 30
Приложение 12. Основные уравнения прогноза распространения ингредиентов в одномерном потоке 31

Нормативно-производственное издание

ПНИИИС Госстроя СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией Л. Г. Бальян
Редактор И.А. Баринова
Мл. редактор О.Я. Крачун
Технический редактор И.В. Берина
Корректор Л.А. Егорова
Оператор С.А. Савченко
Н/К

Подписано в печать 18.06.86 Т — 11781 Формат 84x108/32
Бумага офсетная Печать офсетная Усл.печ.л. 1,68
Усл.кр.-отт. 1,89 Уч.-изд.л. 2,32 Тираж 5000 экз.
Изд. № ХП-1253 Заказ 1839 Цена 10 коп.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
123041, Москва, Б. Переяславская ул. 46

gost.e-ecolog.ru