ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА
МИНИСТРОВ РСФСР ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГОССТРОЙ РСФСР)
РОСГЛАВНИИСТРОЙПРОЕКТ

Р У К О В О Д С Т В О

по отбору и лабораторным исследованиям грунтов, грунтовых и поверхностных вод с целью определения их агрессивности и коррозийной активности

ВНМД-10-72
Росглавниистройпроект

Москва - 1972

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА
МИНИСТРОВ РСФСР ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГОССТРОЙ РСФСР)
РОСГЛАВНИИСТРОЙПРОЕКТ

Р У К О В О Д С Т В О

по отбору и лабораторным исследованиям грунтов, грунтовых и поверхностных вод с целью определения их агрессивности и коррозийной активности

ВНМД-10-72
Росглавниистройпроект

Утверждено

Главным Управлением научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций и планирования проектно-изыскательских работ
Госстроя РСФСР
"17" ноября 1972 г.

Москва - 1972

Настоящее руководство по химическим анализам грунтов и воды предназначено для инженерно-технических работников трестов инженерно-строительных изысканий, проводящих определение агрессивности и коррозийной активности грунтов и вод при производстве изысканий.

Применение руководства должно способствовать унификации исследований и повышению качества проектирования. В руководстве указаны методы и техника проведения химических анализов с целью характеристики грунтов и вод как агрессивной среды при проектировании оснований зданий и сооружений, а также дорог.

Руководство подготовлено в отделе нормативно-методических работ ЦТИСИЗа в соответствии с тематическим планом по разработке нормативно-методических материалов и оказанию технической помощи территориальным трестам инженерно-строительных изысканий на 1972 г. Руководство составлено инженером А.В. Дмитриевской. Редакторы: инженеры С.А. Акимцев и Д.К. Прокофьев.

Центральный трест инженерно-строительных изысканий
Отдел подсобных производств ЦТИСИЗ
Л-112239 подписано к печати 20/XI-1972 г.
Зак. 373 Объем 8,5 п.л. Цена 30 коп. Тир. 500

1. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

1.1. Количество и качество растворенных и взвешенных в воде веществ обуславливают физические свойства вод и их химический состав. Солевой состав вод очень изменчив как по общему содержанию растворенных веществ, так и по отношению различных веществ между собой. Химические элементы в воде присутствуют в виде элементарных и сложных ионов.

1.2. Подземные воды отличаются большим разнообразием по степени минерализации. Общая минерализация подземных вод колеблется в широких пределах – от слабоминерализованных до высокоминерализованных. Вода разделяется по минерализации на следующие группы: воды пресные с минерализацией менее 1 г/л, воды соленые с минерализацией от 1 до 50 г/л, рассолы с минерализацией более 50 г/л. Слабоминерализованные воды, залегающие обычно на небольшой глубине от поверхности, мало отличаются по химическому составу от среднего состава поверхностных вод, но все же их минерализация, как правило, более высокая. Эти воды содержат обычно больше свободной углекислоты и гидрокарбонатов, что связано с обогащением вод свободной углекислотой в поверхностных слоях грунта при инфильтрации этих вод.

В верхних слоях грунта, особенно в почвенном слое, концентрация свободной углекислоты (за счет жизнедеятельности организмов и процессов разложения органических веществ) в десятки и сотни раз выше концентрации углекислоты в атмосферном воздухе. Химический состав воды изменяется во времени – в одних случаях быстро, в других медленно.

1.3. Величина общей минерализации в подземных водах колеблется в весьма широких пределах – от десятков мг/л до нескольких сотен г/л. Минерализация представляет собой весьма важную величину, дающую возможность судить об общем гидрохимическом составе воды. Известно, что пресные воды содержат в числе преобладающих анионов гидрокарбонаты, а из катионов щелочно-земельные металлы. Пресные воды в основном гидрокарбонатные, соленые – сульфатные, и рассолы минерализованы главным образом за счет хлоридов натрия и хлоридов кальция.

1.4. При изучении химического состава подземных вод необходимо учитывать одно из основных свойств природной воды – изменение ее режима, а вместе с этим и изменение химического состава воды во времени.

1.5. Особенно подвижными малоустойчивыми компонентами являются водородные ионы и находящиеся в тесной связи с ними свободная углекислота, аммиак, азотная кислота. Из этого свойства природной воды следует, что для правильного суж-

дения о химическом составе природной воды недостаточно анализа одной пробы, а необходим анализ ряда проб, взятых в разное время года. Вместе с этим следует учитывать гидрологические и гидрогеологические условия района изысканий.

1.6. Различные соли, образующиеся из главных ионов химического состава вод, $Na^{\cdot}, Ca^{\cdot\cdot}, Mg^{\cdot\cdot}, Cl^{\prime}, SO_4^{\cdot\cdot}, HCO_3^{\prime}, CO_3^{\cdot\cdot}, SiO_3^{\cdot\cdot}$ имеют неодинаковую растворимость, поэтому для разных по степени минерализации вод характерен свой особый химический состав. Для пресных вод характерными ионами являются $SiO_3^{\cdot\cdot}$, $CO_3^{\cdot\cdot}$, $HCO_3^{\prime}$, эти ионы образуют слабоминерализованные соли с $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$.

1.7. На следующих стадиях минерализации превалирующая роль принадлежит сульфатным ионам, которую они обычно сохраняют до границы солоноватых и соленых вод (35 г/л). Роль сульфатных ионов заметно снижается при достижении предела растворимости гипса, являющегося наименее растворимой солью из всех солей, образуемых ионами $SO_4^{\cdot\cdot}$ с главнейшими катионами ($Ca^{\cdot\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$, $Na^{\cdot}$). В высокоминерализованных водах сульфатный ион уступает первенство ионам хлора, образующим с главнейшими катионами хорошо растворимые соли (рис. 1).

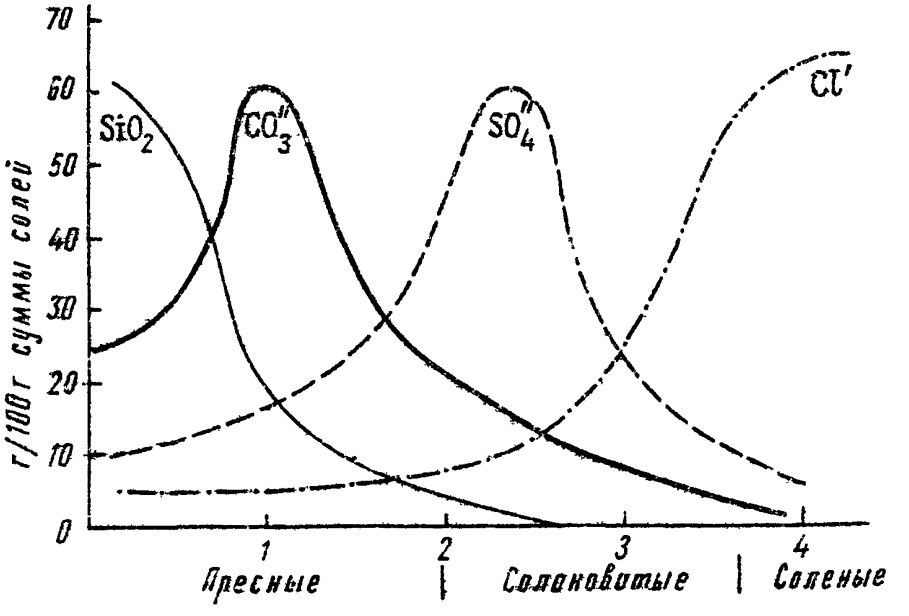


Рис. 1. Обобщающие кривые. Роль отдельных главных анионов в формировании минерализации природных вод

1.8. Из катионов наибольшее значение в формировании химических типов природных вод имеет кальций. С ростом минерализации относительное содержание Ca быстро уменьшается. Ca в природных водах редко превышает 1 г/л. обычно же его содержание значительно ниже.

1.9. Магний присутствует почти во всех природных водах, но вместе с тем очень редко встречаются воды, в которых доминирует магний.

1.10. В водах низкой минерализации Na чаще всего занимает третье место по концентрации. С повышением минерализации содержание Na увеличивается и уже в водах, имеющих минерализацию несколько граммов на литр, Na в большинстве случаев становится преобладающим катионом.

1.11. Содержание кальция в подземных водах всегда независимо от их общей минерализации значительно ниже содержания натрия.

1.12. Растворимость солей в воде зависит от их химического состава, температуры и давления. Хорошо растворимые соли - хлоридные, мало растворимые - сульфатные и почти нерастворимые - карбонатные.

Растворимость хлористого натрия мало меняется от повышения температуры, растворимость же карбоната и сульфата натрия сильно возрастает. У сульфата кальция, карбонатов кальция и магния с увеличением температуры растворимость уменьшается.

Растворимость карбонатов щелочных земель резко возрастает при увеличении в воде углекислого газа.

Ионы щелочных металлов $(Na + K)$

1.13. Из ионов щелочных металлов в подземных водах присутствуют главным образом ионы натрия и калия. Ионы натрия преобладают во всех подземных водах. Из-за большой растворимости солей натрия количество его резко возрастает и в высокоминерализованных водах натрий является обычно преобладающим среди остальных катионов, достигая нередко десятков и сотен граммов на литр.

1.14. Источником натрия в подземных водах являются горные породы особенно при выветривании алюмосиликатов. Кроме того, натрий может переходить в растворы подземных вод благодаря обменным реакциям между породами, содержащими в своем составе адсорбированный (поглощенный) натрий, и водами, в которых присутствуют ионы кальция.

Ионы щелочноземельных металлов Ca и Mg

1.15. Ионы кальция встречаются во всех подземных водах. Кальций является главным катионом в пресных водах и уступает первые места натрию по мере роста минерализации под-

земных вод. Количество кальция в водах резко превышает 1 г/л и лишь в особой группе вод, называемых хлор-кальциевыми, может достигать нескольких грамм на литр. Источником кальция в подземных водах служат различные карбонатные породы (известняки, доломиты и пр.), широко распространенные в земной коре, и сульфатные породы (гипсоангидрид).

1.16. Магний, подобно кальцию, присутствует во всех подземных водах, так как большая часть солей магния обладает хорошей растворимостью. Несмотря на это, общее содержание магния всегда меньше содержания натрия и не встречаются подземные воды, в которых доминирующими катионами были бы ионы магния. Содержание иона магния в подземных водах не превышает одного грамма на литр, реже нескольких десятков граммов на литр в высокоминерализованных водах. Источником иона магния в подземных водах являются доломиты, мергели и продукты выветривания некоторых минералов (биотита, сливина и др.).

Ионы хлора Cl'

1.17. Ионы хлора присутствуют во всех подземных водах, причем относительная роль их в анионном составе воды и абсолютное содержание растут по мере увеличения минерализации воды. В пресных водах количество хлора может быть весьма малым, измеряясь миллиграммами на литр, тогда как в высококонцентрированных подземных водах и водах некоторых соляных озер содержание хлора может доходить до 200 г/л. Источником хлора в подземных водах являются водорастворимые хлористые соли, кроме того, продукты выветривания некоторых горных пород, а также разложения бытовых отбросов.

Ионы сульфатные

1.18. Ионы сульфатные (SO_4'') распространены повсеместно в подземных водах (за исключением некоторых вод нефтяных месторождений). В водах со значительной минерализацией содержание сульфатных ионов обычно ниже, чем ионов хлора, но в водах умеренно минерализованных и особенно пресных они являются преобладающими. Общее количество SO_4'' в подземных водах может достигать нескольких граммов на литр, реже десятков граммов на литр.

Источником накопления SO_4'' в подземных водах служит, главным образом, гипс. Кроме того, SO_4'' образуется за счет процессов окисления самородной серы, различного рода сульфатов и сероводорода.

Карбонатные и гидрокарбонатные ионы

1.19. Ионы гидрокарбонатные HCO_3' и карбонатные CO_3'' характерны главным образом для пресных вод. Источником появления этих ионов в подземных водах служат преимуществен-

но карбонаты кальция и магния, широко распространенные в земной коре. $CaCO_3$ и $MgCO_3$ трудно растворимы в воде, но могут перейти в раствор в присутствии CO_2 (свободной). Растворение карбонатов идет по схеме:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca^{\cdot\cdot} + 2HCO_3'$$

$$MgCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Mg^{\cdot\cdot} + 2HCO_3'.$$

1.20. Содержание в водах HCO_3', CO_3'' и CO_2 взаимно обусловлено и согласно условиям химических равновесий зависит от величины pH раствора. Преобладающей формой в кислой среде (pH меньше 6) будет свободная CO_2, в среде нейтральной и слабощелочной (pH равно или больше 7) совместно присутствуют свободная CO_2 и HCO_3' и, наконец, при ярковыраженной щелочной среде (pH больше 12) основной формой становится CO_3'', тогда как количество свободной CO_2 резко уменьшается.

1.21. Ту часть свободной CO_2, которая способна переводить карбонаты в раствор, называют агрессивной углекислотой. Углекислоту, поддерживающую HCO_3' в растворе, называют равновесной. Нередко условно называют HCO_3' полусвязной углекислотой, а CO_3'' – связной углекислотой. HCO_3' сравнительно легко (например, при кипячении) разлагается с выделением CO_2 по следующей схеме:

$$2HCO_3' \longrightarrow CO_2 + H_2O + CO_3''.$$

В то же время разложить CO_3'' кипячением невозможно, поэтому считается, что CO_2 в карбонатном ионе связан более прочно, чем в гидрокарбонатном. Таким образом, в подземных водах углекислота может присутствовать в виде полусвязной – HCO_3' (ион гидрокарбонатный) и связной CO_3'' (ион карбонатный).

1.22. Количество всех перечисленных форм CO_2 определяется величиной pH. Поскольку наиболее частые значения pH для подземных вод лежат в интервале от 6 до 8,5, естественно, что преобладающими в подземных водах будут HCO_3' и связная с ними равновесная углекислота. Содержание HCO_3' в подземных водах составляет обычно десятки и сотни мг/л, не поднимаясь выше 1 г/л (исключением являются некоторые группы щелочных вод, где количество HCO_3' может достигать десятков г/л). В то же время CO_3'' для большинства подземных вод не характерен, содержится в них в ничтожном количестве или даже отсутствует и только в сильно щелочных водах, имеющих pH больше 10, CO_3'' начинает преобладать среди всех форм углекислоты, измеряясь в высокоминерализованных водах сотнями и даже тысячами мг/л.

2. АГРЕССИВНОСТЬ ВОДЫ

2.1. Под агрессивным действием воды-среды подразумевается ее способность разрушать различные строительные материалы путем воздействия на них растворимыми солями и газами или процессами выщелачивания.

2.2. Агрессивность воды-среды по отношению к бетону в соответствии с СН 249-63 делится на следующие виды:

выщелачивающая,
общекислотная,
углекислая,
магнезиальная,
сульфатная,
щелочная (содержание едких щелочей).

2.3. При оценке степени агрессивного воздействия воды-среды должны быть учтены условия соприкосновения воды и бетона, вид грунта, и предполагаемая марка бетона. Окончательный выбор марки бетона и вида цемента обуславливается агрессивными свойствами воды. Для определения степени агрессивности воздействия воды-среды на железобетонные конструкции производится химический анализ воды. Результаты анализа при оценке агрессивности воды-среды сопоставляются с нормами агрессивности, приведенными в СН 249-63 и СН 262-67.

2.4. Первые три вида агрессивности, указанные в п.2.2., зависят от карбонатного равновесия воды и сущность их заключается в растворении карбоната кальция в бетоне, соприкасающемся с водой. Практическое значение этого обстоятельства очень велико, так как разрушение защитного слоя бетона, имеющего основным компонентом карбонат кальция, не только разрушает бетон, но и способствует выщелачиванию свободной извести и интенсифицирует сульфатную и магнезиальную агрессию.

2.5. Растворение $CaCO_3$ и вымывание из бетона свободной извести. $Ca(OH)_2$ называется выщелачивающей агрессивностью. Этот процесс происходит в том случае, когда содержание HCO_3 в воде так мало, что равновесное ему содержание CO_2 оказывается меньше того, которое должно быть (при данной температуре) в равновесии с CO_2, содержащемся в окружающей среде.

Вода проявляет этот вид агрессивности при минимальном содержании HCO_3, равном 0,4-1,5 мг/экв. в зависимости от сорта цемента.

2.6. Общекислотная агрессивность обусловлена концентрацией ионов H, т.е. величиной pH. По величине pH можно вычислить соотношение между различными формами углекислоты, если известно общее ее содержание. Вода проявляет общекислотную агрессивность, если pH будет ниже 5.

2.7. Углекислая агрессивность характеризуется разрушением бетона вследствие растворения $CaCO_3$ под действием аг-

рессивной углекислоты (той части CO_2, которая вступает в реакцию с $CaCO_3$).

2.8. Содержание CO_2 в природных водах колеблется в широких пределах от десятых долей до нескольких сотен мг/л. Наименьшее количество наблюдается в морях, наибольшее – в подземных водах. В реках и озерах из-за постоянного выделения в атмосферу и потребления при фотосинтезе содержание CO_2 редко превышает 20–30 мг/л.

2.9. В природных водах углекислота содержится в виде молекулярно растворенной CO_2; в виде газа (около 99%) и в соединении с водой. $CO_2+H_2O=H_2CO_3$ (около 1%), а также в виде производных – карбонат иона (CO_3^{--}) и бикарбонат иона (HCO_3^{-}).

Между всеми этими формами устанавливается в воде подвижное химическое равновесие, которое определяется активной концентрацией ионов водорода pH в данной воде. Зная активность ионов водорода и общее содержание углекислоты, можно вычислить содержание каждой отдельной формы.

2.10. Одновременно двуокись углерода, свободная углекислота и ее производные в воде не встречаются. Возможны следующие комбинации:

$$HCO_3+H_2CO_3+CO_2;$$

$$HCO_3+CO_3.$$

Присутствие свободной углекислоты и двуокиси углерода ($H_2CO_3+CO_2$) исключает наличие в воде карбонат ионов, так как последние переходят в бикарбонат – ионы по уравнению

$$CO_3+CO_2+H_2O\longrightarrow 2HCO_3.$$

2.11. Количество бикарбонатов соответствует определенному количеству так называемой равновесной CO_2, которая удерживает бикарбонат – ионы в растворе. Избыточное над равновесной количество углекислоты, способное растворять карбонат кальция, носит название агрессивной углекислоты.

2.12. Магнезиальная агрессивность возникает в зависимости от сорта цемента при содержании Mg^{++} от 750 мг/л и выше.

2.13. Сульфатная агрессивность связана с образованием в порах бетона сернокислых соединений ($CaSO_4, MgSO_4, NaSO_4$). Эти соединения оказывают давление на стенки пор бетона, ослабляют, а иногда и полностью разрушают его. Сульфатная агрессивность имеет место при значительном содержании SO_4 (в сульфатостойких цементах при содержании SO_4 от 4000 мг/л и выше, в обычных цементах от 250 мг/л и выше).

2.14. Согласно СН 262-67 для засушливых районов (в ос-

новном для Средней Азии) необходимо определение щелочной агрессивности – содержание едких щелочей в г/л. Суммарное содержание ионов калия и натрия устанавливают расчетом с точностью, достаточной для практических целей.

3. ОТБОР ПРОБ ВОДЫ И ПОДГОТОВКА К АНАЛИЗУ

3.1. Правильный отбор проб воды обеспечивает высокое качество исследований и надежность результатов анализа. Ошибки, возникающие вследствие неправильного отбора пробы, в дальнейшем исправить нельзя.

3.2. Пробы должны правильно отражать химический состав воды-среды. Для этого в процессе изысканий пробы следует отбирать и подвергать химическому анализу в разное время года, в том числе обязательно в меженный период. Если в течение года химический состав воды изменяется, используют данные за период, в течение которого агрессивность вод наибольшая.

3.3. Пробы воды должны характеризовать все водоносные горизонты, с которыми в дальнейшем возможно соприкосновение бетонных и железобетонных конструкций.

3.4. В случае, если сооружения подвергаются действию сточных промышленных вод, следует получить данные об их химическом составе или произвести анализ и учесть их влияние при оценке агрессивности.

3.5. При оценке степени агрессивного воздействия воды-среды следует учитывать коэффициенты фильтрации грунтов.

Коэффициент фильтрации для различных грунтов
(по Н.Н. Маслову)

Глины, монолитные скальные грунты	$5 \cdot 10^{-5}$ –	практически водонепроницаемые
Суглинки, тяжелые супеси . . . до	$5 \cdot 10^{-3}$ –	весьма слабо водопроницаемые
Супеси, слабо трещиноватые глинистые сланцы, песчаники, известняки . . . . . до	0,5	слабо водопроницаемые
Пески тонко и мелкозернистые, трещиноватые скальные грунты . до	5	водопроницаемые
Пески среднезернистые, скальные грунты повышенной трещиноватости . . . . . до	5°	хорошо водопроницаемые
Гравелистые пески, галечники, сильно трещиноватые скальные грунты	500	сильно водопроницаемые

Коэффициент фильтрации прилегающих к сооружению грунтов допускается принимать по справочным данным, если он не определен опытным путем или сооружение находится в засыпных грунтах. В этих случаях следует относить связные, уплотненные (глины, суглинки и супеси) грунты к группе слабофильтрующих и несвязные, слабоуплотненные (песчаные и гравелистые) – к группе средне- и сильнофильтрующих – коэффициент фильтрации более 0,1 м/сут.

3.6. При отборе пробы воды должна быть исключена всякая возможность ее загрязнения. Перед отбором проб из буровых скважин необходимо произвести откачку воды или тартание с таким расчетом, чтобы столб воды сменился несколько раз. Это особенно важно для определения растворимых газов; при этом необходимо исключить возможность смешивания воды с воздухом.

В воде буровых скважин при продолжительном отсутствии откачек иногда обнаруживается большое количество закисного железа из-за взаимодействия воды с обсадными трубами; несмотря на то, что в самом водоносном горизонте железо отсутствует.

Точно так же в неработающих колодцах часто обнаруживают значительное количество азотной кислоты, аммиака и органических соединений за счет загрязнения поверхностными стоками, в то время как вода горизонта, питающего его, не содержит этих веществ.

3.7. Для характеристики агрессивности воды открытого водоема или водоносного горизонта следует отбирать не менее двух проб из различных мест.

3.8. Пробы воды на анализ отбирают особыми пробоотборниками–батометрами, а с поверхности малых глубин – бутылями.

3.9. Пробы отбирают бутылью следующим образом. Бутыль закрывают пробкой, к которой прикреплен шнур, и вставляют в тяжелую оправу или к ней подвешивают груз на тросе (шнуре, веревке). Пробы можно отбирать шестом с прикрепленной к нему бутылью. Бутыль погружается до намеченной глубины, и заполняется водой доверху.

Перед закрытием бутыли пробкой верхний слой воды сливают так, чтобы под пробкой оставался небольшой слой воздуха (10–15 мм). Бутыль закрывают пробкой, обтирают сухим полотенцем и переворачивают вверх дном, следя за тем, чтобы вниз не стекали капли воды. Если пробка останется сухой, можно считать, что герметичность закупорки достигнута.

3.10. Основным условием при отборе пробы должна быть чистота тары и пробки. Сначала посуду моют ершом в мыльной горячей воде. Корковые пробки кипятят в дистиллированной воде, резиновые – в однопроцентном растворе соды и ополаскивают несколько раз дистиллированной водой. Бутылки перед наполнением и пробки перед закупоркой ополаскивают от-

бираемой водой не менее трех раз. Бутылки из-под масла и керосина употреблять нельзя.

3.11. Если не требуется точного фиксирования глубины отбора пробы из колодца или открытого водоема, пробы можно брать обычным чисто вымытым и ополоснутым водой ведром. При этом ведро наполняется испытуемой водой доверху. Склянку для отбора пробы (рис. 2) заполняют водой сифоном из ведра. Один конец резиновой трубки опущен на дно ведра, а другой конец – на дно склянки.

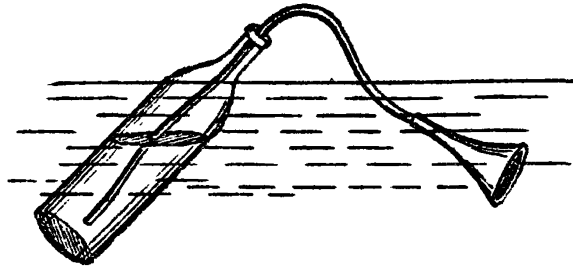


Рис. 2

Желательно пропустить через бутыль несколько объемов отбираемой воды при помощи той же трубки, опущенной до дна бутылки. Необходимо отбирать пробу в каждую бутылку отдельно (если их две-три), не допускать переливания из одной бутылки в другую.

3.12. Для глубинных проб существует несколько видов батометров-пробоотборников.

Простейший из них пробоотборник Е.В. Симонова (рис. 3), состоящий из груза 1 с краном 6, стального или чугунного цилиндра 3 с козырьком 2 внизу и воронкой 4 вверху.

Для отбора пробы груз 1 опускают в скважину (колодец, открытый водоем) на тонком тросе на нужную глубину.

Во время опускания груза цилиндр 3 с пропущенным через него тросом 7 придерживается рукой. Затем цилиндр опускается. Свободно падая по тросу, он достигает груза, плотно насаживается на него благодаря резиновой прокладке и захватывает пробу воды с нужной глубины.

Чтобы частицы со стенок скважины попадали не в цилиндр при извлечении прибора на поверхность перед подъемом пробоотборника по тросу спускается пробка 5. Вода из прибора в склянку для отбора проб выливается через кран 6 с надетой на него резиновой трубкой.

Пробоотборники Е.В. Симонова изготавливаются серийно диаметром 48 и 82 мм, емкостью соответственно 0,8 и 1,6 л.

3.13. Отбор пробы с поверхности и глубин, не превосходящих 12–15 м, можно производить при помощи псевдобатометра Верещагина (рис. 4).

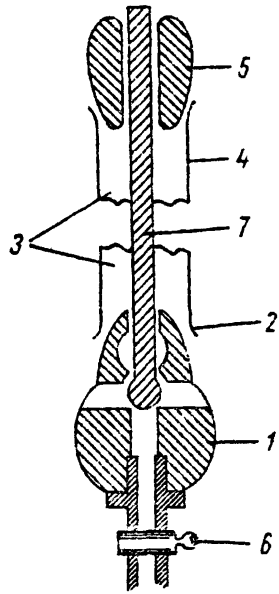


Рис. 3

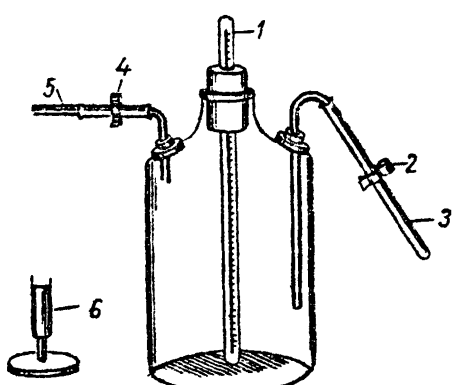


Рис. 4

Для отбора пробы длинную резиновую трубку 3 погружают в водоем, снимают зажимы 2 и 4 и отсасывают специальным насосом воздух из склянки через короткую трубку 5.

Если псевдобатометр расположен не более чем на 0,5 м выше уровня воды, то его можно наполнить, высасывая воздух ртом. Вода через трубку 3 начинает заполнять склянку. Когда наберется нужное количество, зажим закрывают.

Первыми двумя порциями воды ополаскивают склянку.

Взятую пробу воды разливают по склянкам; для этого сначала снимают резиновую трубку 3, вместо нее присоединяют длинную стеклянную трубку при помощи другой резиновой трубки. Через полученный сифон переливают воду в склянки, опуская конец сифона до дна этих склянок.

Вместо трехгорлой склянки в качестве псевдобатометра можно пользоваться одногорлой склянкой, пропустив обе стеклянные трубки (а если можно, то и термометр) через одну резиновую пробку.

3.14. Подавляющее большинство компонентов и свойств воды следует определять по возможности в только что отобранной пробе, чтобы избежать нарушения равновесия ионов, потери растворенных газов, разложения органических веществ, вызываемого деятельностью микроорганизмов и т.д. Поэтому следует принимать все меры для того, чтобы сократить время между отбором пробы и ее анализом.

3.15. Очень быстро изменяется температура воды и pH, вследствие чего газы (кислород, двуокись углерода, сероводород, хлор) могут улетучиться из пробы или появиться в ней (кислород, двуокись углерода).

3.16. Такие компоненты как углекислота, сероводород, нитраты, нитриты, аммоний и железо следует определять на месте отбора проб. Особенно это необходимо, если воды богаты солями железа, марганца, кальция. Для их определения отбирают отдельные пробы по 250 мл.

По ГОСТу 4011-48 - Воду для определения железа нельзя хранить более 30 минут. По ГОСТу 3020-47 - Воду для определения магния и кальция нельзя хранить более четырех часов. По ГОСТу 4774-49 - Воду для определения натрия и калия нельзя хранить более трех дней. Если этого сделать нельзя, прибегают к консервации неустойчивых компонентов.

3.17. Окисляемость и соединения азота консервируют добавлением в пробу (500 мл) 0,5 мл 25%-ного раствора серной кислоты. Сероводород консервируют добавлением в пробу 6-8 мл 10%-ного раствора ацетата кадмия и 1-2 мл 50%-ного раствора едкого натрия. Железо консервируют подкислением 3-5 мл ацетатно-буферного раствора, который готовят следующим образом:

а) 68 г 1 н раствора уксусно-кислого натрия растворяют в 500 мл воды;

б) 166,7 г 5,5 н ледяной уксусной кислоты растворяют в 500 мл воды.

Эти оба раствора смешивают. В консервируемую таким образом пробу добавляют несколько капель *HCl*.

3.18. Для пересылки с объекта в лабораторию бутыли с пробами укладывают в ящики, имеющие перегородки и расположенные так, что каждая бутыль помещается в изолированное отделение. Промежутки между бутылями прокладывают мягким материалом (бумагой, войлоком, резиной и т.д.). Пробки бутылей следует тщательно укрепить. Пробу воды следует предохранять от замерзания.

3.19. Мутные воды необходимо после подкисления отстоять в течение часа и слить в чистую посуду.

3.20. Ни консервация, ни фиксация не обеспечивают постоянного состава пробы на неограниченное время. Целью этих мероприятий является лишь сохранение соответствующего компонента без изменений на время перевозки. К анализу необходимо приступить в кратчайший срок.

3.21. Для обеспечения правильного отбора проб воды полевые подразделения (партии) следует снабдить памяткой по отбору проб.

3.22. При поступлении проб в лабораторию их регистрируют.

4. ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДЫ

4.1. Химическому анализу воды предшествует определение ее физических свойств, которые определяются согласно ГОСТу 3351-46. К физическим свойствам воды относятся: температура, цвет, запах, мутность или прозрачность.

4.2. Температуру определяют термометром на месте отбором проб. Запах определяют сразу после вскрытия бутылки. Различают запахи: болотный, гнилостный, ароматический и т.д. По мутности (прозрачности) различают воды прозрачные, слабо мутные, мутные.

Определение углекислоты CO_2

4.3. Двуокись углерода - один из самых распространенных газов, содержащихся в природных водах. Его количество колеблется от нескольких десятков мг/л (большинство поверхностных вод) до 2-3 г/л (углекислые минеральные источники). Вместе с тем иногда встречаются воды, в которых двуокись углерода отсутствует и вместо нее содержится карбонат-ион (pH этих вод превышает 8,3-8,4).

4.4. Быстро меняющиеся компоненты анализа воды, характеризующие ее агрессивность, в основном свободную углекислоту, другие растворимые газы, гидрокарбонаты и карбонаты (натрия, кальция, калия, магния), а также pH, следует определять на месте выхода воды, у выработки.

4.5. Определение pH и растворенных газов, произведенное после транспортировки и хранения воды, характеризует их значения для данной пробы, но не характеризует воды в природных условиях. Внесение тех или иных поправок на хранение

Таблица 1

Степень растворимости главнейших минеральных солей в воде

Группы	Наименование минеральных солей	Формула	Растворимость в г/л	
			0°	18°
Хлориды	Хлористый калий	KCl	280	329
	" натрий	$NaCl_2$	350	329
	" кальций	$CaCl_2$	-	732
	" магний	$MgCl_2$	-	558
Карбонаты	Углекислый калий	K_2Co_3	-	1080
	" натрий	Na_2CO_3	-	194
	" кальций	$CaCO_3$	0,2	-
	" магний	$MgCO_3$	0,1	-
	" железо	$FeCO_3$	0,7	-
Сульфаты	Сернокислый калий	K_2SO_4	100	111
	" натрий	Na_2SO_4	50	168
	" кальций	$CaSO_4$	2	2
	" магний	$MgSO_4$	270	354

пробы воды не обеспечит получение истинных данных. Искажение первоначального состава при этом может быть так велико, что не позволит характеризовать агрессивные свойства воды. Различного рода таблицы и графики дают приближенные результаты.

Определение углекислоты и pH на месте выхода воды можно производить при помощи полевой лаборатории для анализа воды в пеших маршрутах (МЛАВ) конструкции А.А. Резникова и И.Ю. Соколова.

4.6. Определение свободной углекислоты производится объемным, газометрическим и весовым методами, а также с помощью расчета.

4.7. При объемном методе определение CO_2 производится обязательно на месте после извлечения пробы из водоема. Объемный метод применяется для вод, содержащих не более 200 мг/л CO_2, не имеющих собственной окраски (вода не должна содержать значительного количества гумусовых веществ), с жесткостью, не превышающей 10 мг/экв и общей минерализацией не выше нескольких г/л.

4.8. Объемное определение основано на титровании раствора свободной углекислоты 0,02–0,05 H раствором $NaOH$ или Na_2CO_3 в присутствии фенолфталеина:

$$OH^- + CO_2 \longrightarrow HCO_3^-.$$

Конец титрования должен быть при pH раствора 8,4, что устанавливается появлением не исчезающей в течение 5 минут слабо-розовой окраски.

4.9. Отбор воды производят сифоном. Некоторому количеству воды дают стечь через верх трубки, и выливают воду в колбу для титрования. Кончик трубки при этом должен находиться все время ниже уровня в колбе.

Склянка для титрования закрывается резиновой пробкой с двумя отверстиями – для бюретки и для трубки с краном. Во время титрования кран, как правило, закрыт. Для получения точных результатов производят два определения – ориентировочное и окончательное.

Реактивы: 1. Натрий едкий 0,05 H раствор (нормальность раствора устанавливают по фенолфталеину).

2. Сегнетова соль, 30%-ный раствор. 30 г сегнетовой соли растворяют в 70 мл дистиллированной воды.

3. Фенолфталеин 0,1%-ный спиртовой раствор.

4.10. Ориентировочное определение. В склянку, содержащую 100 мл исследуемой воды, прибавляют 0,3–0,5 г мелко истертой сегнетовой соли (или 1 мл 30%-ного раствора этой соли) и 1 мл 0,1%-ного спиртового раствора фенолфталеина и титруют 0,05 H раствором $NaOH$ до появления устойчивой слабо-розовой окраски.

Окончательное определение. В склянку отмеряют 0,05 H раствор $NaOH$ в количестве, израсходованном на первое титрование, добавляют 1 мл 30%-ного раствора сегнетовой соли,

100 мл испытуемой воды, 1 мл 0,1%-ного раствора фенолфталеина и догитровывают раствором $NaOH$ до слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 3-5 минут.

4.11. Содержание CO_2 (в мг/л) вычисляют по формуле

$$X = \frac{V_1 H \cdot 44 \cdot 1000}{V},$$

где V_1 – объем раствора $NaOH$, израсходованного на определение двуокиси углерода, мл;

H – нормальность раствора $NaOH$;

V – объем исследуемой воды, взятой на определение, мг/л;

44 – эквивалентный вес CO_2 для данной реакции.

4.12. Соотношения между формами угольной кислоты в природных водах при различных значениях pH (в мгл) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Соотношение форм угольной кислоты

pH	5	6	7	8	8,5	9	10	11
CO_2	98,62	74,08	22,22	2,76	0,88	0,27	0,02	–
HCO_3	3,38	25,92	77,74	96,72	97,46	94,62	64,94	15,46
CO_3	–	–	0,04	0,52	1,66	5.11	35.04	84,54

4.13. CO_2 своб. может быть определена расчетным путем по количеству CO_2 агресс., полученного экспериментально, по следующей формуле:

$$CO_2\ своб. = CO_2\ агресс. + a([Ca^{\cdot}] + b).$$

4.14. Под агрессивной углекислотой понимают двуокись углерода, способную переводить в раствор карбонат кальция. Растворение карбоната кальция в воде, содержащей свободную CO_2, выражается уравнением:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2HCO_3^{-}.$$

Этот процесс обратим и, следовательно, реакция до конца не идет, т.е. часть имеющейся в растворе двуокиси углерода остается после реакции в свободном состоянии.

4.15. Определенному содержанию HCO_3 в воде, находящейся в равновесии с твердым $CaCO_3$, соответствует строго определенное содержание свободной CO_2 (табл. 3). Если содержание CO_2 в воде меньше, чем нужно для равновесия, то равновесие сдвинется влево и будет сопровождаться выделением из воды твердого $CaCO_3$. Если же содержание CO_2 в воде будет больше, чем нужно для равновесия, то равновесие сдвинется вправо и при соприкосновении такой воды с твердым $CaCO_3$ последний начнет растворяться. Процесс растворения будет продолжаться до тех пор, пока часть двуокиси углерода (углекислоты) не израсходуется и не наступит равновесие. Ту часть двуокиси углерода (углекислоты), которая идет на раствore-

Таблица 3

Количество HCO_3, находящееся в равновесном состоянии со свободной CO_2

Свободная CO_2, мг/л	Соответствующее количество HCO_3, находящееся в равновесном состоянии, мг/л	Свободная CO_2, мг/л	Соответствующее количество HCO_3, находящееся в равновесном состоянии, мг/л	Свободная CO_2, мг/л	Соответствующее количество HCO_3, находящееся в равновесном состоянии, мг/л	Свободная CO_2, мг/л	Соответствующее количество HCO_3, находящееся в равновесном состоянии, мг/л
1	80	8	200	20	260	60	340
2	120	10	210	25	280	80	360
3	140	12	220	30	290	70	380
4	160	14	230	35	300	80	390
5	170	16	240	40	320	90	410
6	180	18	250	46	330	100	420

Пример вычисления. В воде найдено HCO_3 – 244 мг/л (4,0 мг – экв/л) и свободной CO_2 40 мг/л. 40 мг/л своб., как видно из этой таблицы, соответствует 320 мг/л HCO_3 – количество HCO_3 в исследуемой воде значительно меньше 244 мг/л, следовательно вода содержит CO_2 агресс.

ние углекислого кальция, называют агрессивной углекислотой. Таким образом, количество CO_2 агресс. в воде может быть определено по растворимости углекислого кальция в этой воде, и, наоборот, по количеству агрессивной углекислоты можно вычислить растворимость $CaCO_3$ в данной воде.

4.16. Экспериментальное определение CO_2 агресс. основано на определении количества углекислого кальция, перешедшего в раствор при взбалтывании исследуемой воды с порошком углекислого кальция.

4.17. При прибавлении углекислого кальция к воде, содержащей агрессивную углекислоту, происходит увеличение щелочности раствора:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2.$$

4.18. Пробу воды для направления в лабораторию отбирают в чистую и сухую бутылку емкостью 0,25–0,5 л с хорошо подобранной резиновой пробкой. В бутылку всыпают 5–10 г химически чистого $CaCO_3$. Если не взята проба на общий анализ, то пробу воды для определения гидрокарбонат-иона отбирают отдельно.

4.19. Пробу воды, содержащую углекислый кальций, периодически взбалтывают в течение 5–6 дней по нескольку раз в день, после чего воду фильтруют. Фильтрат должен быть совершенно прозрачным.

Затем из фильтрата отбирают 100 мл раствора и титруют 0,05–0,1 H соляной кислотой в присутствии индикатора метилового оранжевого. Для вычисления результата нужно выполнить определение гидрокарбонат-иона в той же воде без "зарядки" карбонатом кальция.

Количество CO_2 агресс. (в мг/л) для 100 мл взятой пробы воды рассчитывают по формуле:

$$x = (a - \delta) H \cdot 22 \cdot 10,$$

где a – расход HCl на титрование 100 мл фильтрата специальной пробы, мл;

δ – расход HCl на титрование 100 мл исследуемой воды при определении гидрокарбонат-иона, мл;

H – нормальность раствора HCl; 22–эквивалентный вес CO_2 для данной реакции.

4.20. Вычисление количества CO_2 агресс. можно производить по графикам, составленным Ф.Ф. Лаптевым, в которых учтены не только различные соотношения Ca^{2+}, HCO_3^- и CO_2 встречаемые в природных водах, но и ионная сила воды [3].

4.21. Степень агрессивности воздействия воды-среды на бетон железобетонных конструкций в зависимости от вида конструкций, фильтрации грунта и плотности бетона согласно СН 249–63 и СН 262–67 в части углекислой агрессивности оценивается по показателям свободной углекислоты. Допускается производить оценку степени агрессивного воздействия воды среды на бетон по содержанию агрессивной углекислоты в со-

ответствии с табл. 4. Табл. 4 получена Всесоюзным научно-исследовательским институтом транспортного строительства путем пересчета содержания свободной углекислоты, указанного в табл. 3 СН 262-67, на агрессивную углекислоту.

Определение кальций-иона (Ca^{2+})

4.22. Для определения кальция в природных водах преимущественно используют трилонометрический метод с индикатором мурексидом. Определение основано на образовании ионами кальция с мурексидом мало диссоциированного, прочного при pH ~10 соединения, окрашенного в малиновый цвет. При титровании кальций связывается трилоном Б, и мурексид окрашивает щелочной раствор в фиолетовый цвет.

4.23. Реактивы.

1. Кислота соляная 0,05–0,1 *н* раствор
2. Натрий едкий 2 *н* раствор
3. Трилон Б 0,025 *М* (9,307 г. трилона Б растворяют в дистиллированной воде и доводят объем до 1 л.)
4. Мурексид (растирают в ступке 1 г. мурексида и 100 г $NaCl$ х.ч.)
5. Индикаторная бумага конго.

4.24. В коническую колбу емкостью 250 мл наливают исследуемую воду 10–20 мл и доводят объем дистиллированной водой до 50 мл. Затем в колбу опускают небольшой кусочек бумажки конго и при постоянном перемешивании прибавляют по каплям 0,05–0,1 *н* раствор HCl до перехода окраски реактивной бумажки из красной в сиреневую. Бумажку извлекают стеклянной палочкой, раствор кипятят (или продувают воздухом при помощи резиновой груши в течение 5 минут), после чего охлаждают, закрыв колбу пробкой, соединенной резиновой трубкой с колонкой, наполненной натронной известью. К холодному раствору прибавляют 2,5 мл 2 *н* раствора едкого натрия и 30–50 мг сухой смеси мурексида с хлористым натрием. Подготовленную таким образом жидкость титруют раствором трилона Б (в присутствии "свидетеля") до перехода окраски в фиолетовый цвет, устойчивый в течение 3 минут.

4.25. Содержание иона кальция (в мг/л) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V_1 M \cdot 40{,}08 \cdot 1000}{V},$$

где V_1 – объем раствора трилона Б, израсходованного на титрование, мл;
M – молярность раствора трилона Б;
V – объем исследуемой воды, мл;
40,08 – атомный вес кальция.

№

Таблица 4

Определение степени агрессивного воздействия воды-среды по содержанию агрессивной углекислоты, в мг/л

Характеристика бетона по плотности	Степень агрессивного воздействия в зависимости от условий соприкосновения воды к бетона					
	Безнапорные сооружения				Напорное сооружение в любых условиях омывания бетона водой	
	Слабофильтрующие грунты		Открытый водоем, сильно- и среднефильтрующие грунты			
	слабая	средняя	слабая	средняя	слабая	средняя
Нормальный	40-100	более 100	до 40	более 40	не применяется	
Повышенной плотности	не агрессивна		40-100	более 100	до 40	более 40
Особоплотный	не агрессивна		не агрессивна		40-100	более 100

Определение магний-иона (Mg^{2+})

4.26. Определение магния в природных водах производится главным образом комплексометрическим методом с трилоном "Б". Метод основан на титровании иона магния трилоном "Б" в присутствии индикатора эриохромчерного. В том же растворе, в котором ионы кальция были связаны в комплекс трилоном "Б" в присутствии индикатора мурексида. До титрования магния окраска, вызванная мурексидом, должна быть разрушена.

4.27. Реактивы:

кислота соляная (1:2)

буферный раствор – (50 г х.ч. хлористого аммония растворяют в дистиллированной воде, добавляют 250 мл 25%-ного раствора аммиака и доводят дистиллированной водой до 1 л);

трилон "Б" 0.025 М раствор;

индикатор эриохромчерный Т (0,5 г растирают в ступе с 50 г хлористого натрия х.ч. или калия);

индикаторная бумага конго.

4.28. Пробу воды с мурексидом кипятят в течение нескольких минут до уничтожения окраски жидкости от мурексида или оставляют на холоде в течение нескольких часов. Раствор после охлаждения нейтрализуют HCl до перехода окраски бумажки конго из красной в сиреневую. Затем прибавляют 2 мл буферного раствора, 0,1 г сухой смеси эриохромчерного с хлоридом натрия и титруют 0,025 М раствором трилона "Б" (в присутствии "свидетеля") до перехода окраски жидкости в сине-зеленый цвет.

4.29. Содержание иона магния (в мг/л) вычисляют по формуле:

$$Mg = \frac{V_1 \cdot M \cdot 24{,}32 \cdot 1000}{V},$$

где V_1 – объем раствора трилона "Б", израсходованного на титрование магния, мл;

M – молярность раствора трилона "Б";

V – объем исследуемой воды, мл;

24.32 атомный вес магния.

Чаще ионы магния рассчитывают по разности между жесткостью и ионами Ca.

4.30. Все растворы должны готовиться на дистиллированной воде, имеющей общую жесткость не более $0{,}30^{\circ}$ (0,1 мг-экв/л), определенную по ГОСТу 3687-47.

Определение сульфат-иона

4.31. Проба на SO_4. В пробирку берут 5 мл воды, подкисленной двумя каплями 10%-ного раствора HCl, прибавляют 2-3 капли 5%-ного раствора $BaCl_2$ и перемешивают. По величине осадка $BaSO_4$ устанавливают объем воды для определения содержания SO_4 по табл. 5.

Таблица 5

Определение содержания SO_4

Вид осадка	Содержание SO_4 в мг на 100 мл воды	Количество мл воды для определения содержания SO_4
Большой осадок быстро-падающий на дно	50	5
Помутнение, появляющееся сразу	10-1	25
Медленно появляющееся слабое помутнение	1-0,5	50 и больше

4.32. Для определения сульфат-иона применяют различные методы зависимости от его содержания и точности анализа. Более распространены объемный и весовой методы, причем весовой метод считается наиболее точным.

4.33. При определении сульфат-иона весовым методом в колбу емкостью 150 мл отбирают 100 мл исследуемой воды, подкисляют двумя мл соляной кислоты плотности 1,19, разбавленной 1:1, нагревают до кипения и при постоянном помешивании стеклянной палочкой добавляют 10 мл по каплям 5%-ного раствора хлористого бария.

Раствор с осадком оставляют на тепловой плите на 3 часа, а затем на холоде на ночь и проверяют на полноту осаждения, прибавляя 1-2 капли 5%-ного раствора хлористого бария. Если вокруг хлористого бария не образуется мутное облачко, раствор фильтруют через плотный предварительно запаренный фильтр "синяя лента". Если осаждение сульфат-иона было неполным, к раствору добавляют 0,5 мл 5%-ного раствора хлористого бария. Спустя 2-3 часа проверяют полноту осаждения и приступают к фильтрованию. Осадок несколько раз промывают горячей водой до отрицательной реакции на хлор-ион.

Фильтр с осадком помещают в фарфоровый тигель, высушивают в сушильном шкафу, а затем содержание тигля обугливают на электроплитке или газовой горелке. После обугливания тигель переносят в муфельную (тигельную) печь и выдерживают в течение 1 часа при температуре 700-800°. Если после прокаливания в осадке наблюдаются угольки, тигель охлаждают на воздухе, прибавляют 1-2 капли концентрированной азотной кислоты или перегидроля, содержимое тигля высушивают, а затем повторно прокаливают. После прокаливания помещают в эксикатор на 15-20 мин. (время зависит от размера тигля) и взвешивают на аналитических весах. Затем тигель вновь прокаливают в течение 30 мин., охлаждают и взвешивают, предварительно установив необходимую нагрузку гирь на чашки весов.

Повторное прокаливание и взвешивание прекращают, если все тигли с осадком изменяются не более чем на 0.0003 г. Содержание сульфата определяют по формуле:

$$X = \frac{0{,}4115 \cdot Q \cdot 1000}{V} \text{ г/л},$$

где Q – вес сульфата бария, г;

0,4115 – переводный коэффициент с $BaSO_4$ в SO_4;

V – объем воды, взятый для определения, мл.

4.34. При объемном определении сульфатов в последнее время был предложен в качестве металлоиндикатора на барий реагент нитрохромазо (в настоящее время налажено его промышленное производство). Нитрохромазо дает чувствительную и контрастную реакцию с ионами бария в кислой среде при pH 1,7–2. Титрование происходит в 50%-ном ацетоне (или спирте) при четком переходе окраски из фиолетовой в голубую.

4.35. Принцип метода заключается в осаждении сульфатной серы в растворе хлористым барием в форме $BaSO_4$ и определением конца титрования по появлению голубого окрашивания раствора вследствие взаимодействия свободного иона бария с металлоиндикатором нитрохромазо.

4.36. Определению сульфатов мешает присутствие больших количеств катионов Ca^{2+}, K^+, Na^+, NH_4^+, которые с реагентом нитрохромазо дают цветную реакцию. Кальций уже в малых количествах довольно резко изменяет окраску реагента; в меньшей степени – калий, натрий и аммоний.

В связи с мешающим влиянием катионов на титрование ионов SO_4 в присутствии нитрохромазо перед титрованием испытуемую воду необходимо освободить от катионов при помощи ионообменных смол КУ-2, КУ-2-8, пропуская через них испытуемую воду.

4.37. После пропускания раствора через Н-сорбент кислотность сильно понижается. Реакция среды необходимо контролировать по универсальной индикаторной бумаге. Реакцию среды можно повысить путем разбавления раствора, если содержание SO_4 достаточно велико, или увеличением содержания ацетона в растворе. В тех случаях, когда вода не пропускается через катионит, pH среды может быть значительно выше 2, тогда раствор доводят до нужной (pH = 1,7–2) реакции, внося 0,1 н HCl.

4.38. Концентрация SO_4 в титруемой воде должна быть в пределах от 0,04 мг S до 5 мг S. Дальнейшее увеличение ионов SO_4 в испытуемой воде мешает точно установить конец титрования из-за выпадения большого количества белого осадка $BaSO_4$.

Таким образом, в зависимости от предполагаемого содержания ионов SO_4 испытуемый раствор должен быть разбавлен или сконцентрирован так, чтобы в титруемом объеме 10–15 мг сера содержалась в пределах указанного выше количества.

4.39. Нитрохромазо образует прочный комплекс с ионами бария, поэтому титрование следует вначале проводить медленно, прибавляя раствор соли хлористого бария по каплям и тщательно перемешивая. Появляющаяся в связи с этим в отдельных случаях голубая окраска от первых капель $BaCl_2$ через 30–40 сек должна перейти в сине-фиолетовую или фиолетовую. Дальнейшее изменение окраски идет быстро. Конец титрования отличается четким переходом фиолетовой окраски в голубую, неизменяющуюся в течение 1–2 мин.

4.40. В коническую колбу на 100–50 мл берут 10–15 мл испытуемой воды, предварительно пропущенной через катионит, проверяют реакцию среды, вносят одну каплю 0,1%-ного водного раствора нитрохромазо, прибавляют ацетон (или спирт) в количестве, равном объему титруемой воды, и титруют 0,02 раствором $BaCl_2$ из автоматической микробюретки до перехода окраски из фиолетовой в голубую.

4.41. Расчет полученных данных ведут по формуле в мг/100 г образца:

$$SO_4(\text{в мг/100 г образца}) = \frac{a \cdot к \cdot 0{,}96056 \cdot 100}{B},$$

где a – количество мл $0{,}02 н BaCl_2$, пошедшее на титрование;

$к$ – поправка к титру $0{,}02 н BaCl_2$;

0,96056 – число, показывающее количество мг SO_4, эквивалентное 1 мл $0{,}02 н BaCl_2$;

B – количество взятого объема испытуемой воды.

4.42. Реактивы. 1) 0,02 $н$ раствор хлористого бария ($BaCl_2$). Для приготовления 1 л $0{,}02 н BaCl_2$ берут навеску 2,0807 г и растворяют в 1 л воды. Титр проверяют по 0,02 $н$ серной кислоты, приготовленной из фиксанала. Титр определяют средним числом из 5 определений.

2) Приготовление 0,1%-ного раствора нитрохромазо

100 мг нитрохромазо растворяют в 100 мл дистиллированной воды и переливают в капельницу.

3) Зарядка ионообменных колонок и их регенерация

H – катионит (КУ-2 или КУ-2-8) помещают в стеклянную колонку, изготовленную из бюретки с краном, длиной 46–47 см и диаметром 1,5 см. Верхний конец колонки расширен в виде воронки, а нижний конец над краном сужен. В это суженное место закладывается стеклянная вата для задержания катионита. Смола, предварительно обработанная HCl, засыпается до основания воронки в количестве около 8–10 мг. Вместо стеклянных колонок можно использовать воронки со стеклянным фильтром (воронки Гуча № 1 и 2). На дно воронки кладут бумажный фильтр с красной лентой.

Первые порции фильтрата в количестве примерно 10–15 мл выбрасывают. После каждого определения серы катионит в колонке необходимо регенерировать. Для этого через каждую колонку с катионитом пропускают 5%-ный HCl в объеме при-

мерно 150–200 мл и затем отмывают смолу дистиллированной водой до pH 5 или до исчезновения реакции на Cl (проба $AgNO_3$). Заряженные колонки с катионитом хранят во влажном состоянии.

4) Универсальная индикаторная бумага.

5) Азотнокислое серебро – 1%-ный водный раствор.

4.43. Другие компоненты, необходимые для определения агрессивных свойств воды (pH, Cl^- и общая жесткость) описаны в разделе 6.

Определение Cl^-, SO_4^-, Ca^+, Mg^{2+} в темноокрашенных и мутных водах и водных вытяжках

4.44. Хлориды, сульфаты, кальций и магний в темноокрашенных и мутных водах и вытяжках определяют в остатке после прокаливания. Прокаливание позволяет освободиться от органических веществ вытяжки, а последующее фильтрование даст возможность отделить легкорастворимые соли от взвешенных частиц, загрязняющих прокаленный остаток.

4.45. Определенное количество воды или водной вытяжки (в зависимости от содержания определяемых ионов) помещают в фарфоровую чашку, выпаривают на водяной бане досуха и прокаливают сухой остаток. Дальнейшая обработка прокаленного остатка зависит от того, какие ионы нужно определить.

4.46. Определение Cl^-. Прокаленный остаток растворяют в дистиллированной воде, отфильтровывают частицы угля (если они остались), тщательно промывают фильтр водой и определяют содержание Cl^- в фильтрате титрованием $AgNO_3$ по Мору.

4.47. Определение SO_4, Ca и Mg. Прокаленный остаток смачивают несколькими каплями с тем, чтобы обезводить кремневую кислоту, подсушивают содержимое чашки на песочной бане и еще раз повторяют обработку сухого остатка HCl ($d_{20}^4=1,19$), после чего тут же приливают 2–3 мл дистиллированной воды и отфильтровывают выделившуюся SiO_2 через маленький беззольный фильтр.

Если требуется знать содержание кремневой кислоты, перешедшей в водную вытяжку, фильтр с осадком сжигают и взвешивают. Фильтрат и промывные воды собирают в химический стакан емкостью 100 мл и осаждают полуторные окислы аммиаком. Осадок полуторных окислов отфильтровывают через рыхлый беззольный фильтр, собирая фильтрат и промывные воды в мерную колбочку емкостью 100 мл. Фильтр с осадком (если требуется) сжигают и взвешивают. Берут из колбочки 25–50 мл раствора для определения SO_4 – весовым или комплексно-метрическим методом. Оставшийся в колбе раствор используют для определения кальция и магния. По другому варианту растворяют прокаленный осадок в HCl, отфильтрованный в мерную колбу и определяют SO_4^-, Ca^+ и Mg^+ комплек-

сометрически. Определение Ca^{+} и Mg^{+} проводят без выделения $R(OH)_3$ в присутствии триэтаноламина.

Щелочность

4.48. Щелочностью называют содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными кислотами, т.е. с ионами водорода. Расход кислоты выражает общую щелочность воды. В обычных природных водах щелочность обуславливается анионами слабых кислот: $HCO_3^-, CO_3^{2-}, H_3SiO_4^-, H_2BO_3^-$ и др. В этом случае значение pH воды не превышает 8,3. Общая щелочность практически тождественна карбонатной жесткости и соответствует содержанию гидрокарбонатов.

4.49. Реактивы.

1. Растворы $HCl - 0{,}1н$
2. Фенолфталеин 1%-ный
3. Метилоранж 0,1%-ный.

4.50. Определение содержания карбонатов CO_3. К 100 мл исследуемой воды добавляют 3-5 капель 1%-ного раствора фенолфталеина. Если вода остается бесцветной, в ней отсутствует карбонатный ион, а если она окрашивается в розовый цвет, ее при постоянном помешивании титруют раствором соляной кислоты до обесцвечивания.

4.51. *Расчет:* $X_1 = \dfrac{2V_1 H \cdot 30 \cdot 1000}{V}$,

где V_1 – объем раствора HCl, израсходованного на титрование V мг воды с фенолфталеином, мл

H – нормальность раствора HCl;

61 – эквивалентный вес HCO_3^-; мл

30 – эквивалентный вес CO_3^{2-};

4.52. Определение содержания гидрокарбонатов HCO_3. Если в исследуемой воде есть карбонат-ион, то содержание иона HCO_3^- устанавливают в пробе после определения содержания CO_3. В остальных случаях к 100 мл исследуемой воды добавляют три капли раствора метилоранжа и титруют раствором соляной кислоты до перехода желтой окраски в оранжевую.

Расчет.

$$X = \frac{V_1 H \cdot 61 \cdot 100}{V},$$

где V_1 – объем раствора HCl, израсходованного на определение HCO_3, мл;

H – нормальность раствора HCl;

V – объем исследуемой воды, мл;

61 – эквивалентный вес гидрокарбонат-иона.

Определение содержания ионов натрия и калия

4.53. В правильно выполненном анализе воды сумма эквивалентов катионов равна сумме эквивалентов анионов. Исходя из этого, сумму мг-экв $Na^{+}+K^{+}$ можно вычислять по разнос-

ти между суммой мг-экв аналитически найденных анионов и суммой мг-экв остальных катионов

$$Ca^{2+} + Mg^{2+} + Fe^{2+} + Fe^{3+} + NH_4.$$

Так как содержание калия в природных водах бывает, как правило, очень мало, условно считают полученную разность эквивалентов соответствующей натрию. Для вычисления содержания натрия (в мг/л) умножают полученное количество мг-экв Na на эквивалентный вес Na, равный 23.

4.54. При анализе щелочных и щелочно-земельных металлов особую ценность приобрел метод фотометрии пламени. Считают, что фотометрия пламени отличается несложной аппаратурой, простотой выполнения анализа и достаточной для физико-химических методов точностью.

В основе пламенно-фотометрического метода лежит явление излучения световой энергии свободными атомами элемента. Величина интенсивности излучения является мерой концентрации элементов в пламени. Излучение пропорционально концентрации.

4.55. Натрий и калий определяют с помощью воздушно-ацетиленового или воздушно-пропанового пламени по аналитическим линиям. Анализ растворов выполняют по стандартным растворам хлоридов Na и K.

Естественные воды поступают на анализ без предварительной подготовки. Водную вытяжку готовят при соотношении 1:5. Вытяжки и воду фильтруют. Содержание натрия и калия в естественных водах выражают в мг/л раствора или в % к сухому остатку.

При введении в пламя дистиллированной воды устанавливают нулевое показание отсчетного прибора, которое строго контролируется во время анализа. В пламя вводят стандартные растворы начиная с меньших концентраций и устанавливают соответствующие им значения показаний отсчетного прибора. Стандартные и анализируемые растворы вводят в пламя при строгом соблюдении равенства (постоянства) всех условий работы прибора. По концентрации стандартных растворов и соответствующим им показаниям отсчетного прибора строят градуированный график (их готовят раздельно для каждой партии).

Самой совершенной современной моделью пламенного фотофильтра считают - "Модель Ш-Цейсс".

4.56. Точное определение содержания Na и K необходимо в агрохимической практике.

4.57. Более доступным прибором для определения Na и K можно считать фотоэлектрический колориметр-нефелометр ФЭК-56, который предназначен для измерения оптической плотности или светопропускания жидких растворов как абсолютным методом, т.е. по отношению к растворителю, так и относительным методом, т.е. по отношению к эталонному раствору.

4.58. Для определения концентрации растворов производится предварительная градуировка прибора по набору стандартных растворов с известной концентрацией.

Подробное описание и инструкцию по использованию прибора можно найти в руководстве по использованию фотоэлектрического колориметра-нефелометра модели ФЭК-56 Загорского оптико-механического завода.

Определение сухого остатка

4.59. Определение сухого остатка в химическом анализе воды имеет большое практическое значение. Эта величина позволяет не только характеризовать общую минерализацию воды, но и контролировать качество выполняемого анализа, так как при правильно выполненном анализе содержание найденных веществ должно быть близко к величине сухого остатка.

4.60. В водах, а также в рассолах, сухой остаток получают выпариванием воды с содой. В кислых водах сухой остаток получают выпариванием с серной кислотой. Наиболее удобно объем воды на определение брать с таким расчетом, чтобы вес сухого остатка составлял 50-500 мг. Для определения сухого остатка в рассолах берут навеску от 1 до 10 г в зависимости от концентрации рассола.

4.61. Определение сухого остатка простым выпариванием воды и последующим выпариванием при температуре 105-110°С дает для вод и рассолов неудовлетворительные результаты вследствие гидролиза и гигроскопичности хлоридов магния и кальция и трудной отдачи кристаллизационной воды сульфатами кальция и магния. Эти недостатки устраняются прибавлением к выпариваемой воде навески химически чистого карбоната натрия. При этом хлориды и сульфаты кальция и магния переходят в безводные карбонаты, а из натриевых солей лишь сульфат натрия обладает кристаллизационной водой, но она полностью удаляется высушиванием сухого остатка при температуре 150-180°С.

4.62. Для определения сухого остатка выпариванием с содой высушивают фарфоровую или лучше кварцевую чашку до постоянного веса при температуре 105-110°С. В чашку вносят Na_2CO_3 (безводный карбонат натрия просушивают при температуре 200° до постоянного веса и сохраняют в эксикаторе) в количестве, в два-три раза превышающем предполагаемое содержание растворимых солей в анализируемом объеме пробы (последнее может быть ориентировочно подсчитано после определения хлор-сульфат и гидрокарбонат-ионов).

Чашку с карбонатом натрия взвешивают, затем в нее наливают соответствующее количество прозрачной воды или рассола (при анализе рассола соду предварительно растворяют в небольшом объеме дистиллированной воды) и выпаривают досуха на водяной или не слишком горячей песчаной бане (следят за тем, чтобы не было кипения воды и разбрызгивания в

конце выпаривания). Обтирают чашку с полученным сухим остатком сначала фильтровальной бумагой, смоченной разбавленной соляной кислотой (для удаления возможной накипи или загрязнений из песка), а затем сухой бумагой. После этого чашку накрывают часовым стеклом и сушат в термостате при температуре 150–180°С в течение 2–3 часов.

После охлаждения в эксикаторе чашку взвешивают. Затем чашку помещают снова в термостат на 1 час. При вторичном взвешивании ввиду некоторой гигроскопичности осадка рекомендуется сначала поставить на весы разновес, отвечающий первому взвешиванию, а потом уже чашку с осадком. Если разность между двумя взвешиваниями не будет превышать ±0,001 г, определение сухого остатка можно считать законченным, в противном случае операцию высушивания следует повторить.

4.63. Содержание сухого остатка (в мг/л) вычисляют по формуле

$$X = \frac{(a - б) \cdot 1000}{V},$$

где a – вес чашки с сухим остатком, мг;

$б$ – вес чашки с содой, мг;

V – объем исследуемой воды, мл.

4.64. Определение сухого остатка в природных водах выпариванием с серной кислотой основано на переводе всех солей, растворенных в воде, в сульфаты. При последующем удалении избытка серной кислоты и прокаливании сухого остатка до постоянного веса железо и алюминий будут взвешены в виде окислов Fe_2O_3 и Al_2O_3.

Однако определение сухого остатка этим методом в кислых водах не дает удовлетворительных результатов, так как превращение значительных количеств сульфатов железа и алюминия в окислы требует продолжительного прокаливания и высокой температуры, при этих условиях возможно разложение других солей. Этот метод несколько изменен.

Для удаления избытка серной кислоты высушивание ведется при температуре 360–380°С. В таком сульфатном сухом остатке железо и алюминий взвешивают в виде сульфатов. При этом железо необходимо предварительно окислить до трехвалентного.

4.65. Во взвешенную платиновую или фарфоровую чашку отмеривают такой объем воды, в котором содержалось бы не более 1 г солей, после чего прибавляют 1–2 мл 5%-ного раствора перекиси водорода и закрывают чашку часовым стеклом. Когда прекратится бурное выделение кислорода, обмывая от стекло дистиллированной водой, прибавляют 1–2 мл H_2SO_4 (1:2) и выпаривают раствор на водяной бане до маслообразной консистенции.

Затем чашку переносят на асбестовую сетку и осторожно нагревают до полного прекращения выделения паров серной

кислоты. После этого снова надо смочить сухой остаток концентрированной серной кислотой, вторично нагреть на асбестовой сетке до прекращения выделения паров серной кислоты. Последняя операция необходима для перевода основного сульфата окисного железа в среднюю соль. После вторичной обработки серной кислотой сухой остаток нагревают в термостате при температуре 360-380°С в течение 1,5-2 часов. Полученный сухой остаток содержит все металлы, находящиеся в воде в виде сульфатов, причем железо – в виде $Fe_2(SO_4)_3$.

Форма выражения результатов анализа и их контроль

4.86. Наибольшей популярностью выражения химического состава воды пользуется формула М.Г. Курлова – (так называемая формула солевого состава, сумма анионов и катионов, полученных подсчетом по анализам), которая представляет собой псевдодробь – в числителе представлены анионы (в %-экв) в порядке убывания их содержания, а в знаменателе в таком же порядке катионы:

$$M = \frac{HCO_3\%экв.\ Cl\%экв.\ SO_4\%экв\ NO_3\%экв}{Na\%экв.\ Mg\%экв.\ Ca\%экв.}.$$

Рассчитывают формулу Курлова следующим образом: за 100% принимается сумма анионов и катионов, полученная при анализе. 100 делят на сумму мг-экв катионов или анионов (они должны быть равны) – на этот коэффициент. Умножают каждый из полученных в анализе мг-экв количества.

4.87. Контроль химических анализов воды осуществляется несколькими способами: а) по сухому остатку; б) по экспериментально определенной сумме эквивалентов анионов и катионов и сравнению этих величин с данными отдельных компонентов анализа и их суммы; в) по величине pH и соотношению различных форм анионов слабых кислот.

4.88. Контроль анализа воды по величине pH и соотношению форм угольной кислоты дает приемлемые результаты для слабоминерализованных вод, не содержащих органических кислот и др. компонентов агрессивности воды и в том случае, если определение pH угольной кислоты достаточно достоверно (т.е. определены на месте выхода). Использование разного рода таблиц и графиков для указанной цели имеет ограниченное применение.

Повторный отбор проб для контрольного определения pH, CO_2, HCO_3 в случае расхождения между экспериментальными и табличными данными часто не дает ожидаемых результатов, так как пробы воды из одного и того же водопункта, взятые в различное время, могут сильно отличаться по содержанию угольной кислоты и значению pH.

То же относится и к однажды открытой бутылке с пробой воды.

4.69. Величина сухого остатка всегда немного больше суммарного содержания минеральных веществ по данным выполненных определений. Сумму минеральных веществ рассчитывают с полным содержанием в воде иона HCO_3', так как при высушивании сухого остатка половина бикарбонатов разлагается на карбонат кальция и углекислоту, которая улетучивается.

Однако расхождение между суммарным содержанием в воде минеральных веществ и величиной сухого остатка не должно превышать следующих норм:

при сухом остатке	до 100 мг/л	– 10%
" "	до 100–500	– 8
" "	до 500–1000	– 3
" "	до 1000–10000	– 2
" "	более 10000	– 1

Расхождения, укладывающиеся в эти нормы, указывают на правильность выполненных определений и анализа в целом. Для особо ответственных и арбитражных анализов допустимая погрешность уменьшается вдвое. В случае значительных расхождений необходимо выполнить контрольные определения.

4.70. Для контроля анализа может служить также сопоставление суммарных содержаний в воде анионов/катионов (в мг-экв/л). Они должны быть примерно равными. Но при этом суммарное содержание ионов калия и натрия должно быть определено не по расчету, а экспериментальным путем. Если мг/экв катионов окажется больше мг-экв анионов, анализ следует повторить:

$$мг \cdot экв\,(Na+K) \cdot 23 = мг/л\ Na+K.$$

Сумма мг/л всех анионов – SO_4, NO_3, Cl и $1/2\ HCO_3$ и катионов Ca, Mg, Na, K должна быть равна или несколько меньше сухого остатка, полученного анализом.

4.71. При использовании горных пород в строительстве, дорожном деле, для мелиоративных работах, и т.д. часто возникает необходимость оценки выщелачивающего действия подземных или поверхностных вод на эти породы.

4.72. Выщелачивающая способность природных вод, содержащих к тому же часто растворимую углекислоту и различные кислоты и щелочи, велика и взаимодействие их с горными породами в течение более или менее длительного времени может привести к выносу отдельных соединений из пород в количестве, имеющем практическое значение.

4.73. Выщелачивание пород происходит либо в виде растворения так называемых вторичных минералов (галит – $NaCl$, гипс – $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, мирабилит $Na_2SO_4 \cdot 2H_2O$, кальцит – $CaCO_3$ и др.), либо путем гидролитического разложения первичных минералов изверженных пород – разнообразных силикатов, алюмосиликатов и ферросиликатов. При гидролитическом разложении из пород выносятся основания ($Na^+, K^+, Ca^{++}, Mg^{++}$) и частично железо, алюминий, кремний; последние переходят в раствор, главным образом в виде коллоидов.

4.74. Наибольшей способностью выноса железа и алюминия обладают кислые воды, например, воды с повышенным содержанием свободной CO_2, грунтовые воды болотистых местностей, кислые воды рудных месторождений. Кремнезем выносится, главным образом, водами щелочного состава, например, грунтовыми водами засушливых областей в районах распространения солонцеватых пород, некоторыми типами нефтяных вод и др.

5. КОРРОЗИЙНАЯ АКТИВНОСТЬ ГРУНТОВ И ВОД

5.1. Точное знание коррозийных свойств грунта, причин и условий возникновения коррозии определяют успех в борьбе за сохранность сооружений. Процесс коррозии протекает на границе двух фаз: металл–внешняя среда. Наиболее часто подвержены подземной коррозии трубопроводы и кабели, а также днища бетонных и металлических резервуаров и металлические опоры.

5.2. Подземная коррозия делится на коррозию почвенную и коррозию блуждающими токами. Почвенной коррозией называется совокупность коррозирующих действий, оказываемых почво-грунтом на оболочки металлических сооружений. Коррозия блуждающими и другими токами в данной работе не рассматривается.

Факторы коррозийности

5.3. Процесс коррозии металлов в почве является функцией чрезвычайно большого числа переменных факторов, действие которых протекает в сложной взаимосвязи. Все факторы можно разделить на внутренние и внешние.

5.4. К внутренним относятся факторы, которые связаны с самим металлом, его структурой и состоянием, химической природой металла, его химической активностью и свойствами тех соединений, которые образуются при взаимодействии с окружающей его средой.

5.5. Внешние факторы коррозии связаны с условиями природы свойствами окружающей почвенной среды.

5.6. Главнейшими внешними факторами, влияющими на коррозийную активность грунтов, являются:

структура и гранулометрический состав;
влажность;
воздухопроницаемость;
концентрация водородных ионов;
содержание солей в грунте;
микробиологический фактор.

5.7. Гранулометрический состав грунта характеризуется отношением групп зерен разного размера, что определяет, в свою очередь, целый ряд других, важнейших в коррозийном отношении физических и физико-механических свойств грунта. К этим свойствам относятся структура грунта, пористость, сте-

пень влажности, содержание солей, воды, воздухопроницае - мость.

5.8. Абсолютно сухой грунт независимо от своего химического состава и содержания различных солей не вызывает коррозии металлов. Процесс коррозии в грунте начинается лишь при наличии в нем влаги.

Влага как фактор почвенной коррозии имеет двоякое значение. С одной стороны, она может усиливать коррозию металла за счет образования растворов солей, кислот и щелочей (так называемый почвенный раствор), которые при взаимодействии с металлами их разрушают, увеличивая подвижность ионов металла. С другой стороны, влага может замедлять коррозийные процессы за счет уменьшения свободного доступа кислорода воздуха к поверхности металла.

Для различных почв и грунтов существует различный критический предел влажности, при котором коррозия наиболее интенсивна. Естественно, что в водонасыщенном грунте скорость коррозии имеет наименьшее значение. Однако и в этих условиях возможна быстрая коррозия, если вода, насыщающая грунт, сама по себе агрессивна по отношению к данному металлу при высоких коэффициентах фильтрации грунта.

5.9. Процесс коррозии в почве развивается обычно при активном участии кислорода воздуха. Максимальная коррозийность наблюдается у грунтов со степенью влажности 0,5–0,8. Предельная влажность, обеспечивающая максимальную скорость коррозии, для суглинков и глин W – 10–12%, для песков W – 8–10%.

Скорость воздухообмена, с чем связан приток кислорода к корродирующей поверхности подземного металлического сооружения, весьма различна для различных почв и грунтов и зависит от структуры и механического состава почвы. Воздухообмен весьма затруднен в связных высокопластичных и пластичных грунтах, особенно в глинах. В сыпучих грунтах, особенно в песках, воздухообмен происходит более интенсивно. Кислород воздуха вызывает окисление, которое является опасным фактором коррозии.

5.10. Значение pH грунта, рассматриваемого в качестве коррозийной среды, заключается прежде всего в том, что им определяется стойкость окисных пленок, возникающих на поверхности металла. На изменения pH среды металлы реагируют различно: окислы металлов алюминия и свинца могут быть растворимы в кислой и щелочной средах и для них. Характерно некоторое значение pH, при котором интенсивность коррозии минимальна. Например, значение pH минимальной коррозии для Al – 6,5; Pb – 8,0; Zn – 11,0; Fe – 14,0.

Имеются металлы, окислы которых растворимы в кислой и нерастворимы в щелочной среде, например, железо, никель, магний и др. Коррозийная стойкость металлов этой группы будет уменьшаться с понижением pH и увеличиваться с повы-

шением pH. Для железа, например, коррозийность будет наименьшей при pH 10–14.

5.11. Неравномерность засоления грунтов по трассе линейного металлического сооружения увеличивает коррозийность.

Чем больше и чаще изменяется солевой состав почв и их минерализация, тем благоприятнее условия для интенсивной коррозийности. По степени растворимости наиболее распространенные в грунтах соли подразделяются на:

Легкорастворимые – хлориды натрия, калия, магния, кальция, бикарбонаты натрия, магния, кальция, содержа н и е которых в грунте определяют путем анализа водной вытяжки

Среднерастворимые – сульфат кальция, содержание которого устанавливают путем анализа солянокислой вытяжки. Эти вытяжки делают, если в водной вытяжке из грунта содержание сульфат иона ($SO_4^{"}$) выше 0,5%.

Труднорастворимые – карбонаты магния, кальция, железа.

5.12. Почвы являются средой для развития обильной и разнообразной микрофлоры, представленной многочисленными группами бактерий, плесневыми грибами, дрожжевыми организмами. В некоторых случаях эти организмы могут вызвать интенсивную коррозию, получившую наименование микробиологической коррозии.

Наибольшее значение и распространение в почвенных условиях имеет анаэробная коррозия. Сюда прежде всего относится микробиологическая коррозия стальных и чугунных трубопроводов, заложенных в тяжелых глинистых грунтах, болотах, стоячих водах. Наиболее распространенный вид анаэробной коррозии связывается с жизнедеятельностью сульфатовосстанавливающих бактерий, широко распространенных в различных почвах, пресных и соленых водах в присутствии небольшого количества органических веществ.

Названная культура бактерий является чрезвычайно жизнеспособной при значениях pH среды от 5 до 9. Более высокое значение pH угнетающе действует на бактерии, при продолжительном пребывании в среде с pH = 9,5 бактерии погибают

Коррозийный процесс в анаэробных условиях заключается в том, что благодаря жизнедеятельности микроорганизмов в среде, окружающей подземное сооружение, сульфаты восстанавливаются и преобразуются в сероводород. Последний взаимодействует с железом, образуя сернистое железо. По некоторым литературным данным, максимальное количество сернистого железа, получающегося в результате бактериальной коррозии, составляет одну четвертую часть общей массы прокорродировавшего металла, остальная часть железа переходит в ржавчину.

К анаэробным микроорганизмам, кроме сульфатовосстанавливающих, относятся также денитрифицирующие (азотовосстановительные) бактерии и бактерии, образующие метан. Но эти

бактерии оказывают значительно меньшее влияние, чем сульфатовосстанавливающие.

Из анаэробных бактерий в почве и природных зонах некоторое значение для коррозии металлов имеют серобактерии и железобактерии.

Исходным материалом для развития серобактерий является элементарная сера, конечным продуктом микробиологического окисления – серная кислота. Наиболее благоприятной для серобактерий является кислая среда с pH от 0 до 1. Концентрация серной кислоты, образующейся в результате жизнедеятельности этих бактерий, достигает 10%. Почвы, содержащие свободную серу, сернистые соединения, представляют для стальных трубопроводов реальную опасность, так как в этих условиях серобактерии могут вызвать сильную коррозию.

Железобактерии в результате своей жизнедеятельности накапливают железо, усваиваемое ими из водных растворов и отлагают его в виде бугорков.

В целом коррозия металлов при участии аэробных бактерий имеет меньшее распространение, чем коррозия с участием анаэробных бактерий.

Почвенная коррозия свинца

5.13. Свинец является материалом, обладающим значительной химической стойкостью, вследствие чего он нашел широкое применение как материал для оболочек подземных электрических кабелей. Химическая стойкость свинца обуславливается, главным образом, небольшой растворимостью его соединений. Последние, отлагаясь на поверхности в виде пленок, изолируют свинец от дальнейшего воздействия агрессивной среды, а также уменьшают или сводят на нет вредное действие гальванических токов, поскольку, как правило, эти соединения не являются проводниками электричества.

5.14. Вполне устойчивым свинец является в нейтральных, малогумусных почвах, содержащих сульфаты и карбонаты. При этом, чем больше концентрация сульфатов и карбонатов в почве, тем выше коррозийная стойкость свинца. Однако такая закономерность наблюдается лишь при нейтральной реакции почвы. При кислой же реакции почвы защитная пленка из сульфатов и карбонатов легко растворяется и не предохраняет свинец от коррозии.

Весьма неустойчив свинец в почвах, содержащих соли азотной кислоты, взаимодействуя с которыми он образует хорошо растворимую азотнокислую соль свинца $Pt(NO_3)_2$. Большим содержанием солей азотной кислоты (нитратов) отличаются почвы в местах свалок, нечистот, а также почвы, загрязненные отходами и сточными водами промышленных предприятий.

Свинцовая оболочка плохо противостоит коррозии в почвах, богатых хлоридами, особенно хлористым магнием, так как

в присутствии ионов хлора свинец образует хорошо растворимую соль. В почвах, имеющих щелочную реакцию, свинцовая оболочка сильно коррозирует за счет образования хорошо растворимых соединений – плюмбатов (солей свинцовой кислоты), поэтому почвы, pH которых выше 8,2–8,3, считаются коррозийно опасными для свинцового кабеля и его коррозийность увеличивается с увеличением pH. Особенно неблагоприятными для свинца по щелочной реакции являются щелочные почвы, отвалы доменных шлаков, почвы, загрязненные известью, золой и строительным мусором.

Черноземные почвы, имеющие слабую щелочную реакцию, также являются неблагоприятными для свинцовой оболочки. Коррозийное действие в этих почвах усиливается за счет высокого содержания органических кислот и азотистых соединений.

Сильно коррозийными для свинца являются болотные и торфяные почвы. Последние содержат разнообразные органические кислоты (гуминовая, яблочная, винная, хинная и т.п.), с которыми свинец образует легкорастворимые комплексы.

5.15. Все пресные воды поверхностного стока (реки, озера), а также большинство обычных грунтовых вод средней жесткости 4,0–7,0 мг-экв безопасны для свинцовой оболочки.

Морская вода довольно слабо действует на свинец. Содержащиеся в этих водах и обуславливающие их жесткость сульфаты и карбонаты образуют на поверхности металла устойчивую защитную пленку из сульфатов и карбонатов свинца, предохраняющих последний от коррозии. Чем больше жесткость воды, тем меньшей коррозийности подвержена свинцовая оболочка. Вода жесткостью менее 2,0 мг-экв/л является агрессивной независимо от качественного состава растворенных солей. Мягкие воды более коррозийны.

5.16. Опасным для устойчивости свинцовой оболочки является контакт ее с бетоном, цементом, особенно свежим, так как они содержат концентрированную гидроокись кальция и быстро разрушают свинец. Все строительные растворы известково-песчаные, цементные, цементно-известковые, содержащие $Ca(OH)_2$, являются сильно коррозийными. Быстрая коррозия свинца наблюдается в щелочах, а также в уксусной и азотной кислотах; в серной кислоте свинец совершенно не коррозирует.

5.17. В целом свинец и его сплавы наиболее интенсивно коррозируют в плохо аэрируемых почвах с высокой кислотностью или высоким содержанием растворимых солей.

Почвенная коррозия алюминия

5.18. Коррозийность алюминия в присутствии кислорода незначительна, так как на поверхности алюминия образуется тонкая пленка окиси алюминия, которая предохраняет металл от коррозии. Благодаря защитной пленке, алюминий оказывает

ся весьма стойким в нормальной атмосфере, в обычной воде, в органических соединениях, а также в сухих песчаных и других хорошо аэрируемых грунтах.

5.19. Другим весьма важным химическим свойством алюминия является его амфотерность, т.е. способность в зависимости от реакции среды проявлять то металлические, то неметаллические свойства. В кислой среде алюминий реагирует как основание и образует растворимые соли $AlCl_3$; $Al_2(SO_4)_3$ и др. В щелочной среде он ведет себя как кислотный остаток и так же образует хорошо растворимые в воде алюминаты $Na_2O \cdot Al_2O_3$, $K_2O \cdot Al_2O_3$.

5.20. В условиях нейтральной среды наиболее часто встречающиеся в почве сульфаты, бикарбонаты и нитраты не производят заметного химического действия на алюминий, наоборот, они сами способствуют образованию на алюминий защитной окисной пленки, предохраняющей его от коррозии. Аналогичны и действия углекислоты и кислорода, содержащихся в верхних слоях почвы.

Хлориды в нейтральной и особенно в кислой среде оказывают значительное разрушительное действие на алюминий. Коррозионное действие ионов хлора сильно возрастает в присутствии солей тяжелых металлов, например, меди, железа, и др. Поэтому сплавы алюминия, содержащие эти металлы в качестве специальной примеси, являются наименее стойкими.

При значениях реакции среды pH от 7,5 до 6, что чаще всего соответствует почвенным условиям, коррозия алюминия развивается из отдельных центров (язвами, пятнами и т.п.) за счет неоднородной окисной пленки. Коррозия алюминия и его сплавов в хорошо аэрируемых почвах, в особенности в сухой песчаной почве, как правило, незначительна. Во всех кислых и щелочных почвах коррозия алюминия протекает весьма интенсивно. Наиболее неблагоприятными для коррозийной стойкости алюминия являются торфяные и болотные почвы с pH от 4 и ниже, а также щелочные почвы от pH 8,5 и выше, в особенности, если щелочность обусловлена едкими щелочами даже при незначительной концентрации. Образовавшиеся в этом случае алюминаты растворимы в воде и легко вышелачиваются.

Наибольшей коррозийной стойкостью во всех типах почв обладает сплав алюминия с марганцем. Наименьшей коррозийной стойкостью во всех почвах обладает дюралюминий, содержащий примесь меди. Наиболее коррозийными по отношению к алюминию оказалась илистая гумусная почва, затем в порядке убывания коррозийной активности идут щелочная почва, глина, суглинок и, наконец, болотная почва.

5.21. Природные грунтовые и поверхностные воды почти совершенно не действуют на алюминий. В водной среде с нейтральной реакцией алюминий сравнительно мало чувствителен к концентрации кислорода. В кислой водной среде с повышением концентрации кислорода наблюдается возрастание скорости кор-

розии. Наиболее агрессивными компонентами для алюминиевых оболочек кабелей являются: хлор, ионы железа, кислотность и щелочность среды, неравномерность аэрации и др.

В связи с нагреванием кабеля при эксплуатационных нагрузках представляет интерес влияние температуры на коррозию алюминия. Наибольшая коррозия металла в растворах и природной воде отмечается при температуре 70–80°. Понижение, а также повышение температуры от этих пределов, как правило, ведет к снижению скорости коррозии.

Алюминий и большинство его сплавов (особенно сплавы с кремнием и магнием) являются очень стойкими в нормальной и морской воде. В нейтральных пресных водах, содержащих сульфаты и карбонаты, алюминий не коррозирует или коррозирует очень слабо. Стойким алюминий является и в воде, содержащей сероводород и свободную углекислоту.

Почвенная коррозия железа

5.22. Железо и его сплавы с углеродом, т.е. сталь и чугун, при нормальной температуре и при полном отсутствии влаги не коррозируют. Не коррозирует железо и в воде, лишенной растворенного кислорода и имеющей нейтральную или щелочную реакцию. При наличии же в окружающей среде кислорода и влаги процесс коррозии железа протекает весьма интенсивно.

5.23. В хорошо проветриваемых сыпучих грунтах коррозия распределяется неравномерно; она сосредотачивается в отдельных точках и на поверхности трубы возникают язвы, пятна и другие формы местной коррозии. Наоборот, в связных грунтах, где аэрация затруднена, коррозионные разрушения распределяются более равномерно. Коррозия железа в почве происходит в результате растворения ионов железа, которые переходят в почвенный раствор и соединяются с ионами Cl^{-}, $SO_4^{''}$, OH^{-}, $HCO_3^{'}$, $CO_3^{''}$. Образовавшиеся соли закиси железа в зависимости от условий коррозии проникают в окружающую почву и рассеиваются или тут же взаимодействуя с растворенным кислородом и ОН – ионами, превращаются в гидрат окиси железа $Fe(OH)_3$. Поскольку растворимость последнего в нейтральной и щелочной среде невелика, гидрат окиси выпадает в виде геля, образуя бугорки ржавчины.

5.24. Чем больше в почве содержится карбонатов кальция и магния, тем выше стойкость железа, так как в этом случае создается прочная защитная пленка из карбонатов, препятствующих коррозии.

В щелочной почве с pH от 7 до 14 железо обладает повышенной стойкостью, так как в этих условиях образуется устойчивая защитная пленка; при повышении щелочности среды pH > 14 процесс коррозии железа активизируется. С ростом концентрации кислорода в воде в присутствии ионов хлора также наблюдается повышение скорости коррозии.

5.25. Общая коррозия железа и стали в обычной морской воде, как показали испытания в различных точках земного шара, является довольно постоянной и составляет в среднем 0.012–0,013 см/год. Агрессивными по отношению к железу являются грунтовые и поверхностные воды с pH $\leq$ 8,5 и pH $\geq$14 и менее коррозийны с pH от 5,5 до 8,5, а также воды, жесткость которых менее 7 (или 2,5 мг/экв). Особенно опасными являются воды болотные, так как они, как правило, мягкие и содержат органические кислоты, дающие с железом растворимые соединения.

Скорость общей коррозии стали, погруженной в мягкую воду, насыщенную воздухом, колеблется в пределах 0.005–0.015 см/год, при местной коррозии скорость ее может быть в 10 раз больше.

5.26. При оценке коррозийности железа следует исходить из того, что скорость коррозии железа возрастает с уменьшением pH и жесткости, с увеличением содержания хлоридов, сульфатов свободной углекислоты. Наоборот, с повышением pH и жесткости воды и уменьшением содержания сульфатов, хлоридов и углекислоты коррозионная стойкость железа возрастает.

5.27. Оценка коррозийности грунта по результатам химического анализа водной вытяжки производится по следующим показателям:

для черных металлов химическими показателями коррозийности грунта являются pH < 6. Сумма ионов $Cl + SO_4$ свыше 100 мг/экв на 100 г грунта;

Показателями коррозийной активности является также наличие засоленных грунтов.

Кроме того, определение коррозийной активности грунта по отношению к железу производится методом Корнфильда (см. Приложение 1).

Почвенная коррозия меди

5.28. В большинстве грунтов медь обладает достаточно высокой коррозийной стойкостью, значительно превосходящей стойкость свинца. Несмотря на то, что физические свойства чистой меди и ее сплавов сильно различаются, в коррозийном отношении они ведут себя приблизительно одинаково.

5.29. Большое влияние на скорость коррозии меди оказывает скорость диффузии кислорода. При отсутствии кислорода медь корродирует слабо. Поэтому в связных грунтах при отсутствии органических веществ и водорастворимых солей медь является стойкой. При свободном доступе кислорода, но при низком содержании водорастворимых солей и углекислоты на поверхности образуется стойкая защитная пленка закиси и гидроокиси, тормозящая коррозию. Наоборот, при свободном доступе кислорода и наличии некоторых веществ, например, углекислоты, аммиака, хлоридов, сероводорода, коррозия протекает весьма интенсивно.

5.30. Опасными для меди в отношении коррозии являются почвы с высоким содержанием органических веществ, т.е. болотные и торфяные. Все щелочные почвы, почвы загрязненные шлаками, золой, с гарками угля и пр. также являются для меди высококоррозийными.

Медь является коррозийно стойкой в большинстве природных вод высокой и средней жесткости, а также обладает достаточной стойкостью к морской воде. Коррозия значительно возрастает при высоком содержании кислорода и углекислоты.

Почвенная коррозия цинка

5.31. В большинстве грунтов цинк обладает низкой коррозийной стойкостью и быстро разрушается почвенной коррозией. Скорость коррозии цинка в водной среде ниже, чем скорость коррозии железа.

Скорость коррозии цинка в воде возрастает с увеличением концентрации кислорода, углекислоты и SO_4 . Мягкие воды более агрессивны по отношению к цинку, чем жесткие. В кислых и сильно щелочных водах коррозия цинка сильно возрастает.

Определение коррозийной активности грунтов, грунтовых и поверхностных вод

5.32. Засоленные грунты обладают повышенной коррозийной активностью. Степень засоления, характеризующихся средним суммарным содержанием легкорастворимых солей, выраженным в процентах от веса сухого грунта, приведена в табл.

Таблица 6

Степень засоления

Грунты	Среднее суммарное содержание легкорастворимых солей в исследуемом слое грунта в % по весу	
	Хлоридное и сульфато-хлоридное засоление	Сульфатное, хлоридно-сульфатное и содовое засоление
Слабозасоленные	0,3–1	0,3–0,5
Среднезасоленные	1–5	0,5–2,0
Сильнозасоленные	5–8	2–5
Щелочно-засоленные	8	5

5.33. Коррозийная активность грунтов, грунтовых и поверхностных вод по отношению к свинцовой оболочке кабеля определяется по их кислотности и щелочности (pH), содержанию нитратов и растворенных в водной вытяжке органических веществ, а также по общей жесткости проб воды и оценивается согласно табл. 7 и 8.

5.34. Коррозийная активность грунтов и природных вод по отношению к алюминиевой оболочке кабелей определяется pH среды, содержанием в ней ионов хлора и железа и оценивается согласно табл. 8 и 10.

Таблица 7

Коррозийная активность грунтов по отношению к свинцовым конструкциям

pH	Органические вещества (гумус), %	Азотнокислые вещества (нитраты), %	Коррозийная активность
6,5–7,5	<0,010	<0,0001	низкая
5,1–6,4 7,6–8,9	0,010–0,020	0,0001–0,001	средняя
5,0 менее 9,0 более	0,020	>0,001	высокая

Таблица 8

Коррозийная активность грунтовых и других вод по отношению к свинцовым конструкциям

pH	Содержание компонентов, мг/л		Общая жесткость, мг-экв/л	Коррозийная активность
	органические вещества (гумус)	азотные вещества нитрат-ионы		
6,5–7,5	менее 20	менее 10 (следы)	более 5,3	низкая
5,1–6,4 7,6–8,9	20–40	10–20	5,3–3,0	средняя
5,0 и менее 9,0 и более	более 40	более 20	менее 3,0	высокая

Таблица 9

Коррозийная активность грунтовых и других вод по отношению к алюминиевой оболочке кабелей

pH	Содержание ионов, мг/л		Коррозийная активность
	хлор-ионов Cl^-	ионов железа Fe^{++}_{+++}	
6,0–7,5	менее 5	менее 1,0	низкая
4,5–6,1 7,6–8,5	5–50	1–10	средняя
менее 4,5 более 8,5	более 50	более 10	высокая

Таблица 10

Коррозийная активность грунтов по отношению к алюминиевой оболочке

pH	Содержание от веса воздушно-сухой пробы, %		Коррозийная активность
	хлор-ионов Cl^-	ионов железа Fe_3	
6,0–7,5	менее 0,001	менее 0,002	низкая
4,5–6,1 7,6–8,5	0,001–0,005	0,002–0,010	средняя
менее 4,5 более 8,5	более 0,005	более 0,010	высокая

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АГРЕССИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ГРУНТАХ И ВОДАХ

6.1. Определение содержания агрессивных компонентов в грунтах, грунтовых и других водах производят в случаях предполагаемой прокладки кабелей в свинцовых или алюминиевых оболочках.

Анализ проб грунтов ведут из специально приготовленных водных вытяжек; анализ воды ведут непосредственно из проб воды. При этом определяют pH; содержание хлор-ионов; общую жесткость (для грунтовых вод и воды); общее содержание ионов железа; содержание растворимых органических веществ; содержание нитрат-ионов.

6.2. Анализ водяных вытяжек из проб грунтов должен быть выполнен в день их приготовления.

При проведении анализа воды следует вскрывать только такое количество проб, которое можно обработать в день вскрытия. Пробы воды должны быть отобраны со дна водоемов.

Анализ водных вытяжек из грунтов и проб воды должен производиться на все указанные компоненты в следующей последовательности:

подготовка проб грунта (вод);

приготовление водных вытяжек (для грунтов);

выпаривание водных вытяжек (проб воды), взятых для определения нитрат-ионов;

определение pH;

определение содержания хлор-ионов;

определение общей жесткости (для проб воды);

определение содержания ионов железа;

определение содержания растворимых органических веществ;

определение содержания нитрат-ионов.

6.3. Отработанные растворы, содержащие серебро, должны сливаться в отдельную посуду для его последующей регенерации.

6.4. Характеристики реактивов, необходимых для проведения указанных в п. 6.2 анализов, приведены в прилож. 2.

6.5. Коррозийная активность грунтов определяется путем сравнения результатов химического анализа с данными таблиц 1–4 (Прилож. 3).

Подготовка грунта и приготовление водных вытяжек

6.6. Пробы грунта на анализ отбирают по предполагаемой трассе с глубины прокладки кабеля. Отобранные пробы укладываются в холщевые мешочки.

При этом должна быть проведена предварительная просушка проб и приняты меры против попадания в них посторонних веществ во время транспортировки.

Пробы грунтов подсушивают в хорошо проветренном помещении, защищенном от пыли и лабораторных газов. Пробы растирают на чистом листе бумаги и измельчают шпателем или пестиком до комков диаметром 3–5 мм, отбирают пинцетом видные глазом корешки и различные органические остатки животного и растительного происхождения. После просушки до воздушно-сухого состояния пробы растирают в фарфоровой ступе, просеивают через сито с отверстиями диаметром 1 мм и пересыпают во влагонепроницаемую тару. Пробы хранят в сухом помещении, свободном от паров кислот и аммиака. Для анализа на агрессивные компоненты пробы из тары высыпают на листы глянцевой бумаги, тщательно перемешивают, разравнивают по толщине слоя 0,5–1 см и делят на ряд мелких квадратов, затем отбирают в шахматном порядке в чашечку грунт для навесок. Для приготовления водных вытяжек отвешивают на технических весах по 100 г грунта и переносят в колбы емкостью 750–1000 мл.

6.7. Взятые навески заливают 500 мл дистиллированной воды (отношение 1:5). Колбы закрывают пробками и содержимое взбалтывают в течение 5 мин. Суспензии фильтруют через складчатый фильтр, вложенный в воронку диаметром 12–15 см, хорошо взмутив перед фильтрованием. Первые порции фильтрата, если они мутные возвращают обратно на фильтры. Анализ водных вытяжек начинают после того, как они полностью отфильтруются. Вода не должна содержать CO_2.

В случае, если вытяжки окрашены или после двухкратного фильтрования фильтраты остаются мутными, анализ ведется по специальным методикам.

В случае торфянистых грунтов, особенно верховых неразложившихся, соотношение грунта к воде берется 1:10, 1:20 и даже 1:40.

Определение pH

6.8. Определение pH водных вытяжек грунтов или проб воды может быть произведено как в лабораторных, так и в по-

левых условиях. Наиболее рациональным методом определения pH является потенциометрический метод, так как он позволяет определять pH как в прозрачных, так и в мутных и окрашенных растворах, а в полевых условиях — просто в отстоях. Определение ведется с помощью серийных полевых или лабораторных pH метров в соответствии с инструкциями, прилагаемыми к приборам.

Наиболее распространены в последнее время потенциометры марок "ППМ-03" и "ЛПУ-01".

Определение содержания хлор-ионов

6.9. Метод заключается в титровании хлор-ионов раствором азотнокислого серебра в присутствии хромата калия. Первая капля избыточного нитрата серебра образует осадок хромата серебра, окрашивающего раствор в красно-бурый цвет:

$$NaCl + AgNO_3 = \underset{\text{белый осадок}}{AgCl} + NaNO_3 ;$$

$$K_2CrO_4 + 2AgNO_3 = \underset{\text{красно-бурый осадок}}{Ag_2CrO_4} + 2KNO_3 .$$

6.10. Ход анализа. Качественной пробой ориентировочно определяют объемы анализируемых растворов, которые нужно взять для анализа. Для этого отбирают около 5 мл каждого раствора, подкисляют азотной кислотой (1–2 капли) и прибавляют по 4–5 капель 0,1 *н* раствора азотнокислого серебра. По степени помутнения определяют примерное содержание хлор-ионов и необходимый для титрования объем раствора.

Степень помутнения раствора	Объем раствора, мл
Слабая опалесценция	50
Среднемутный	25
Мутный, отдельные хлопья	10

Определенный качественной пробой объем анализируемого раствора переносят в коническую колбу емкостью 250 мл и доводят его до 50 мл дистиллированной водой, прибавляют 1 мл 10%-ного раствора хромовокислого калия. Если раствор щелочной, его нейтрализуют 0,01 *н* раствором серной кислоты по метилоранжу до появления розовой окраски. Анализируемую пробу титруют 0,01 *н* раствором азотнокислого серебра до изменения желтой окраски в коричнево-красную.

Чтобы точнее определить конец титрования, необходимо рядом с титруемой пробой поставить колбу с таким же количеством хромовокислого калия (нетитрованную).

6.11. Содержание хлор-ионов вычисляют по формулам:

$$Cl = \frac{V \cdot H \cdot a \cdot 0,0355 \cdot 100}{V_1 g} = \frac{V \cdot H \cdot 1 \cdot 7,75}{V_1} \text{ (в грунте, \%)}$$

$$Cl^- = \frac{V \cdot H \cdot 35{,}5 \cdot 1000}{V_1} \quad \text{(в воде, мг/л)},$$

где V – объем азотнокислого серебра, пошедший на титрование пробы, мл;

H – нормальность раствора азотнокислого серебра;

V_1 – объем вытяжки, взятой для титрования, мл;

a – общий объем вытяжки, мл;

g – навеска грунта, взятая для приготовления водной вытяжки, г;

0,0355– мг-экв хлор-иона в грамме;

35,5 – эквивалентный вес хлор-иона.

6.12. Приготовление реактивов. 0,1$н$ раствора азотнокислого серебра.

Для приготовления 0,1$н$ раствора азотнокислого серебра растворяют 17 г соли в 1 л дистиллированной воды и устанавливают его нормальность по 0,01$н$ раствору хлористого натрия. 0,01$н$ раствор хлористого натрия готовят из фиксанала или растворением в мерной колбе емкостью 500 мл 0,2923 г химически чистого хлористого натрия в дистиллированной воде.

Установление нормальности раствора азотнокислого серебра. Берут пипеткой 25 мл 0,01$н$ раствора хлористого натрия, приливают 1 мл 10%-ного раствора хромовокислого калия и титруют раствором азотнокислого серебра согласно методике определения хлор-ионов в растворах:

$$HAgNO_3 = \frac{V_1 \cdot H_1}{V},$$

где V – объем азотнокислого серебра, пошедший на титрование;

V_1 и H_1 – объем и нормальность раствора хлористого натрия;

0,01$н$ – раствор азотнокислого серебра.

50 мл 0,1$н$ раствора соли $AgNO_3$ разводят дистиллированной водой в мерной колбе емкостью 500 мл. Нормальность раствора устанавливают и периодически проверяют по 0,01$н$ раствору хлористого натрия. 0,01$н$ раствор серной кислоты готовят разбавлением в 10 раз в мерной колбе 0,1$н$ раствора серной кислоты проверенной нормальности или приготовленной из фиксанала.

Метилоранж. 0,1 г индикатора растворяют в 100 мл дистиллированной воды.

Азотная кислота. Водный раствор 1:2.

Хромовокислый калий. 10%-ный водный раствор.

Определение общей жесткости

6.13. Общая жесткость определяется комплексометрическим методом. В основе метода лежит способность трилона Б

(двухнатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты $C_{10}H_{14}N_2Na_2 \cdot 2H_2O$) давать прочные комплексные соединения. Анализируемую пробу титруют трилоном Б в присутствии индикатора при pH=10, что достигается прибавлением аммиачного буфера. В эквивалентной точке цвет раствора зависит от типа индикатора (табл. 11).

Таблица 11

Влияние индикатора на цвет раствора

Индикатор	Цвет	
	в присутствии Ca^{2+}, Mg^{2+}	при отсутствии Ca^{2+} Mg^{2+}
Эриохромчерный ЕТ-00	винно-красный	синий с зеленоватым оттенком
Хромсиний К	розово-красный	сиреневый
Хромтемносиний	розово-красный	синевато-сиреневый

6.14. В конические колбы емкостью 250 мл отмеряют пипеткой по 100 мл исследуемой воды. К взятому на анализ объему воды прибавляют 5 мл буферного раствора и около 0,1 г смеси индикатора ЕТ-00.

Раствор перемешивают и медленно титруют 0,05 *н* раствором трилона Б до изменения окраски, свойственной данному индикатору в присутствии ионов кальция и магния. Конец титрования лучше всего наблюдать, если рядом поставить оттитрованную пробу, до цвета которой и следует титровать анализируемую пробу.

Общую жесткость X (в мг-экв) вычисляют по формуле

$$X = \frac{V_1 \cdot H_1 \cdot 1000}{V},$$

где V_1 – объем раствора трилона Б, пошедший на титрование мл;

V – объем исследуемой воды, мл;

H_1 – нормальность трилона Б.

6.15. Реактивы.

Стандартный раствор солей кальция и магния готовят из смеси 0,1 *н* растворов солей кальция и магния с таким расчетом, чтобы их отношение было 3:1. Растворяют 3,0090 г безводного сернокислого магния (получаемого высушиванием при $t=240^{\circ}C$ семиводного гидрата) в мерной колбе с дистиллированной водой и объем доводят до 500 мл. В другую мерную колбу объемом 1 л вносят 5,0050 г х.ч. углекислого кальция, приливают 10 мл дистиллированной воды и по каплям вводят соляную кислоту (1:1) (избегая при этом ее избытка) до полного растворения карбоната. Затем добавляют дистиллированную воду до метки.

Для приготовления 0,05 *н* стандартного раствора отмеряют в мерную колбу емкостью 200 мл 75 мл 0,1 *н* раствора

хлористого кальция и 25 мл 0,1 *н* раствора сернокислого магния, после чего доливают дистиллированной воды до метки.

Раствор трилона Б-0,05 готовится из фиксанала или из навески трилона Б. Для приготовления из трилона Б берут навеску 9,31 г, растворяют в мерной колбе дистиллированной водой и доводят объем до 1 л.

Установление нормальности раствора трилона Б. В коническую колбу емкостью 250 мл отмеряют пипеткой 20 мл 0,05 стандартного раствора Ca^{2+} и Mg^{2+}, добавляют мензуркой 30 мл дистиллированной воды и 5 мл буферного раствора. Жидкость перемешивают и к ней добавляют 0,1 г смеси индикатора, после чего титруют раствором трилона Б так же, как и при определении жесткости. Нормальность раствора трилона Б вычисляют по формуле

$$H = \frac{H_1 \cdot V_1}{V},$$

где H_1 – нормальность стандартного раствора $Ca^{2+} + Mg^{2+}$;

V_1 – объем стандартного раствора, взятый на определение, мл;

V – объем раствора трилона Б, израсходованного на титрование, мл;

Буферный раствор. 50 г х.ч. хлористого аммония растворяют в дистиллированной воде, добавляют 250 мл 25%-ного раствора аммиака и доводят объем раствора дистиллированной водой до 1 л.

Смесь индикатора. 0,5 г индикатора растирают с 50 г х.ч. хлорида натрия или калия. Натрий сернистый ($Na_2S \cdot 9H_2O$) 5–10%-ный раствор. Гидроксиламин солянокислый 1%-ный раствор.

6.16. Определение общей жесткости мешает присутствие в воде ионов меди, марганца, железа и алюминия. В присутствии меди окраска индикатора не меняется, так как ионы меди образуют с ним соединения, которые не разрушаются трилоном Б. В присутствии ионов марганца в щелочной среде выделяется $MnO(OH)_2$, который адсорбирует индикатор и окраска раствора становится серой. Для установления вредного влияния ионов меди, небольших количеств железа и алюминия их следует перевести в труднорастворимую форму. В отмеренную для титрования пробу воды прибавляют 1 мл 5–10%-ного раствора сульфида натрия ($Na_2S \cdot 9H_2O$). Для устранения вредного влияния ионов марганца в отмеренную для титрования пробу воды прибавляют 5 капель 1%-ного раствора солянокислого гидроксиламина.

Определение общего содержания ионов железа

6.17. Метод основан на образовании окрашенных железороданидных комплексов. Схема уравнения реакции:

$$Fe^{3+} + nSCN \rightleftharpoons [Fe(SCN)n]^{n}.$$

С увеличением координационного числа "n" интенсивность окраски увеличивается. Растворы железо-роданидных комплексов медленно обесцвечиваются и чувствительны к интенсивности освещенности. Поэтому при выполнении определения следует к анализируемому объему пробы приба в и т ь большой и совершенно одинаковый избыток реактива; определение не проводить на прямом солнечном свету.

Определения проводят фотометрическим методом или методом калориметрического титрования из водных вытяжек с pH меньше 7,0.

6.18. Фотометрический метод. Для построения калибровочного графика в серию мерных колб емкостью 50 мл отмеряют пипеткой стандартного раствора А от 0,1 до 10 мл, содержащих от 0,01 до 1 мг железа. Содержимое стандартных колб разбавляют дистиллированной водой до 25 мл. Во все колбы приливают по 1 мл азотной кислоты (1:1) и по 5 мл 10%-ного раствора роданистого калия или аммония, доводят дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают.

Для построения калибровочной кривой одновременно с приготовлением стандартных растворов приготовляют холостой раствор, для чего в мерную колбу емкостью 50 мл наливают 25 мл дистиллированной воды, 1 мл азотной кислоты (1:1) и доводят раствор до метки неоднократным перемешиванием.

Устанавливают нуль на фотоэлектроколориметре по холостому раствору при синем светофильтре (λ = 400–500 мм) и измеряют оптическую плотность растворов во всех колбах.

По полученным данным серии стандартных колб строят калибровочную кривую: оптическая плотность Д (ось ординат), содержание ионов трехвалентного железа в анализируемом объеме (ось абсцисс).

Определив оптическую плотность анализируемых вытяжек по калибровочной кривой, находят содержание железа в объеме, взятом для анализа (в мг).

6.19. Отбирают пипеткой 25 мл воды или водной вытяжки в стакан емкостью 50–100 мл, добавляют 1 мл азотной кислоты (1:1) и два–три кристалла персульфата аммония, затем покрывают стакан часовым стеклом и ставят на кипящую водяную баню на 10 минут. После чего охлаждают и содержимое стакана переносят в мерную колбу емкостью 50 мл. В каждую колбу добавляют 5 мл 10%-ного роданистого калия или аммония, доводят раствор в колбе до метки, тщательно взбалтывают и приступают к калориметрированию.

6.20. Содержание ионов трехвалентного железа вычисляют по следующей формуле:

$$Fe = \frac{a \cdot 500}{V \cdot 1000} = \frac{a}{2N}, \%$$ (%)

a – содержание железа в объеме, взятом для анализа, мг (отсчет по оси абсцисс, калибровочной кривой);

V – объем воды или вытяжки, взятой для анализа;

500, 1000 – объем всей вытяжки.

6.21. В случае определения ионов железа методом калориметрического титрования поступают аналогично фотометрическому методу. После охлаждения растворов в стаканах содержимое переносят в цилиндры диаметром 2,5 см, высотой 25 см с мешалкой. В один из цилиндров количественно переносят содержимое стакана. В другой цилиндр наливается дистиллированная вода до уровня пробы в первом цилиндре. В цилиндр с водой вливают по 1 мл разбавленной азотной кислоты 1:1.

Содержимое цилиндров разбавляют дистиллированной водой до 45 мл и приливают пипеткой по 5 мл 10%-ного роданистого аммония. Образовавшаяся окраска железо-роданистого комплекса должна иметь розовый или светло-красный цвет. Если окраска интенсивная, то необходимо взять соответственно меньше анализируемой пробы.

Оба цилиндра ставят в штатив или на лист белой бумаги, добавляют в раствор, не содержащий вытяжки, из бюретки по каплям стандартный раствор соли железа (Б) до тех пор, пока окраска обеих растворов не станет одинаковой, чтобы на результаты определения не оказало влияния увеличение объема титруемого раствора. В процессе титрования делают отсчеты на бюретке и к испытуемому раствору прибавляют столько же воды.

6.22. Содержание ионов трехвалентного железа вычисляют по формулам:

в грунте $Fe^{3+} = \frac{V \cdot t \cdot a \cdot 100}{V_1 \cdot 1000 \cdot g} = \frac{a \cdot V \cdot t}{10 \cdot V_1 \cdot g} = \frac{a \cdot t}{2 V_1}$, (%)

в воде $Fe^{3+} = \frac{a \cdot t \cdot 1000}{V_1}$, (мг/л),

где a – количество раствора железо-аммонийных квасцов, пошедшее на титрование, мл;

t – титр железо-аммонийных квасцов (0,01 мг на 1 л), мг;

V – общий объем вытяжки, мл;

V_1 – объем раствора, взятого для анализа, мл;

g – навеска грунта, г.

6.23. Реактивы. Образцовый раствор соли Fe^{3+} готовят из растворов А и Б.

Раствор А

0,86402 г особо чистого перекристаллизованного и слабокислого раствора железо-аммонийных квасцов $Fe_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2 \cdot SO_4 \cdot 24H_2O$ растворяют в литровой мерной колбе дистиллированной водой, в которую добавляют несколько капель HCl для получения прозрачного раствора и доводят раствор в колбе до метки.

Раствор Б

50 мл образованного раствора А разбавляют до метки дистиллированной водой в мерной колбе емкостью 500 мл – такой раствор содержит 0,01 мг железа в 1 мл.

Роданистый аммоний или калий. 10%-ный водный раствор. 10 г роданистого калия или аммония растворяют в 100 мл дистиллированной воды.

6.24. В случае отсутствия двухвалентного железа (качественная проба с желтой кровяной солью) определение его проводят без добавления персульфата аммония и нагревания.

Определение водорастворимых органических веществ

6.25. О содержании водорастворимых органических веществ судят по окисляемости водных вытяжек грунта и почвы. Метод основан на окислении углерода, входящего в состав органических веществ, бихроматом калия в серной кислоте при кипячении по реакции:

$$3C + 2K_2Cr_2O_7 + 8H_2SO_4 = 2Cr_2(SO_4)_3 + 2K_2SO_4 + 8H_2O + 3CO_2.$$

Количество органических веществ в пробах определяют объемным методом путем титрования солью Мора избытка бихромата, не пошедшего на окисление углерода, по уравнению:

$$6FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O.$$

Для вычисления содержания органических веществ количество углерода, определенное в результате анализа, умножают на коэффициент 1,724, рассчитанный на основании среднего содержания углерода в водорастворимых органических веществах.

6.26. Для получения сходных результатов необходимы следующие условия:

медленно и одинаково во времени приливать раствор бихромата в колбы с пробами;

точно соблюдать продолжительность равномерного и слабого кипения, чтобы не разлагалась хромовая кислота. При соблюдении указанных условий полнота окисления органических веществ составляет 78%. На неполноту окисления Тюриным рекомендуется вводить коэффициент 1,3.

При повышенном содержании хлор-ионов к взятым 10 мл пробы прибавляют 0,1 г сернокислого серебра и оставляют на 1 час при периодическом взбалтывании. Затем определение продолжают аналогично обычным пробам. Определение органических веществ в воде и водной вытяжке проводят по одной и той же методике.

6.27. 10 мл каждой пробы пипеткой переносят в конические колбы емкостью 100 мл. В такие же три колбы приливают по 10 мл дистиллированной воды для холостых опытов. Во все колбы помещают 0,2 г порошка пемзы или песка и приливают пипеткой 10 мл 0,2 раствора бихромата калия, приготов-

ленного на концентрированной серной кислоте ($d = 1{,}84$). Все колбы закрывают маленькими воронками и партиями по 10 колб ставят на горячую электроплитку, покрытую асбестом.

Содержимое колб кипятят 5 минут. Продолжительность кипения устанавливают с помощью песочных часов, количество которых равно количеству окисляемых проб. Так окисляют органические вещества во всех взятых на анализ пробах. В процессе кипячения раствор меняет окраску и из оранжевого становится буровато-коричневым. А зеленая окраска служит показателем полного израсходования хромовой кислоты на окисление органических веществ. В таком случае следует повторить, уменьшив объём пробы.

После охлаждения колб обмывают воронки возможно меньшим количеством воды. В охлажденной окислительной смеси определяют органические вещества объемным методом, применяя для титрования 0,1 $н$ раствор соли Мора с фенилантраниловой кислотой в качестве индикатора.

6.28. Содержание органических веществ (гумуса) вычисляют по формуле

в воде $\dfrac{(a-b)\cdot N\cdot 3\cdot 1000\cdot 1{,}724}{V_1}\cdot 1{,}3 = \dfrac{(a-b)\cdot N\cdot 6{,}27\cdot 1000}{V_1}$, (мг/л),

в водной вытяжке $\dfrac{(a-b)\cdot N\cdot V\cdot 0{,}003\cdot 1{,}724\cdot 1000}{V_1\cdot g}\cdot 1{,}3 = \dfrac{(a-b)\cdot N\cdot V\cdot 0{,}627}{V_1\cdot g}$, (%),

где a – среднее (из трех) количество раствора соли Мора, пошедшее на титрование холостых опытов, мл;

b – количество раствора соли Мора, пошедшее на титрование проб, мл;

N – нормальность соли Мора;

V – общий объем водной вытяжки, мл;

V_1 – объем пробы, взятый на анализ, мл;

g – навеска грунта, г;

– мг-эквивалент углерода;

1,724 – коэффициент перевода углерода в органическое вещество (гумус).

6.28. Объем пробы, взятой на анализ, можно предварительно упарить на водяной бане, нагретой до 70–80° до влажного остатка, и оставить стоять на воздухе до полного высыхания. К сухому остатку приливают 10 мл 0,2 $н$ раствора бихромата в серной кислоте (1:1) и окисляют органические вещества, как описано выше.

6.30. Приготовление реактивов. 0,2 $н$ раствор двухромовокислого калия на концентрированной 0,2 $н$ раствор серной кислоте. 10 г двухромовокислого калия, растворяют в 1 л серной кислоты ($d = 1{,}84$) в фарфоровой чашке или колбе из термостойкого стекла при нагревании до 150° и после охлаждения переливают в стеклянку.

0,2 *н* раствор двухромовокислого калия на серной кислоте (1:1). 10 г двухромовокислого калия растворяют в 0,5 л дистиллированной воды в колбе из термостойкого стекла. К этому раствору приливают 0,5 л серной кислоты (1:1) – порциями 50–100 мл при осторожном и многократном помешивании.

0,1 *н* раствор соли Мора. 40 г соли Мора $(NH_4)_2SO_4FeSO_4 \cdot 6H_2O$ растворяют в 600–700 мл дистиллированной воды, содержащей 20 мл H_2SO_4 ($d = 1{,}84$), и объем раствора доводят водой до 1 л.

Установление нормальности раствора соли Мора. Нормальность раствора соли Мора сравнительно неустойчива и ее необходимо проверять каждый раз перед началом работы по 0,1 *н* раствору марганцевокислого калия. Для этого в коническую колбу емкостью 250 мл приливают из бюретки 10 мл раствора соли Мора, содержимое разводят до 45–50 мл дистиллированной водой, вливают 1 мл серной кислоты (=1,84) и тут же титруют 0,1 *н* раствором марганцевокислого калия до слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Нормальность вычисляют по формуле

$$H = \frac{H_1 \cdot V_1}{V},$$

где V_1 – объем марганцевокислого калия;

H_1 – нормальность раствора марганцевокислого калия;

V – объем соли Мора.

Феназантраниловая кислота (с – дифенилкарбоновая) 0,2 г феназантраниловой кислоты помещают в фарфоровую чашку и по каплям добавляют 100 мл 0,2%-ного раствора Na_2CO_3 (рассчитывается на безводную соль), тщательно растирая кислоту стеклянной палочкой. После достижения смесью сметанообразного состояния добавляют остальное количество раствора соли.

Прокаливание пемзы и песка. Пемзу или песок растирают в фарфоровой ступке, просеивают через сито с диаметром отверстий в 1 мл и прокаливают в фарфоровой чаше в муфельной печи при красном калении в течение 1–1,5 часа при периодическом перемешивании во избежание спекания.

Сернокислое серебро. К раствору, содержащему 34 г $AgNO_3$ (ч.д.а.) в 20 мл горячей воды, добавляют профильтрованный горячий раствор, содержащий 13,2 г $(NH_4)_2SO_4$ (ч.д.а.) в 20 мл воды.

После охлаждения кристаллический осадок Ag_2SO_4 отсасывают, промывают холодной водой 2–3 раза, затем 3–5 раз этиловым спиртом и сушат в темноте. Выход – 28 г.

Определение содержания нитрат-ионов

8.31. Метод основан на учете интенсивности желтой окраски, образующейся при взаимодействии нитратов с дисульфофеноловой кислотой с последующей обработкой этой смеси

раствором щелочи или аммиака. Суть реакции:

$$3HN_3 + C_6H_3OH(HSO_3)_2 = C_6H_2OH(NO_2)_3 + 2H_2SO_4 + H_2O;$$

дисульфофеноловая к-та *тринитрофенол*

$$C_6H_2OH(NO_2)_3 + KOH = C_6H_2(NO_2)_3OK + H_2O.$$

тринитрофенол *желтый нитропродукт*

Этот метод обладает большой чувствительностью и удовлетворительной воспроизводимостью. Интенсивность окраски определяют фотометрически или визуально. При фотометрическом определении содержание нитрат-ионов определяют по калибровочной кривой, которую периодически проверяют, а при замене одного из реактивов реактивом другой фасовки - строят заново.

6.32. Для построения калибровочной кривой отбирают с помощью бюретки емкостью 25 мл в фарфоровые чашки емкостью 50 мл от 1 до 20 мл образцового раствора Б и выпаривают на водяной бане досуха. Одновременно с растворами отбирают пипеткой по 50 мл или другой объем каждой анализируемой пробы (в зависимости от содержания нитратов в почве) в отдельные фарфоровые чашки и тоже выпаривают досуха на водяной бане. В одной из чашек выпаривают 50 мл дистиллированной воды для холостого опыта.

В охлажденные чашки с сухим остатком добавляют точно по 1 мл дисульфофеноловой кислоты и тщательно растирают содержимое стеклянной палочкой с оплавленным концом, смачивая весь остаток. Раствор оставляют стоять 10 минут. По истечении 10 минут в каждую чашку наливают 15 мл дистиллированной воды.

Растворы доводят до щелочной реакции прибавлением по каплям 20%-ного раствора щелочи или 10%-ного раствора аммиака. Конец прибавления щелочи или аммиака устанавливают по посинению красной лакмусовой бумаги, брошенной в чашку, или появлению устойчивой окраски, которая не меняется при дальнейшем приливании раствора щелочи или аммиака.

Окрашенные в желтый цвет растворы переносят количественно из чашек в мерные колбы емкостью 50 мл. Содержимое колб доводят водой до метки и перемешивают, устанавливают нуль на фотоэлектрокалориметре при синем светофильтре $\lambda = 410$ *м* по холостому раствору и измеряют оптическую плотность полученных растворов. По полученным данным серии стандартных колб строят калибровочную кривую: оптическая плотность (ось ординат), содержание нитрат-ионов в 50 мл (ось абсцисс). Определив оптическую плотность исследуемых растворов, по калибровочной кривой находим содержание нитрат-ионов в объеме, взятом для анализа.

6.33. Содержание нитрат-ионов в грунте вычисляют по формуле $NO_3 = \frac{a \cdot 100}{g}$, после преобразования формула принимает

вид % $NO_3^- = \frac{a}{2V}$; содержание нитрат-ионов в воде определяют по формуле $NO_3 = \frac{a \cdot 1000}{V_1}$ (в мг/л),

где a – содержание нитрат-ионов в объеме, взятом для анализа (отсчет по оси абсцисс калибровочной кривой), мг;

g – навеска грунта, соответствующая количеству мл испытуемого раствора, взятого для анализа, мг;

V – объем водной вытяжки, взятой для анализа, мл;

V_1 – объем воды, взятой для анализа, мл.

6.34. Дисульфофеноловая кислота. К 30 г чистого кристаллического фенола приливают 201 мл серной кислоты (d=1,84), закрывают корковой пробкой с обратным холодильником (длинной стеклянной трубкой) и нагревают в течение 6 часов на кипящей водяной бане. Приготовленный реактив должен иметь слабо-сиреневый цвет. Другие цвета не допускаются.

10%-ный раствор аммиака или 20%-ный водный раствор едкого калия. Образцовый раствор нитрата А 0,163 г.х.ч. перекристаллизованного сухого азотнокислого калия растворяют в мерной колбе емкостью 1 л в небольшом количестве дистиллированной воды и затем объем раствора доводят до метки дистиллированной водой. 1 мл раствора А содержит 0,1 мг

Раствор Б. 100 мл образцового раствора А разбавляют водой в мерной колбе до 1 л. 1 мл такого раствора содержит 0,01 мг NO_3^-.

Раствор сернокислого серебра. 4,40 г сернокислого серебра, не содержащего нитратов, растворяют в 1 л дистиллированной воды. Раствор сернокислого аммония. 13 г $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2$ растворяют в дистиллированной воде и доводят объем в мерной колбе до 100 мл. 7%-ный раствор едкого калия.

6.35. При визуальном определении методом сравнения с серией стандартных цилиндров или пробирок для вычисления NO_3^- пользуются следующими формулами:

в грунте $\%\, NO_3^- = \frac{b \cdot 100}{g}$ или $\% NO_3^- = \frac{b}{2V}$

в воде мг/л $NO_3^- = \frac{b \cdot 1000}{V_1}$,

где b – количество стандартного раствора, введенное в колбу, мг.

После выпаривания растворов дальнейшее нагревание сухих остатков на водяной бане проводить не следует, так как это приводит к потерям азота. Если в один день нельзя довести определение нитратов до конца, то анализ лучше всего прервать после выпаривания жидкости. В этом случае изменений в содержании нитратов не происходит.

При наличии в вытяжке значительных количеств хлоридов их осаждают в виде хлористого серебра. Для этого добавляют

к объему вытяжки, большему, чем нужно для анализа, сернокислое серебро в количестве, на 10–15% меньшем расчетного (1 мл сернокислого серебра осаждает 1 мг хлор-иона). Осадок выпавшего хлористого серебра отфильтровывают и из фильтра отбирают нужный для анализа объем. При расчетах вносят поправку на сделанное разбавление.

Иногда проба бывает окрашена. В этом случае к объему пробы, большему, чем нужно для анализа, добавляют раствор сульфата алюминия и 7%-ного раствора едкого калия в отношении 3:2 по каплям до обесцвечивания пробы над выпавшим осадком. Последний отфильтровывают, из фильтра отбирают нужный для анализа объем.

Приложение 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таблица 12

Реактивы, применяемые при определении агрессивных компонентов

Наименование материала	Степень чистоты	Примерное количество на 1000 проб	Чем можно заменить
Определение нитратов			
Фенол	х.ч.	130 г	
Серная кислота (d=1,84)	х.ч.	1 л	
Аммиак водный	ч.д.а.	10 л	Калий едкий
Калий азотнокислый	х.ч.	4 г	
Серебро сернокислое	х.ч.	14 г	
Алюминий сернокислый	ч.д.а.	130 г	
Калий едкий	ч.д.а.	70 г	
Определение общей жесткости			
Магний сернокислый	ч.д.а.	2 г	
Кальций углекислый	х.ч.	4 г	
Аммоний хлористый	х.ч.	250 г	
Аммиак водный	ч.д.а.	1,3 л	
Натрий хлористый	ч.д.а.	400 г	
Эриохромчерный (специальный ЕТ-00)	инд.	4 г	1.Кислотный хромсиний К.
Соляная кислота (d=1,19)	х.ч.	0,02 л	2. Кислотный
Трилон Б	ч.д.а.	94 г	хромтемносиний
Натрий сернистый	ч.д.а.	100 г	
Гидроксиламин солянокислый	ч.д.а.	8 г	
Определение водорастворимых органических веществ			
Калий двухромовокислый	ч.д.а.	200 г	Ангидрид
Серная кислота (d=1,84)	х.ч.	7 л	хромовый
Соль Мора	х.ч.	2000 г	
Пемза		100 г	Песок
Фенилтраниловая кислота	ч.	0,4	
Натрий углекислый (б/в)	ч.д.а.	0,4	
Калий марганцевокислый	ч.д.а.	160 г	
Серебро сернокислое	х.ч.	100 г	

Продолжение табл. 12

Наименование материала	Степень чистоты	Примерное количество на 1000 проб	Чем можно заменить
Определение хлор-ионов			
Серебро азотнокислое	х.ч.	50 г	
Натрий хлористый	х.ч.	5 г	
Калий хромовокислый	ч.д.а.	100 г	
Метилоранж	инд.	0,1 г	
Серная кислота (d = 1,84)	х.ч.	0,003 л	
Азотная кислота (d = 1,40)	х.ч.	0,05 л	
Определение железа			
Железо-аммонийные квасцы	х.ч.	60 г	
Аммоний роданистый	ч.д.а.	500 г	Калий роданистый
Азотная кислота (d = 1,40)	х.ч.	0,5 л	
Серная кислота (d = 1,84)	х.ч.	0,7 л	
Аммоний персульфат	х.ч.	100 г	

Приложение 2

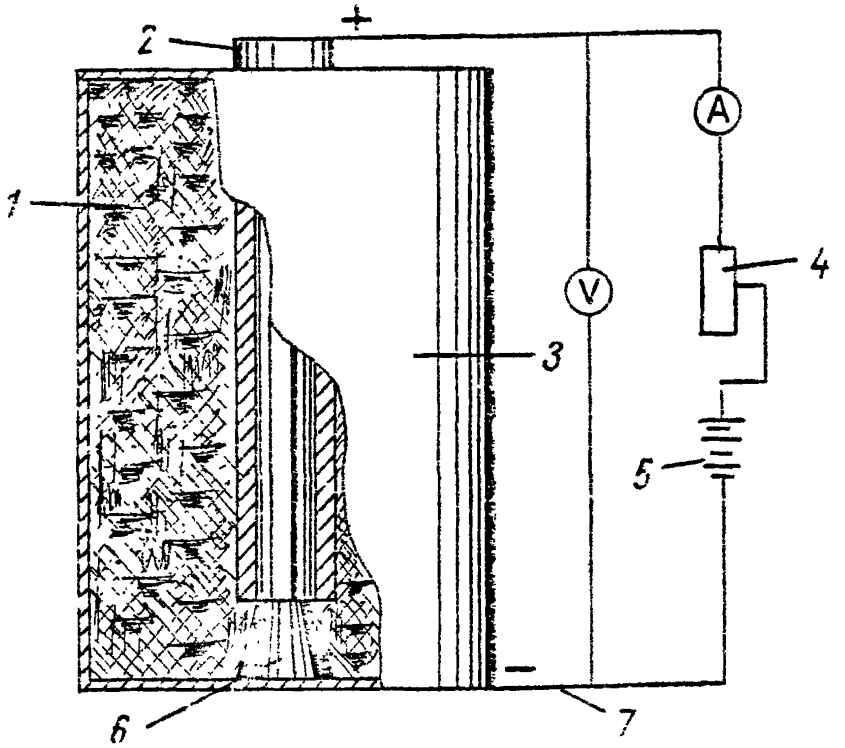
Определение коррозийности железа методом "потери веса трубки" (Метод Корнфильда)

Пробу грунта (2 куб.дц), просушенную при температуре не выше 105°С, размельчают в ступке до порошкообразного состояния, просеивают через сито с отверстиями от 0,5 до 1 мм и увлажняют до появления на поверхности грунта неполощенной воды. Увлажнять грунт можно как до закладки его в банку, так и в момент заполнения банки грунтом.

Примечание. Для грунтов с растительными включениями допускается снижение температуры сушки до 70-80°С.

Размельченный образец увлажняется аэрированной дистиллированной водой. Аэрация воды может быть достигнута, например, при помощи пропускания через нее в продолжение 5-7 минут воздуха при помощи резиновой груши. При работе по методу Корнфильда употребляются (рис. 5) жестяные банки емкостью около 0,5 л с линейными размерами - высота 12, диаметр 8 см (при повторном использовании жестянки внутренняя поверхность тщательно чистится от ржавчины, грязи и т.д.). Железные трубки наружным диаметром 19 мм и длиной 10 см. Вес такого патрубка примерно 165 г. Перед употреблением патрубок очищают снаружи и внутри металлической щеткой от грязи, ржавчины, окалины и т.п., а затем взвешивают с точностью до 0,01 г на лабораторных весах.

В нижний конец патрубка вставляется резиновая пробка так, чтобы ее открытая часть имела высоту 12 мм. К верхне-



му концу патрубка присоединяется конец провода. Присоединение желательно выполнять при помощи зажима, но не припайки. Патрубок ставится в центр жестяной банки на резиновую пробку. После этого банка заполняется подготовленным испытуемым грунтом. Допускается увлажнение грунта при наполнении банки. Однако при этом необходимо тщательно следить, чтобы весь грунт пропитался водой и чтобы в нем не осталось больших воздушных пузырей. Банка заполняется грунтом, не доходя до верхнего края на 5 мм. К жестянке при помощи контакта присоединяется конец провода. Допускается также припайка провода к банке.

Батарея для схемы должна иметь напряжение в 6 в. Емкость ее практически необходима не менее 80 ампер-часов. Для ускорения испытания в цепь может быть включена не одна банка с патрубком и грунтом, а несколько. При этом все банки и патрубки включаются параллельно. Количество их зависит от емкости батареи. Для удобства не рекомендуется включение более 12 банок.

Для соединения отдельных частей электрической цепи может быть употреблен звонковый провод. Патрубок и вся система должны находиться под током в продолжении 24 часов. За время нахождения под током напряжение в цепи не должно снижаться. В случае снижения напряжения необходимо не включать новый источник тока, а первый отдать на перезарядку. Амперметр включается как добавочный контроль и не является обязательным при испытании. Сила тока в цепи может сильно колебаться. Наиболее частые значения находятся в пределах 0,05–0,5А.

При определении количества образцов для включения в

зависимости от емкости батареи и расхода тока можно ориентировочно принимать максимальный расход тока на один образец в 12 ампер-часов. В зависимости от этого в цепь, питаемую от автомобильной батареи емкостью в 30 ампер-часов, не рекомендуется включать больше 4-5 образцов, если они в начале испытания будут брать выше 0,3А каждый. После односуточной работы батарея должна идти в перезарядку. С течением времени сила тока в цепи может упасть в 2-2,5 раза. В этом случае для всего периода можно принимать величину силы тока в половину от первоначальной.

При испытании допускается прерывание действия тока, но на срок не более 24 часов.

Добавлять новые порции воды в грунт во время действия тока нельзя. Все данные по нахождению образца под током записываются в журнал.

После пребывания каждого образца под током в продолжении 24 часов патрубок вынимают из банки, промывают водой для удаления следов грунта, чистят слегка от больших следов ржавчины металлической щеткой, промывают спиртом, высушивают и снова взвешивают. При чистке патрубка следует обратить внимание, не проникла ли внутрь патрубка вода и не происходила ли коррозия внутри патрубка. В этом случае должна быть очищена и внутренняя поверхность.

Взвешивание производится опять с точностью до 0,01 г на лабораторных весах. По результатам взвешивания до и после испытания определяется потеря в весе патрубка в граммах. Желательно сохранить патрубок для нового определения в другом грунте. Однако такое повторное определение не рекомендуется применять более трех-четырех раз. Также не рекомендуется повторно использовать патрубок в том случае, когда разъедание дало потерю более трех-четырех г или имелс место разъедание патрубка с образованием кевери.

Банку после испытания освобождают от грунта и числят при помощи металлической щетки. Вольтметр и амперметр время от времени проверяют при помощи эталона.

В соответствии с полученными потерями веса трубки дается следующая оценка коррозийности почвы:

При потерях в весе до 1 г - низкая коррозийность,
-"- -"- от 1 до 2 г - средняя коррозийность,
-"- -"- от 2 до 3 г - повышенная -"- ;
-"- -"- от 3 до 6 г - высокая -"- ,
-"- -"- выше 6 г - очаги коррозии.

Точность метода Коркфильда лежит в пределах 80-90%, достигая лишь в отдельных случаях 100%. Для определения коррозии по данному методу следует иметь специальное помещение. Особенно важно аккуратное обращение с образцами грунта во избежание путаницы их и утери, что может привести к самым нежелательным результатам.

При каждом перемещении образца или части его в новую тару необходимо постоянно снабжать его соответствующим номером.

Таблица 12
(из СН 262-67)

Оценка степени агрессивного воздействия воды-среды на бетон железобетонных

Вид коррозии	Характеристика агрессивной среды	Степень агрессивного воздействия воды-среды для безнапорных сооружений				
		слабая			сильная	
		бетон нормальной плотности	бетон повышенной плотности	особо плотный бетон	бетон повышенной плотности	особо плотный бетон
I	Бикарбонатная щелочность (выщелачивающая агрессивность) в *мг-экв/л* или в *град* в пределах	1,4 (4°) — 0,7 (2°)	<0,7 (2°)	Не нормируется		
II	Водородный показатель (общекислотная агрессивность) pH в пределах	6,5—6	5,9—5	4,9—4	5,9—5	4,9—4
	Содержание свободной углекислоты (углекислая агрессивность) в *мг/л* в пределах	$(a[Ca^{++}]+b)-(a[Ca^{++}]+b+40)$	$>a[Ca^{++}]+b+40$	Не нормируется	$>a[Ca^{++}]+b+40$	Не нормируется
	Содержание магнезиальных солей (магнезиальная агрессивность) в пересчете на ион Mg^{++} в *мг/л* в пределах	1000—1500	1501—2000	2001—2500	1501—2000	2001—3000
III	Содержание сульфатов (сульфатная агрессивность) в пересчете на ионы SO_4^{--} в *мг/л*:					
	а) для портландцемента, пуццоланового портландцемента, шлакопортландцемента при содержании ионов Cl':					
	менее 1000 *мг/л* в пределах	300—400	401—500	501—800	401—500	501—600
		От $(150+0,15\ Cl') \leqslant$ $\leqslant 1000$ до $(250+0,15\ Cl') \leqslant 1200$	От $(250+0,15\ Cl') \leqslant$ $\leqslant 1200$ до $(350+0,15\ Cl') \leqslant 1400$	От $(350+0,15\ Cl') \leqslant$ $\leqslant 1400$ до $(650+0,15\ Cl') \leqslant 1700$	$(250+0,15\ Cl') \leqslant$ $\leqslant 1200$ до $(350+0,15\ Cl') \leqslant 1400$	От $(350+0,15\ Cl') \leqslant$ $\leqslant 1400$ до $(650+0,15\ Cl') \leqslant 1700$
	более 1000 » » »					
					801—1200	>800
					От $(650-0,15\ Cl') \leqslant$ $\leqslant 1700$ до $(1050+0,15\ Cl') \leqslant 2200$	$>(650+0,15\ Cl')>$ >1700
	б) для сульфатостойкого портландцемента и сульфатостойкого пуццоланового портландцемента	3000—4000	4001—5000	5001—7000	4001—5000	5001—7000
	в) для портландцемента с умеренной экзотермией	1500—2000	2001—2500	2501—3500	2001—2500	2501—3500
II	Содержание едких щелочей (щелочная агрессивность) в *г/л* в пределах	50—60	61—80	81—100	61—80	81—100
III	Содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и других солей, а также едких щелочей в условиях жаркого климата при наличии испаряющих поверхностей в *г/л* в пределах	10—15	16—20	21—30	16—20	21—30

...струкций в зависимости от вида конструкции, фильтрации грунта и плотности бетона

...и наличии открытого водоема или сильно- и среднефильтрующих грунтов (песчаных, гравелистых) с $K_ф$ >0,1 *м/сутки*...

средняя			сильная	
...бетон нормальной плотности	бетон повышенной плотности	особо плотный бетон	бетон повышенной плотности	особо плотный бетон
	Не нормируется			
5,9—5	4,9—4	3,9—2	<4	<2
$>a[Ca^{++}]+b+40$	Не нормируется			
1501—2000	2001—3000	3001—4000	>3000	>400
401—500	501—600	801—1200	>800	>1200
$(250+0,15\ Cl') \leqslant$ $\leqslant 1200$ до $(350+0,15\ Cl') \leqslant 1400$	От $(350+0,15\ Cl') \leqslant$ $\leqslant 1400$ до $(650+0,15\ Cl') \leqslant 1700$	От $(650-0,15\ Cl') \leqslant$ $\leqslant 1700$ до $(1050+0,15\ Cl') \leqslant 2200$	$>(650+0,15\ Cl')>$ >1700	$>(1050+0,15\ Cl')>$ >2200
4001—5000	5001—7000	7001—10 000	>7000	>10 000
2001—2500	2501—3500	3501—5000	3500	5000
61—80	81—100	101—150	101—150	151—170
16—20	21—30	29—50	>30	>50

Продолжение табл.

Вид откоса	Характеристика агрессивной среды	Степень агрессивного воздействия воды на бетон при безнапорных сооружениях при наличии слабофильтрующих грунтов (суглинков, глин и т. п.) с $K_ф < 0{,}1$ м/сут:							
		слабая			средняя			сильная	
		бетон нормальной плотности	бетон повышенной плотности	особо плотный бетон	бетон нормальной плотности	бетон повышенной плотности	особо плотный бетон	бетон повышенной плотности	особо плотный бетон
I	Бикарбонатная щелочность (выщелачивающая агрессивность) в мг-экв/л или в *град* в пределах	Не нормируется			Не нормируется				
II	Водородный показатель (общекислотная агрессивность) pH в пределах	5—4	5—4	3,9—3	3,9—3	3,9—3	2,9—1	<3	<1
II	Содержание свободной углекислоты (углекислая агрессивность) в мг/л в пределах	$>a[Ca^{++}]+b+40$	Не нормируется		Не нормируется				
II	Содержание магнезиальных солей (магнезиальная агрессивность) в пересчете на ион Mg в мг/л в пределах	2000—2500	2501—3000	3001—4000	2501—3000	3001—4000	4001—5000	>4000	>5000
III	Содержание сульфатов (сульфатная агрессивность) в пересчете на ионы SO_4'' в мг/л:								
	а) для портландцемента, пуццоланового портландцемента, шлакопортландцемента при содержании ионов Cl':								
	менее 1000 мг/л в пределах	300—500	501—600	601—800	501—600	601—800	801—1200	>800	1200
		От $(150+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 1000$ до $(350+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 1400$	От $(350+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 1400$ до $(450+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 1700$	От $(450+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 1700$ до $(650+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 2300$	От $(350+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 1400$ до $(450+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 1700$	От $(450+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 1700$ до $(650+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 2300$	От $(650+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 2300$ до $(1050+0{,}15\ Cl')\leqslant$ $\leqslant 3000$	$>(650+0{,}15\ Cl')>$ >2300	$>(1050+0{,}15\ Cl')>$ >3000
	б) для сульфатостойкого портландцемента и сульфатостойкого пуццоланового портландцемента	3000—5000	5001—6000	6001—8000	5001—6000	6001—8000	8001—12 000	>8000	>12 000
	в) для портландцемента с умеренной экзотермией	1500—2500	2501—3000	3001—4000	2501—3000	3001—4000	4001—6000	>4000	>6000
II	Содержание едких щелочей (щелочная агрессивность) в г/л в пределах	80—90	91—100	101—120	91—100	101—120	121—170	>120	171—200
III	Содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и других солей, а также едких щелочей в условиях жаркого климата при наличии испаряющих поверхностей в г/л в пределах	10—15	16—20	21—30	16—20	21—30	31—50	>30	>50

Вид коррозии	Характеристика агрессивной среды	Степень агрессивного воздействия воды-среды для напорных сооружений в любых условиях смачивания бетона водой							
		слабая			средняя			сильная	
		бетон нормальной плотности	бетон повышенной плотности	особо плотный бетон	бетон нормальной плотности	бетон повышенной плотности	особо плотный бетон	бетон повышенной плотности	особо плотный бетон
I	Бикарбонатная щелочность (выщелачивающая агрессивность) в *мг-экв/л* или в *град* в пределах	2 (5,6°) — 1,07 (3°)	<1,07 (3°)	Не нормируется	Не нормируется				
II	Водородный показатель (общекислотная агрессивность) pH в пределах	6,5—6	5,9—5,5	5,4—5	5,9—5,5	5,4—5	4,9—4	<5	<4
	Содержание свободной углекислоты (углекислая агрессивность) в *мг/л* в пределах	$(a[Ca^{++}]+b)-(a[Ca^{++}]+b+40)$	$(a[Ca^{++}]+b)-(a[Ca^{++}]+b+40)$	$>a[Ca^{++}]+b+40$	$(a[Ca^{++}]+b)-(a[Ca^{++}]+b+40)$	$>a[Ca^{++}]+b+40$	Не нормируется		
	Содержание магнезиальных солей (магнезиальная агрессивность) в пересчете на ион Mg^{++} в *мг/л* в пределах	1000—1500	1501—2000	2001—3000	1501—2000	2001—3000	3001—4000	>3000	4000
III	Содержание сульфатов (сульфатная агрессивность) в пересчете на ионы SO_4^{--} в *мг/л*: а) для портландцемента, пуццоланового портландцемента, шлакопортландцемента при содержании ионов Cl^-: менее 1000 *мг/л* в пределах более 1000 *мг/л* в пределах	250—400 От $(100+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 1000$ до $(250+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 1200$	401—500 От $(250+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 1200$ до $(350+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 1400$	501—800 От $(350+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 1400$ до $(650+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 1700$	401—500 От $(350+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 1200$ до $(650+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 1400$	501—800 От $(350+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 1400$ до $(650+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 1700$	801—1200 От $(650+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 1700$ до $(1050+0,15\ Cl^-)\leqslant\leqslant 2300$	>800 $>(650+0,15\ Cl^-)>1700$	>1200 $>(1500+0,15\ Cl^-)>2300$
	б) для сульфатостойкого портландцемента и сульфатостойкого пуццоланового портландцемента	3001—4000	4001—5000	5001—7000	4001—5000	5001—7000	7001—10 000	>7000	>10 000
	в) для портландцемента с умеренной экзотермией	1500—2000	2001—2500	2501—3500	2001—2500	2501—3500	3501—5000	>3500	>5000
II	Содержание едких щелочей (щелочная агрессивность) в *г/л* в пределах	30—50	51—60	61—80	51—60	61—80	81—120	81—120	121—150
III	Содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и других солей, а также едких щелочей в условиях жаркого климата при наличии испаряющих поверхностей в *г/л* в пределах	По специальным указаниям							

[1] Бетон нормальной плотности в сильноагрессивной среде применять не рекомендуется, поэтому в таблице не предусмотрены соответствующие показатели.

Примечания: 1. Оценка степени агрессивного воздействия жидких сред дана в интервале температур 20—25°С.

2. По характеру развития коррозионных процессов при действии воды-среды на бетонные и железобетонные конструкции зданий и сооружений возможны следующие виды коррозии, связанные:

а) с выщелачиванием растворимых частей бетона под действием воды и агрессивных растворов (коррозия I вида);

б) с обменными реакциями между компонентами цементного камня и агрессивной жидкой средой и образованием легко растворимых соединений или продуктов не обладающих вяжущими свойствами (коррозия II вида);

в) с развитием и накоплением в бетоне малорастворимых в данных условиях кристаллизующихся солей (коррозия III вида).

3. Повышение температуры агрессивных растворов увеличивает на одну ступень степень воздействия этих сред при коррозии II вида и снижает при коррозии I и III видов, поэтому при действии горячих растворов выбор защитных мероприятий производится по специальным обоснованиям в зависимости от конкретных условий, но с учетом приведенных в таблице данных.

4. При оценке степени агрессивного воздействия воды-среды на бетон массивных малоармированных конструкций показатели агрессивности принимаются в соответствии с таблицей за следующим исключением: величина водородного показателя (общекислотная агрессивность) принимается для бетонов нормальной плотности по нормам агрессивности для бетонов повышенной плотности данной таблицы, а для бетонов повышенной плотности — по нормам агрессивности для особо плотных бетонов.

5. В случае воздействия органических кислот высоких концентраций, где величина pH не дает правильной оценки агрессивного воздействия воды-среды, выполнение защиты конструкции производить по специальным обоснованиям на основе проведенных экспериментальных исследований.

6. Среда считается неагрессивной по отношению к бетону нормальной плотности, если концентрации агрессивных растворов находятся в пределах, обусловленных «Инструкцией по проектированию» Признаки и нормы агрессивности воды-среды для жидкостей (СН 249—63а);

7. Величина напора не должна превышать 10 м. В случае напора более 10 м степень агрессивного воздействия воды-среды устанавливается в индивидуальном порядке.

Выражение концентрации раствора по весовому количеству растворенного вещества в единице объема раствора

Этот принцип измерений концентрации раствора включает два возможных варианта: по количеству растворенного вещества в граммах на 100 мл воды; по весовому количеству растворенного вещества в одном литре раствора. При этом последнем способе измерения концентрации водных растворов наиболее употребительны единицы измерения в г/л и мг/л.

Выражение концентрации раствора по молярной или эквивалентной концентрации

Данный способ применяется: по числу грамм-молекул или (грамм-ионов) растворенного вещества в одном литре раствора; по числу грамм-эквивалентов растворенного вещества в одном литре; по числу миллиграмм-эквивалентов растворенного вещества в 100 г растворенного вещества в 100 г раствора.

Раствор, в одном литре которого содержится одна грамм-молекула вещества, т.е. количество граммов вещества, численно равное его молекулярному весу (например, 58,454 г $NaCl$, 120,38 г $MgSO_4$, 133,34 г $AlCl_3$ и т.п.) называется молекулярным раствором (М).

Раствор, в одном литре которого содержится один грамм-эквивалент вещества, т.е. количество граммов вещества, численно равное его эквивалентному весу (например, 58,454:1 = = 58,454 г $NaCl$; 120,38:2 = 60,19 г $MgSO_4$; 133,34:3 = 44,45 $AlCl_3$ и т.п.). называется нормальным раствором (Н).

Величина в тысячу раз меньше грамм-эквивалента называется миллиграмм-эквивалентом (мг.экв.).

Пересчет из мг/л в мг-экв/л может производиться умножением на коэффициенты:

Ион	Коэффициент
Na^+	0,0435
K^+	0,0256
Ca^{2+}	0,0499
Mg^{2+}	0,0822
Fe^{3+}	0,0537
Fe^{2+}	0,0358
Al^{3+}	0,1110
Mn^{2+}	0,0364
Zn^{2+}	0,0306
Cu^{2+}	0,0315
Pl^{2+}	0,0096
Ba^{2+}	0,0146
Sr^{2+}	0,0228
Li^+	0,1140

Ион	Коэффициент
NH_4^+	0.0554
CL^{-4}	0,0282
Br^-	0,0125
J^-	0,0078
F^-	0,0526
SO_4^{2-}	0,0208
HCO_3^-	0,0164
CO_3^{2-}	0,0333
NO_3^-	0,0161
NO_2^-	0,0217
HS^-	0. 0302
$HSiO_3^-$	0,0130
$H_2PO_4^-$	0,0103
HPO_4^2	0,0208

Пересчет из мг-экв/л в мг/л производится умножением на эквивалентные веса соответствующих ионов.

Ион	Эквивалентный вес	Ион	Эквивалентный вес
Na^+	22,99	Cl^-	35,46
K^+	38,10	Br^-	79.92
Ca^{2+}	20,04	J^-	126,91
Mg^{2+}	12,16	F^-	18,00
Fe^{3+}	18,62	SO_4^{2-}	48,03
Fe^{2+}	27,92	HCO_3^-	61,02
Al^{3+}	8,99	CO_3^{2-}	30,01
Mn^{2+}	27,47	NO_3^-	62,01
Zn^{2+}	32,69	NO_2^-	46.01
Cu^{2+}	31.77	HS^-	33,07
Pl^{2+}	103,60	$HSiO_3^-$	77,10
Ba^{2+}	68,68	$H_2PO_4^-$	96,99
Sr^{2+}	3,81	HPO_4^-	47,99
Li^+	6,24		
NH_4^+	18,04		

Таблица 14

Значения "а" и "в"

Бикарбонатная щелочность		Суммарное содержание ионов Cl' и SO_4'', мг/л											
		0-200		201-400		401-600		601-800		801-1000		более 1000	
в град.	в мг-экв/л	а	в	а	в	а	в	а	в	а	в	а	в
3	1	0	15										
4	1,4	0,01	16	0,01	17	0,01	17	0	17	0	17	0	17
5	1,8	0,04	17	0,04	18	0,03	17	0,02	18	0,02	18	0,02	18
6	2,1	0,07	19	0,06	19	0,05	18	0,04	18	0,04	18	0,04	18
7	2,5	0,10	21	0,08	20	0,07	19	0,06	18	0,06	18	0,05	18
8	2,9	0,13	23	0,11	21	0,09	19	0,08	18	0,07	18	0,07	18
9	3,2	0,16	25	0,14	22	0,11	20	0,10	19	0,09	18	0,08	18
10	3,6	0,20	27	0,17	23	0,14	21	0,12	19	0,11	18	0,10	18
11	4,0	0,24	29	0,20	24	0,16	22	0,15	20	0,13	19	0,12	19
12	4,3	0,28	32	0,24	26	0,19	23	0,17	21	0,16	20	0,14	20
13	4,7	0,32	34	0,28	27	0,22	24	0,20	22	0,19	21	0,17	21
14	5,0	0,36	36	0,32	29	0,25	26	0,23	23	0,22	22	0,19	22
15	5,4	0,40	38	0,36	30	0,29	27	0,26	24	0,24	23	0,22	23
16	5,7	0,44	41	0,40	32	0,32	28	0,29	25	0,27	24	0,25	24
17	6,1	0,48	43	0,44	34	0,36	30	0,33	26	0,30	25	0,28	25
18	6,4	0,54	46	0,47	36	0,40	32	0,36	28	0,33	27	0,31	27
19	6,8	0,61	48	0,51	39	0,44	33	0,40	30	0,37	29	0,34	28
20	7,1	0,67	51	0,55	41	0,48	35	0,44	31	0,41	30	0,38	29
21	7,5	0,74	53	0,60	43	0,53	37	0,48	33	0,45	31	0,41	31
22	7,8	0,81	56	0,66	45	0,58	38	0,53	34	0,49	33	0,44	32
23	8,2	0,88	58	0,70	47	0,63	40	0,58	36	0,53	34	0,48	33
24	8,6	0,96	60	0,76	49	0,68	42	0,63	37	0,57	36	0,52	35
25	9,0	1,04	63	0,81	51	0,73	44	0,67	39	0,61	38	0,56	37

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ПЕРЕСЧЕТА РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА ВОДЫ ИЗ ВЕСОВОЙ В ЭКВИВАЛЕНТНУЮ ФОРМУ

Таблицы позволяют вычислять миллиграмм-эквиваленты любого практически возможного содержания компонента в воде с точностью до второго десятичного знака.

Для получения указанной точности результатов необходимо придерживаться следующего порядка вычислений.

1. Дано 55 *мг/л* Cl^-. Требуется найти Cl^- в *мг-экв/л*. Находят в табл. 12 по вертикали в графе «Целые *мг*» число 55; так как десятых долей миллиграммов в данном примере нет (равно 0), то результат читаем в колонке «0» против цифры 55 (1,551). Округлив это число до второго десятичного знака, получают искомый результат 1,55 *мг-экв/л* Cl^-.

2. Дано 555 *мг/л* Cl^-. Требуется найти Cl^- в *мг-экв/л*. Уменьшают число 555 в 10 раз и для полученной величины 55.5 в соответствующей координационной клетке (табл. 12) находят число 1,565. Увеличив эту цифру в 10 раз, получают количество миллиграмм-эквивалентов, соответствующее 555 *мг/л* Cl^-, т. е. 15,65 *мг-экв/л* Cl^-.

3. Дано 5555 *мг/л* Cl^-. Требуется найти Cl^- в *мг-экв/л*. Находят в табл. 12 количество миллиграмм-эквивалентов, соответствующее 555 *мг/л* Cl^-, так как это указано в примере 2, и к полученной величине прибавляют количество миллиграмм-эквивалентов, соответствующее 5000 *мг/л* Cl^- (цифры для тысяч миллиграммов ионов помещены отдельно внизу таблиц), а именно, 141,02 *мг-экв/л*. Окончательный результат равен 141,02+15,65=156,67 *мг-экв/л*.

Таблица 15

Пересчет *мг* Na^+ на *мг-экв*

(эквивалентный вес Na^+=22,991)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
1	0,043	0,048	0,052	0,057	0,061	0,065	0,070	0,074	0,078	0,083
2	0,087	0,091	0,096	0,100	0,104	0,109	0,113	0,117	0,122	0,126
3	0,130	0,135	0,139	0,144	0,148	0,152	0,157	0,161	0,165	0,170
4	0,174	0,178	0,183	0,187	0,191	0,196	0,200	0,204	0,209	0,213
5	0,217	0,222	0,226	0,231	0,235	0,239	0,244	0,248	0,252	0,257
6	0,261	0,265	0,270	0,274	0,278	0,283	0,287	0,291	0,296	0,300
7	0,304	0,309	0,313	0,318	0,322	0,326	0,331	0,335	0,339	0,344
8	0,348	0,352	0,357	0,361	0,365	0,370	0,374	0,378	0,383	0,387
9	0,391	0,396	0,400	0,405	0,409	0,413	0,418	0,422	0,426	0,431
10	0,435	0,439	0,444	0,448	0,452	0,457	0,461	0,465	0,470	0,474
11	0,478	0,483	0,487	0,491	0,496	0,500	0,505	0,509	0,513	0,518
12	0,522	0,526	0,531	0,535	0,539	0,544	0,548	0,552	0,557	0,561
13	0,565	0,570	0,574	0,578	0,583	0,587	0,592	0,596	0,600	0,605
14	0,609	0,613	0,618	0,622	0,626	0,631	0,635	0,639	0,644	0,648
15	0,652	0,657	0,661	0,665	0,670	0,674	0,678	0,683	0,687	0,692
16	0,696	0,700	0,705	0,709	0,713	0,718	0,722	0,726	0,731	0,735
17	0,739	0,744	0,748	0,752	0,757	0,761	0,766	0,770	0,774	0,779
18	0,783	0,787	0,792	0,796	0,800	0,805	0,809	0,813	0,818	0,822
19	0,826	0,831	0,835	0,839	0,844	0,848	0,853	0,857	0,861	0,866
20	0,870	0,874	0,879	0,883	0,887	0,892	0,896	0,900	0,905	0,909
21	0,913	0,918	0,922	0,926	0,931	0,935	0,939	0,944	0,948	0,953
22	0,957	0,961	0,966	0,970	0,974	0,979	0,983	0,987	0,992	0,996
23	1,000	1,005	1,009	1,013	1,018	1,022	1,026	1,031	1,035	1,040
24	1,044	1,048	1,053	1,057	1,061	1,066	1,070	1,074	1,079	1,083
25	1,087	1,092	1,096	1,100	1,105	1,109	1,113	1,118	1,122	1,127
26	1,131	1,135	1,140	1,144	1,148	1,153	1,157	1,161	1,166	1,170
27	1,174	1,179	1,183	1,187	1,192	1,196	1,200	1,205	1,209	1,214
28	1,218	1,222	1,227	1,231	1,235	1,240	1,244	1,248	1,253	1,257
29	1,261	1,266	1,270	1,274	1,279	1,283	1,287	1,292	1,296	1,301
30	1,305	1,309	1,314	1,318	1,322	1,327	1,331	1,335	1,340	1,344
31	1,348	1,353	1,357	1,361	1,366	1,370	1,374	1,379	1,383	1,387
32	1,392	1,396	1,401	1,405	1,409	1,414	1,418	1,422	1,427	1,431
33	1,435	1,440	1,444	1,448	1,453	1,457	1,461	1,466	1,470	1,474

Целые *мс*	Десятые доли *мс*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
34	1,479	1,483	1,488	1,492	1,496	1,501	1,505	1,509	1,514	1,518
35	1,522	1,527	1,531	1,535	1,540	1,544	1,548	1,553	1,557	1,561
36	1,566	1,570	1,575	1,579	1,583	1,588	1,592	1,596	1,601	1,605
37	1,609	1,614	1,618	1,622	1,627	1,631	1,635	1,640	1,644	1,648
38	1,653	1,657	1,662	1,666	1,670	1,675	1,679	1,683	1,688	1,692
39	1,696	1,701	1,705	1,709	1,714	1,718	1,722	1,727	1,731	1,735
40	1,740	1,744	1,748	1,753	1,757	1,762	1,766	1,770	1,775	1,779
41	1,783	1,788	1,792	1,796	1,801	1,805	1,809	1,814	1,818	1,822
42	1,827	1,831	1,835	1,840	1,844	1,849	1,853	1,857	1,862	1,866
43	1,870	1,875	1,879	1,883	1,888	1,892	1,896	1,901	1,905	1,909
44	1,914	1,918	1,922	1,927	1,931	1,936	1,940	1,944	1,949	1,953
45	1,957	1,962	1,966	1,970	1,975	1,979	1,983	1,988	1,992	1,996
46	2,001	2,005	2,009	2,014	2,018	2,023	2,027	2,031	2,036	2,040
47	2,044	2,049	2,053	2,057	2,062	2,066	2,070	2,075	2,079	2,083
48	2,088	2,092	2,096	2,101	2,105	2,110	2,114	2,118	2,123	2,127
49	2,131	2,136	2,140	2,144	2,149	2,153	2,157	2,162	2,166	2,170
50	2,175	2,179	2,183	2,188	2,192	2,196	2,201	2,205	2,210	2,214
51	2,218	2,223	2,227	2,231	2,236	2,240	2,244	2,249	2,253	2,257
52	2,262	2,266	2,270	2,275	2,279	2,283	2,288	2,292	2,297	2,301
53	2,305	2,310	2,314	2,318	2,323	2,327	2,331	2,336	2,340	2,344
54	2,349	2,353	2,357	2,362	2,366	2,370	2,375	2,379	2,384	2,388
55	2,392	2,397	2,401	2,405	2,410	2,414	2,418	2,423	2,427	2,431
56	2,436	2,440	2,444	2,449	2,453	2,457	2,462	2,466	2,471	2,475
57	2,479	2,484	2,488	2,492	2,497	2,501	2,505	2,510	2,514	2,518
58	2,523	2,527	2,531	2,536	2,540	2,544	2,549	2,553	2,558	2,562
59	2,566	2,571	2,575	2,579	2,584	2,588	2,592	2,597	2,601	2,605
60	2,610	2,614	2,618	2,623	2,627	2,631	2,636	2,640	2,645	2,649
61	2,653	2,658	2,662	2,666	2,671	2,675	2,679	2,684	2,688	2,692
62	2,697	2,701	2,705	2,710	2,714	2,718	2,723	2,727	2,731	2,736
63	2,740	2,745	2,749	2,753	2,758	2,762	2,766	2,771	2,775	2,779
64	2,784	2,788	2,792	2,797	2,801	2,805	2,810	2,814	2,818	2,823
65	2,827	2,832	2,836	2,840	2,845	2,849	2,853	2,858	2,862	2,866
66	2,871	2,875	2,879	2,884	2,888	2,892	2,897	2,901	2,905	2,910
67	2,914	2,919	2,923	2,927	2,932	2,936	2,940	2,945	2,949	2,953
68	2,958	2,962	2,966	2,971	2,975	2,979	2,984	2,988	2,992	2,997
69	3,001	3,006	3,010	3,014	3,019	3,023	3,027	3,032	3,036	3,040
70	3,045	3,049	3,053	3,058	3,062	3,066	3,071	3,075	3,079	3,084
71	3,088	3,092	3,097	3,101	3,106	3,110	3,114	3,119	3,123	3,127
72	3,132	3 136	3 140	3,145	3,149	3,153	3,158	3,162	3,166	3,171

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
73	3,175	3,179	3,184	3,188	3,193	3,197	3,201	3,206	3,210	3,214
74	3,219	3,223	3,227	3,232	3,236	3,240	3,245	3,249	3,253	3,258
75	3,262	3,266	3,271	3,275	3,280	3,284	3,288	3,293	3,297	3,301
76	3,306	3,310	3,314	3,319	3,323	3,327	3,332	3,336	3,340	3,345
77	3,349	3,353	3,358	3,362	3,367	3,371	3,375	3,380	3,384	3,388
78	3,393	3,397	3,401	3,406	3,410	3,414	3,419	3,423	3,427	3,432
79	3,436	3,440	3,445	3,449	3,454	3,458	3,462	3,467	3,471	3,475
80	3,480	3,484	3,488	3,493	3,497	3,501	3,506	3,510	3,514	3,519
81	3,523	3,527	3,532	3,536	3,540	3,545	3,549	3,554	3,558	3,562
82	3,567	3,571	3,575	3,580	3,584	3,588	3,593	3,597	3,601	3,606
83	3,610	3,614	3,619	3,623	3,627	3,632	3,636	3,641	3,645	3,649
84	3,654	3,658	3,662	3,667	3,671	3,675	3,680	3,684	3,688	3,693
85	3,697	3,701	3,706	3,710	3,714	3,719	3,723	3,728	3,732	3,736
86	3,741	3,745	3,749	3,754	3,758	3,762	3,767	3,771	3,775	3,780
87	3,784	3,788	3,793	3,797	3,801	3,806	3,810	3,815	3,819	3,823
88	3,828	3,832	3,836	3,841	3,845	3,849	3,854	3,858	3,862	3,867
89	3,871	3,875	3,880	3,884	3,888	3,893	3,[illegible]	3,902	3,906	3,910
90	3,915	3,919	3,923	3,928	3,932	3,936	3,[illegible]	3,945	3,949	3,954
91	3,958	3,962	3,967	3,971	3,975	3,980	[illegible]	3,988	3,993	3,997
92	4,002	4,006	4,010	4,015	4,019	4,023	[illegible]	4,032	4,036	4,041
93	4,045	4,049	4,054	4,058	4,062	4,067	4,071	4,075	4,080	4,084
94	4,089	4,093	4,097	4,102	4,106	4,110	[illegible]	4,119	4,123	4,128
95	4,132	4,136	4,141	4,145	4,149	4,154	[illegible]	4,162	4,167	4,171
96	4,176	4,180	4,184	4,189	4,193	4,197	[illegible]	4,206	4,210	4,215
97	4,219	4,223	4,228	4,232	4,236	4,241	4,245	4,249	4,254	4,258
98	4,263	4,267	4,271	4,276	4,280	4,284	4,289	4,293	4,297	4,302
99	4,306	4,310	4,315	4,319	4,323	4,328	4,332	4,336	4,341	4,345
100	4,350	4,354	4,358	4,363	4,367	4,371	4,376	4,380	4,384	4,388
мг	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000	10 000
мг-экв	43,50	86,99	130,49	173,98	217,48	260,97	304,47	347,96	391,46	434,95

Пересчет *мг* K^+ на *мг-экв*
(эквивалентный вес K^+=39,100)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
1	0,026	0,028	0,031	0,033	0,036	0,038	0,041	0,043	0,046	0,049
2	0,051	0,054	0,056	0,059	0,061	0,064	0,067	0,069	0,072	0,074
3	0,077	0,079	0,082	0,084	0,087	0,090	0,092	0,095	0,097	0,100
4	0,102	0,105	0,107	0,110	0,113	0,115	0,118	0,120	0,123	0,125
5	0,128	0,130	0,133	0,136	0,138	0,141	0,143	0,146	0,148	0,151
6	0,153	0,156	0,159	0,161	0,164	0,166	0,169	0,171	0,174	0,176
7	0,179	0,182	0,184	0,187	0,189	0,192	0,194	0,197	0,200	0,202
8	0,205	0,207	0,210	0,212	0,215	0,217	0,220	0,223	0,225	0,228
9	0,230	0,233	0,235	0,238	0,240	0,243	0,246	0,248	0,251	0,253
10	0,256	0,258	0,261	0,263	0,266	0,269	0,271	0,274	0,276	0,279
11	0,281	0,284	0,286	0,289	0,292	0,294	0,297	0,299	0,302	0,304
12	0,307	0,309	0,312	0,315	0,317	0,320	0,322	0,325	0,327	0,330
13	0,332	0,335	0,338	0,340	0,343	0,345	0,348	0,350	0,353	0,356
14	0,358	0,361	0,363	0,366	0,368	0,371	0,373	0,376	0,379	0,381
15	0,384	0,386	0,389	0,391	0,394	0,396	0,399	0,402	0,404	0,407
16	0,409	0,412	0,414	0,417	0,419	0,422	0,425	0,427	0,430	0,432
17	0,435	0,437	0,440	0,442	0,445	0,448	0,450	0,453	0,455	0,458
18	0,460	0,463	0,465	0,468	0,471	0,473	0,476	0,478	0,481	0,483
19	0,486	0,488	0,491	0,494	0,496	0,499	0,501	0,504	0,506	0,509
20	0,512	0,514	0,517	0,519	0,522	0,524	0,527	0,529	0,532	0,535
21	0,537	0,540	0,542	0,545	0,547	0,550	0,552	0,555	0,558	0,560
22	0,563	0,565	0,568	0,570	0,573	0,575	0,578	0,581	0,583	0,586
23	0,588	0,591	0,593	0,596	0,598	0,601	0,604	0,606	0,609	0,611
24	0,614	0,616	0,619	0,621	0,624	0,627	0,629	0,632	0,634	0,637
25	0,639	0,642	0,644	0,647	0,650	0,652	0,655	0,657	0,660	0,662
26	0,665	0,668	0,670	0,673	0,675	0,678	0,680	0,683	0,685	0,688
27	0,691	0,693	0,696	0,698	0,701	0,703	0,706	0,708	0,711	0,714
28	0,716	0,719	0,721	0,724	0,726	0,729	0,731	0,734	0,737	0,739
29	0,742	0,744	0,747	0,749	0,752	0,754	0,757	0,760	0,762	0,765
30	0,767	0,770	0,772	0,775	0,777	0,780	0,783	0,785	0,788	0,790
31	0,793	0,795	0,798	0,800	0,803	0,806	0,808	0,811	0,813	0,816
32	0,818	0,821	0,824	0,826	0,829	0,831	0,834	0,836	0,839	0,841
33	0,844	0,847	0,849	0,852	0,854	0,857	0,859	0,862	0,864	0,867
34	0,870	0,872	0,875	0,877	0,880	0,882	0,885	0,887	0,890	0,893
35	0,895	0,898	0,900	0,903	0,905	0,908	0,910	0,913	0,916	0,918

Целые же	Десятые доли же									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	0,921	0,923	0,926	0,928	0,931	0,934	0,936	0,939	0,941	0,944
37	0,946	0,949	0,951	0,954	0,957	0,959	0,962	0,964	0,967	0,969
38	0,972	0,974	0,977	0,980	0,982	0,985	0,987	0,990	0,992	0,995
39	0,997	1,000	1,003	1,005	1,008	1,010	1,013	1,015	1,018	1,020
40	1,023	1,026	1,028	1,031	1,033	1,036	1,038	1,041	1,043	1,046
41	1,049	1,051	1,054	1,056	1,059	1,061	1,064	1,066	1,069	1,072
42	1,074	1,077	1,079	1,082	1,084	1,087	1,090	1,092	1,095	1,097
43	1,100	1,102	1,105	1,107	1,110	1,113	1,115	1,118	1,120	1,123
44	1,125	1,128	1,130	1,133	1,136	1,138	1,141	1,143	1,146	1,148
45	1,151	1,153	1,156	1,159	1,161	1,164	1,166	1,169	1,171	1,174
46	1,176	1,179	1,182	1,184	1,187	1,189	1,192	1,194	1,197	1,199
47	1,202	1,205	1,207	1,210	1,212	1,215	1,217	1,220	1,223	1,225
48	1,228	1,230	1,233	1,235	1,238	1,240	1,243	1,246	1,248	1,251
49	1,253	1,256	1,258	1,261	1,263	1,266	1,269	1,271	1,274	1,276
50	1,279	1,281	1,284	1,286	1,289	1,292	1,294	1,297	1,299	1,302
51	1,304	1,307	1,309	1,312	1,315	1,317	1,320	1,322	1,325	1,327
52	1,330	1,332	1,335	1,338	1,340	1,343	1,345	1,348	1,350	1,353
53	1,355	1,358	1,361	1,363	1,366	1,368	[illegible]	1,373	1,376	1,379
54	1,381	1,384	1,386	1,389	1,391	1,394	[illegible]	1,399	1,402	1,404
55	1,407	1,409	1,412	1,414	1,417	1,419	[illegible]	1,425	1,427	1,430
56	1,432	1,435	1,437	1,440	1,442	1,445	[illegible]	[illegible]	1,453	1,455
57	1,458	1,460	1,463	1,465	1,468	1,471	1,473	1,476	1,478	1,481
58	1,483	1,486	1,488	1,491	1,494	1,496	1,499	1,501	1,504	1,506
59	1,509	1,512	1,514	1,517	1,519	1,522	1,524	1,527	1,529	1,532
60	1,535	1,537	1,540	1,542	1,545	1,547	1,550	1,552	1,555	1,558
61	1,560	1,563	1,565	1,568	1,570	1,573	1,575	1,578	1,581	1,583
62	1,586	1,588	1,591	1,593	1,596	1,598	1,601	1,604	1,606	1,609
63	1,611	1,614	1,616	1,619	1,621	1,624	1,627	1,629	1,632	1,634
64	1,637	1,639	1,642	1,645	1,647	1,650	1,652	1,655	1,657	1,660
65	1,662	1,665	1,668	1,670	1,673	1,675	1,678	1,680	1,683	1,685
66	1,688	1,691	1,693	1,696	1,698	1,701	1,703	1,706	1,708	1,711
67	1,714	1,716	1,719	1,721	1,724	1,726	1,729	1,731	1,734	1,737
68	1,739	1,742	1,744	1,747	1,749	1,752	1,754	1,757	1,760	1,762
69	1,765	1,767	1,770	1,772	1,775	1,777	1,780	1,783	1,785	1,788
70	1,790	1,793	1,795	1,798	1,801	1,803	1,806	1,808	1,811	1,813
71	1,816	1,818	1,821	1,824	1,826	1,829	1,831	1,834	1,836	1,839
72	1,841	1,844	1,847	1,849	1,852	1,854	1,857	1,859	1,862	1,864
73	1,867	1,870	1,872	1,875	1,877	1,880	1,882	1,885	1,887	1,890
74	1,893	1,895	1,898	1,900	1,903	1,905	1,908	1,910	1,913	1,916

Целые M	Десятые доли M									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
75	1,918	1,921	1,923	1,926	1,928	1,931	1,934	1,936	1,939	1,941
76	1,944	1,946	1,949	1,951	1,954	1,957	1,959	1,962	1,964	1,967
77	1,969	1,972	1,974	1,977	1,980	1,982	1,985	1,987	1,990	1,992
78	1,995	1,997	2,000	2,003	2,005	2,008	2,010	2,013	2,015	2,018
79	2,020	2,023	2,025	2,028	2,031	2,033	2,036	2,038	2,041	2,043
80	2,046	2,049	2,051	2,054	2,056	2,059	2,061	2,064	2,066	2,069
81	2,072	2,074	2,077	2,079	2,082	2,084	2,087	2,090	2,092	2,095
82	2,097	2,100	2,102	2,105	2,107	2,110	2,113	2,115	2,118	2,120
83	2,123	2,125	2,128	2,130	2,133	2,136	2,138	2,141	2,143	2,146
84	2,148	2,151	2,153	2,156	2,159	2,161	2,164	2,166	2,169	2,171
85	2,174	2,176	2,179	2,182	2,184	2,187	2,189	2,192	2,194	2,197
86	2,199	2,202	2,205	2,207	2,210	2,212	2,215	2,217	2,220	2,223
87	2,225	2,228	2,230	2,233	2,235	2,238	2,240	2,243	2,246	2,248
88	2,251	2,253	2,256	2,258	2,261	2,263	2,266	2,269	2,271	2,274
89	2,276	2,279	2,281	2,284	2,286	2,289	2,292	2,294	2,297	2,299
90	2,302	2,304	2,307	2,309	2,312	2,315	2,317	2,320	2,322	2,325
91	2,327	2,330	2,332	2,335	2,338	2,340	2,343	2,345	2,348	2,350
92	2,353	2,355	2,358	2,361	2,363	2,366	2,368	2,371	2,373	2,376
93	2,379	2,381	2,384	2,386	2,389	2,391	2,394	2,396	2,399	2,402
94	2,404	2,407	2,409	2,412	2,414	2,417	2,419	2,422	2,425	2,427
95	2,430	2,432	2,435	2,437	2,440	2,442	2,445	2,448	2,450	2,453
96	2,455	2,458	2,460	2,463	2,465	2,468	2,471	2,473	2,476	2,478
97	2,481	2,483	2,486	2,488	2,491	2,494	2,496	2,499	2,501	2,504
98	2,506	2,509	2,512	2,514	2,517	2,519	2,522	2,524	2,527	2,529
99	2,532	2,535	2,537	2,540	2,542	2,545	2,547	2,550	2,552	2,555
100	2,558	2,560	2,563	2,565	2,568	2,570	2,573	2,575	2,578	2,581

Пересчет *мг* Ca^{2+} на *мг-экв*

(эквивалентный вес Ca^{2+}=20,04)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
1	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095
2	0,100	0,105	0,110	0,115	0,120	0,125	0,130	0,135	0,140	0,145
3	0,150	0,155	0,160	0,165	0,170	0,175	0,180	0,185	0,190	0,195
4	0,200	0,205	0,210	0,215	0,220	0,225	0,230	0,235	0,240	0,245
5	0,250	0,254	0,259	0,264	0,269	0,274	0,279	0,284	0,289	0,294
6	0,299	0,304	0,309	0,314	0,319	0,324	0,329	0,334	0,339	0,344
7	0,349	0,354	0,359	0,364	0,369	0,374	0,379	0,384	0,389	0,394
8	0,399	0,404	0,409	0,414	0,419	0,424	0,429	0,434	0,439	0,444
9	0,449	0,454	0,459	0,464	0,469	0,474	0,479	0,484	0,489	0,494
10	0,499	0,504	0,509	0,514	0,519	0,524	0,529	0,534	0,539	0,544
11	0,549	0,554	0,559	0,564	0,569	0,574	0,579	0,584	0,589	0,594
12	0,599	0,604	0,609	0,614	0,619	0,624	0,629	0,634	0,639	0,644
13	0,649	0,654	0,659	0,664	0,669	0,674	0,679	0,684	0,689	0,694
14	0,699	0,704	0,709	0,714	0,719	0,724	0,729	0,734	0,739	0,744
15	0,749	0,753	0,758	0,763	0,768	0,773	0,778	0,783	0,788	0,793
16	0,798	0,803	0,808	0,813	0,818	0,823	0,828	0,833	0,838	0,843
17	0,848	0,853	0,858	0,863	0,868	0,873	0,878	0,883	0,888	0,893
18	0,898	0,903	0,908	0,913	0,918	0,923	0,928	0,933	0,938	0,943
19	0,948	0,953	0,958	0,963	0,968	0,973	0,978	0,983	0,988	0,993
20	0,998	1,003	1,008	1,013	1,018	1,023	1,028	1,033	1,038	1,043
21	1,048	1,053	1,058	1,063	1,068	1,073	1,078	1,083	1,088	1,093
22	1,098	1,103	1,108	1,113	1,118	1,123	1,128	1,133	1,138	1,143
23	1,148	1,153	1,158	1,163	1,168	1,173	1,178	1,183	1,188	1,193
24	1,198	1,203	1,208	1,213	1,218	1,223	1,228	1,233	1,238	1,243
25	1,248	1,252	1,257	1,262	1,267	1,272	1,277	1,282	1,287	1,292
26	1,297	1,302	1,307	1,312	1,317	1,322	1,327	1,332	1,337	1,342
27	1,347	1,352	1,357	1,362	1,367	1,372	1,377	1,382	1,387	1,392
28	1,397	1,402	1,407	1,412	1,417	1,422	1,427	1,432	1,437	1,442
29	1,447	1,452	1,457	1,462	1,467	1,472	1,477	1,482	1,487	1,492
30	1,497	1,502	1,507	1,512	1,517	1,522	1,527	1,532	1,537	1,542
31	1,547	1,552	1,557	1,562	1,567	1,572	1,577	1,582	1,587	1,592
32	1,597	1,602	1,607	1,612	1,617	1,622	1,627	1,632	1,637	1,642
33	1,647	1,652	1,657	1,662	1,667	1,672	1,677	1,682	1,687	1,692
34	1,697	1,702	1,707	1,712	1,717	1,722	1,727	1,732	1,737	1,742
35	1,747	1,751	1,756	1,761	1,766	1,771	1,776	1,781	1,786	1,791

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	1,796	1,801	1,806	1,811	1,816	1,821	1,826	1,831	1,836	1,841
37	1,846	1,851	1,856	1,861	1,866	1,871	1,876	1,881	1,886	1,891
38	1,896	1,901	1,906	1,911	1,916	1,921	1,926	1,931	1,936	1,941
39	1,946	1,951	1,956	1,961	1,966	1,971	1,976	1,981	1,986	1,991
40	1,996	2,001	2,006	2,011	2,016	2,021	2,026	2,031	2,036	2,041
41	2,046	2,051	2,056	2,061	2,066	2,071	2,076	2,081	2,086	2,091
42	2,096	2,101	2,106	2,111	2,116	2,121	2,126	2,131	2,136	2,141
43	2,146	2,151	2,156	2,161	2,166	2,171	2,176	2,181	2,186	2,191
44	2,196	2,201	2,206	2,211	2,216	2,221	2,226	2,231	2,236	2,241
45	2,246	2,250	2,255	2,260	2,265	2,270	2,275	2,280	2,285	2,290
46	2,295	2,300	2,305	2,310	2,315	2,320	2,325	2,330	2,335	2,340
47	2,345	2,350	2,355	2,360	2,365	2,370	2,375	2,380	2,385	2,390
48	2,395	2,400	2,405	2,410	2,415	2,420	2,425	2,430	2,435	2,440
49	2,445	2,450	2,455	2,460	2,465	2,470	2,475	2,480	2,485	2,490
50	2,495	2,500	2,505	2,510	2,515	2,520	2,525	2,530	2,535	2,540
51	2,545	2,550	2,555	2,560	2,565	2,570	2,575	2,580	2,585	2,590
52	2,595	2,600	2,605	2,610	2,615	2,620	2,625	2,630	2,635	2,640
53	2,645	2,650	2,655	2,660	2,665	2,670	2,675	2,680	2,685	2,690
54	2,695	2,700	2,705	2,710	2,715	2,720	2,725	2,730	2,735	2,740
55	2,745	2,749	2,754	2,759	2,764	2,769	2,774	2,779	2,784	2,789
56	2,794	2,799	2,804	2,809	2,814	2,819	2,824	2,829	2,834	2,839
57	2,844	2,849	2,854	2,859	2,864	2,869	2,874	2,879	2,884	2,889
58	2,894	2,899	2,904	2,909	2,914	2,919	2,924	2,929	2,934	2,939
59	2,944	2,949	2,954	2,959	2,964	2,969	2,974	2,979	2,984	2,989
60	2,994	2,999	3,004	3,009	3,014	3,019	3,024	3,029	3,034	3,039
61	3,044	3,049	3,054	3,059	3,064	3,069	3,074	3,079	3,084	3,089
62	3,094	3,099	3,104	3,109	3,114	3,119	3,124	3,129	3,134	3,139
63	3,144	3,149	3,154	3,159	3,164	3,169	3,174	3,179	3,184	3,189
64	3,194	3,199	3,204	3,209	3,214	3,219	3,224	3,229	3,234	3,239
65	3,244	3,248	3,253	3,258	3,263	3,268	3,273	3,278	3,283	3,288
66	3,293	3,298	3,303	3,308	3,313	3,318	3,323	3,328	3,333	3,338
67	3,343	3,348	3,353	3,358	3,363	3,368	3,373	3,378	3,383	3,388
68	3,393	3,398	3,403	3,408	3,413	3,418	3,423	3,428	3,433	3,438
69	3,443	3,448	3,453	3,458	3,463	3,468	3,473	3,478	3,483	3,488
70	3,493	3,498	3,503	3,508	3,513	3,518	3,523	3,528	3,533	3,538
71	3,543	3,548	3,553	3,558	3,563	3,568	3,573	3,578	3,583	3,588
72	3,593	3,598	3,603	3,608	3,613	3,618	3,623	3,628	3,633	3,638
73	3,643	3,648	3,653	3,658	3,663	3,668	3,673	3,678	3,683	3,688
74	3,693	3,698	3,703	3,708	3,713	3,718	3,723	3,728	3,733	3,738

Целые мг	Десятые доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
75	3,743	3,747	3,752	3,757	3,762	3,767	3,772	3,777	3,782	3,787
76	3,792	3,797	3,802	3,807	3,812	3,817	3,822	3,827	3,832	3,837
77	3,842	3,847	3,852	3,857	3,862	3,867	3,872	3,877	3,882	3,887
78	3,892	3,897	3,902	3,907	3,912	3,917	3,922	3,927	3,932	3,937
79	3,942	3,947	3,952	3,957	3,962	3,967	3,972	3,977	3,982	3,987
80	3,992	3,997	4,002	4,007	4,012	4,017	4,022	4,027	4,032	4,037
81	4,042	4,047	4,052	4,057	4,062	4,067	4,072	4,077	4,082	4,087
82	4,092	4,097	4,102	4,107	4,112	4,117	4,122	4,127	4,132	4,137
83	4,142	4,147	4,152	4,157	4,162	4,167	4,172	4,177	4,182	4,187
84	4,192	4,197	4,202	4,207	4,212	4,217	4,222	4,227	4,232	4,237
85	4,242	4,246	4,251	4,256	4,261	4,266	4,271	4,276	4,281	4,286
86	4,291	4,296	4,301	4,306	4,311	4,316	4,321	4,326	4,331	4,336
87	4,341	4,346	4,351	4,356	4,361	4,366	4,371	4,376	4,381	4,386
88	4,391	4,396	4,401	4,406	4,411	4,416	4,421	4,426	4,431	4,436
89	4,441	4,446	4,451	4,456	4,461	4,466	4,471	4,476	4,481	4,486
90	4,491	4,496	4,501	4,506	4,511	4,516	4,521	4,526	4,531	4,536
91	4,541	4,546	4,551	4,556	4,561	4,566	4,571	4,576	4,581	4,586
92	4,591	4,596	4,601	4,606	4,611	4,616	4,621	4,626	4,631	4,636
93	4,641	4,646	4,651	4,656	4,661	4,666	4,671	4,676	4,681	4,686
94	4,691	4,696	4,701	4,706	4,711	4,716	4,721	4,726	4,731	4,736
95	4,741	4,745	4,750	4,755	4,760	4,765	4,770	4,775	4,780	4,785
96	4,790	4,795	4,800	4,805	4,810	4,815	4,820	4,825	4,830	4,835
97	4,840	4,845	4,850	4,855	4,860	4,865	4,870	4,875	4,880	4,885
98	4,890	4,895	4,900	4,905	4,910	4,915	4,920	4,925	4,930	4,935
99	4,940	4,945	4,950	4,955	4,960	4,965	4,970	4,975	4,980	4,985
100	4,990	4,995	5,000	5,005	5,010	5,015	5,020	5,025	5,030	5,035

мг	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000	10 000
мг-экв	49,90	99,80	149,70	199,60	249,50	299,40	349,30	399,20	449,10	499,00

Пересчет *мг* Mg^{2+} на *мг-экв*

(эквивалентный вес Mg^{2+}=12,16)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07
1	0,082	0,090	0,099	0,107	0,115	0,123	0,132	0,140	0,148	0,156
2	0,164	0,173	0,181	0,189	0,197	0,206	0,214	0,222	0,230	0,238
3	0,247	0,255	0,263	0,271	0,280	0,288	0,296	0,304	0,313	0,321
4	0,329	0,337	0,345	0,354	0,362	0,370	0,378	0,387	0,395	0,403
5	0,411	0,419	0,428	0,436	0,444	0,452	0,460	0,469	0,477	0,485
6	0,493	0,502	0,510	0,518	0,526	0,535	0,543	0,551	0,559	0,567
7	0,576	0,584	0,592	0,600	0,609	0,617	0,625	0,633	0,641	0,650
8	0,658	0,666	0,674	0,683	0,691	0,699	0,707	0,716	0,724	0,732
9	0,740	0,748	0,757	0,765	0,773	0,781	0,789	0,798	0,806	0,814
10	0,822	0,831	0,839	0,847	0,855	0,863	0,872	0,880	0,888	0,896
11	0,905	0,913	0,921	0,929	0,938	0,946	0,954	0,962	0,970	0,979
12	0,987	0,995	1,003	1,012	1,020	1,028	1,036	1,044	1,053	1,061
13	1,069	1,077	1,086	1,094	1,102	1,110	1,118	1,127	1,135	1,143
14	1,151	1,160	1,168	1,176	1,184	1,192	1,201	1,209	1,217	1,225
15	1,234	1,242	1,250	1,258	1,267	1,275	1,283	1,291	1,299	1,308
16	1,316	1,324	1,332	1,341	1,349	1,357	1,365	1,373	1,382	1,390
17	1,398	1,406	1,415	1,423	1,431	1,439	1,447	1,456	1,464	1,472
18	1,480	1,489	1,497	1,505	1,513	1,521	1,530	1,538	1,546	1,554
19	1,563	1,571	1,579	1,587	1,595	1,604	1,612	1,620	1,628	1,637
20	1,645	1,653	1,661	1,669	1,678	1,686	1,694	1,702	1,711	1,719
21	1,727	1,736	1,744	1,752	1,760	1,769	1,777	1,785	1,793	1,801
22	1,809	1,817	1,826	1,834	1,842	1,850	1,859	1,867	1,875	1,883
23	1,892	1,900	1,908	1,916	1,924	1,933	1,941	1,949	1,957	1,966
24	1,974	1,982	1,990	1,998	2,007	2,015	2,023	2,031	2,040	2,048
25	2,056	2,064	2,072	2,081	2,089	2,097	2,105	2,114	2,122	2,130
26	2,138	2,146	2,155	2,163	2,171	2,179	2,188	2,196	2,204	2,212
27	2,220	2,229	2,237	2,245	2,253	2,262	2,270	2,278	2,286	2,294
28	2,303	2,311	2,319	2,327	2,336	2,344	2,352	2,360	2,369	2,377
29	2,385	2,393	2,401	2,410	2,418	2,426	2,434	2,443	2,451	2,459
30	2,467	2,475	2,484	2,492	2,500	2,508	2,516	2,525	2,533	2,541
31	2,549	2,558	2,566	2,574	2,582	2,591	2,599	2,607	2,615	2,623
32	2,632	2,640	2,648	2,657	2,665	2,673	2,681	2,690	2,698	2,706
33	2,714	2,722	2,730	2,739	2,747	2,755	2,763	2,771	2,780	2,788
34	2,796	2,804	2,813	2,821	2,829	2,837	2,845	2,854	2,862	2,870
35	2,878	2,887	2,895	2,903	2,911	2,919	2,928	2,936	2,944	2,952

Целые *м*	Десятые доли *м*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	2,961	2,969	2,977	2,985	2,993	3,002	3,010	3,018	3,026	3,035
37	3,043	3,051	3,059	3,068	3,076	3,084	3,092	3,100	3,109	3,117
38	3,125	3,133	3,141	3,150	3,158	3,166	3,174	3,183	3,191	3,199
39	3,207	3,215	3,224	3,232	3,240	3,248	3,257	3,265	3,273	3,281
40	3,290	3,298	3,306	3,314	3,322	3,331	3,339	3,347	3,355	3,364
41	3,372	3,380	3,388	3,396	3,405	3,413	3,421	3,429	3,438	3,446
42	3,454	3,462	3,470	3,479	3,487	3,495	3,503	3,512	3,520	3,528
43	3,536	3,544	3,553	3,561	3,569	3,577	3,586	3,594	3,602	3,610
44	3,618	3,627	3,635	3,643	3,651	3,660	3,668	3,676	3,684	3,692
45	3,701	3,709	3,717	3,725	3,734	3,742	3,750	3,758	3,767	3,775
46	3,783	3,791	3,799	3,808	3,816	3,824	3,832	3,841	3,849	3,857
47	3,865	3,873	3,882	3,890	3,898	3,906	3,915	3,923	3,931	3,939
48	3,947	3,956	3,964	3,972	3,980	3,989	3,997	4,005	4,013	4,021
49	4,030	4,038	4,046	4,054	4,063	4,071	4,079	4,087	4,095	4,104
50	4,112	4,120	4,128	4,137	4,145	4,153	4,161	4,170	4,178	4,186
51	4,194	4,202	4,211	4,219	4,227	4,235	4,243	4,252	4,260	4,268
52	4,276	4,285	4,293	4,301	4,309	4,317	4,326	4,334	4,342	4,350
53	4,359	4,367	4,375	4,383	4,392	4,400	4,408	4,416	4,424	4,433
54	4,441	4,449	4,457	4,466	4,474	4,482	4,490	4,498	4,507	4,515
55	4,523	4,531	4,539	4,548	4,556	4,564	4,572	4,581	4,589	4,597
56	4,605	4,614	4,622	4,630	4,638	4,646	4,655	4,663	4,671	4,679
57	4,688	4,696	4,704	4,712	4,720	4,729	4,737	4,745	4,753	4,762
58	4,770	4,778	4,786	4,795	4,803	4,811	4,819	4,827	4,836	4,844
59	4,852	4,860	4,868	4,877	4,885	4,893	4,901	4,910	4,913	4,926
60	4,934	4,942	4,951	4,959	4,967	4,975	4,984	4,992	5,000	5,009
61	5,017	5,025	5,033	5,041	5,049	5,058	5,066	5,074	5,082	5,091
62	5,099	5,107	5,115	5,123	5,132	5,140	5,148	5,156	5,165	5,173
63	5,181	5,189	5,197	5,206	5,214	5,222	5,230	5,239	5,247	5,255
64	5,263	5,271	5,280	5,288	5,296	5,304	5,313	5,321	5,329	5,337
65	5,345	5,354	5,362	5,370	5,378	5,387	5,395	5,403	5,411	5,419
66	5,428	5,436	5,444	5,452	5,461	5,469	5,477	5,485	5,493	5,502
67	5,510	5,518	5,526	5,535	5,543	5,551	5,559	5,568	5,576	5,584
68	5,592	5,600	5,609	5,617	5,625	5,633	5,641	5,650	5,658	5,666
69	5,674	5,683	5,691	5,699	5,707	5,716	5,724	5,732	5,740	5,748
70	5,757	5,765	5,773	5,781	5,790	5,798	5,806	5,814	5,822	5,831
71	5,839	5,847	5,855	5,864	5,872	5,880	5,888	5,897	5,905	5,913
72	5,921	5,929	5,937	5,946	5,954	5,962	5,970	5,979	5,987	5,995
73	6,003	6,012	6,020	6,028	6,036	6,044	6,053	6,061	6,069	6,077
74	6,086	6,094	6,102	6,110	6,119	6,127	6,135	6,143	6,151	6,160

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
75	6,168	6,176	6,184	6,193	6,201	6,209	6,217	6,226	6,234	6,242
76	6,250	6,258	6,266	6,275	6,283	6,291	6,299	6,308	6,316	6,324
77	6,332	6,341	6,349	6,357	6,365	6,373	6,382	6,390	6,398	6,406
78	6,414	6,423	6,431	6,439	6,447	6,456	6,464	6,472	6,480	6,488
79	6,497	6,505	6,513	6,522	6,530	6,538	6,545	6,554	6,563	6,571
80	6,580	6,587	6,595	6,604	6,612	6,620	6,628	6,637	6,645	6,653
81	6,661	6,670	6,678	6,686	6,694	6,702	6,711	6,719	6,727	6,735
82	6,743	6,752	6,760	6,768	6,776	6,785	6,793	6,801	6,809	6,817
83	6,826	6,834	6,842	6,850	6,859	6,867	6,875	6,883	6,892	6,900
84	6,908	6,916	6,924	6,933	6,941	6,949	6,957	6,966	6,974	6,982
85	6,990	6,998	7,007	7,015	7,023	7,031	7,040	7,048	7,056	7,064
86	7,073	7,081	7,089	7,097	7,105	7,114	7,122	7,130	7,138	7,147
87	7,155	7,163	7,171	7,179	7,188	7,196	7,204	7,212	7,221	7,229
88	7,237	7,245	7,253	7,262	7,270	7,278	7,286	7,294	7,303	7,311
89	7,319	7,327	7,336	7,344	7,352	7,360	7,369	7,377	7,385	7,393
90	7,401	7,410	7,418	7,426	7,434	7,442	7,451	7,459	7,467	7,475
91	7,484	7,492	7,500	7,508	7,517	7,525	7,533	7,541	7,549	7,558
92	7,566	7,574	7,582	7,591	7,599	7,607	7,615	7,623	7,632	7,640
93	7,648	7,656	7,664	7,673	7,681	7,689	7,697	7,706	7,714	7,722
94	7,730	7,739	7,747	7,755	7,763	7,771	7,780	7,788	7,796	7,804
95	7,813	7,821	7,829	7,837	7,845	7,854	7,862	7,870	7,878	7,887
96	7,895	7,903	7,911	7,920	7,928	7,936	7,944	7,952	7,961	7,969
97	7,977	7,985	7,993	8,002	8,010	8,018	8,026	8,035	8,043	8,051
98	8,059	8,068	8,076	8,084	8,092	8,100	8,109	8,117	8,125	8,133
99	8,142	8,150	8,158	8,166	8,175	8,183	8,191	8,199	8,207	8,216
100	8,224	8,232	8,240	8,249	8,257	8,265	8,273	8,281	8,290	8,298
мг	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000	10 000
мг-экв	82,24	164,47	246,71	328,95	411,18	493,42	575,66	657,90	740,13	822,37

Пересчет *мг* Fe^{2+} на *мг-экв*

(эквивалентный вес Fe^{2+}=27,925)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,01	0,01	0.01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
1	0,036	0,039	0,043	0,047	0,050	0,054	0,057	0,061	0,065	0,068
2	0,072	0,075	0,079	0,082	0,086	0,090	0,093	0,097	0,100	0,104
3	0,107	0,110	0,115	0,118	0,122	0,125	0,129	0,133	0,136	0,140
4	0,143	0,147	0,150	0,154	0,158	0,161	0,165	0,168	0,172	0,175
5	0,179	0,183	0,186	0,190	0,193	0,197	0,201	0,204	0,208	0,211
6	0,215	0,218	0,222	0,226	0,229	0,233	0,236	0,240	0,244	0,247
7	0,251	0,254	0,258	0,261	0,265	0,269	0,272	0,276	0,279	0,283
8	0,286	0,290	0,294	0,297	0,301	0,304	0,308	0,312	0,315	0,319
9	0,322	0,326	0,329	0,333	0,337	0,340	0,344	0,347	0,351	0,355
10	0,358	0,362	0,365	0,369	0,372	0,376	0,380	0,383	0,387	0,390
11	0,394	0,397	0,401	0,405	0,408	0,412	0,415	0,419	0,423	0,426
12	0,430	0,433	0,437	0,440	0,444	0,448	0,451	0,455	0,458	0,462
13	0,466	0,469	0,473	0,476	0,480	0,483	0,487	0,491	0,494	0,498
14	0,501	0,505	0,509	0,512	0,516	0,519	0,523	0,526	0,530	0,534
15	0,537	0,541	0,544	0,548	0,551	0,555	0,559	0,562	0,566	0,569
16	0,573	0,577	0,580	0,584	0,587	0,591	0,594	0,598	0,602	0,605
17	0,609	0,612	0,616	0,620	0,623	0,627	0,630	0,634	0,637	0,641
18	0,645	0,648	0,652	0,655	0,659	0,662	0,666	0,670	0,673	0,677
19	0,680	0,684	0,688	0,691	0,695	0,698	0,702	0,705	0,709	0,712
20	0,716	0,720	0,723	0,727	0,731	0,734	0,738	0,741	0,745	0,748
21	0,752	0,756	0,759	0,763	0,766	0,770	0,773	0,777	0,781	0,784
22	0,788	0,791	0,795	0,799	0,802	0,806	0,809	0,813	0,816	0,820
23	0,824	0,827	0,831	0,834	0,838	0,842	0,845	0,849	0,852	0,856
24	0,859	0,863	0,867	0,870	0,874	0,877	0,881	0,885	0,888	0,892
25	0,895	0,899	0,902	0,906	0,910	0,913	0,917	0,920	0,924	0,927
26	0,931	0,935	0,938	0,942	0,945	0,949	0,953	0,956	0,960	0,963
27	0,967	0,970	0,974	0,978	0,981	0,985	0,988	0,992	0,996	0,999
28	1,003	1,006	1,010	1,013	1,017	1,021	1,024	1,028	1,031	1,035
29	1,038	1,042	1,046	1,049	1,053	1,056	1,060	1,064	1,067	1,071
30	1,074	1,078	1,081	1,085	1,089	1,092	1,096	1,099	1,103	1,107
31	1,110	1,114	1,117	1,121	1,124	1,128	1,132	1,135	1,139	1,142
32	1,146	1,150	1,153	1,157	1,160	1,164	1,167	1,171	1,175	1,178
33	1,182	1,185	1,189	1,192	1,196	1,200	1,203	1,207	1,210	1,214
34	1,218	1,221	1,225	1,228	1,232	1,235	1,239	1,243	1,246	1,250
35	1,253	1,257	1,261	1,264	1,258	1,271	1,275	1,278	1,282	1,286

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	1,289	1,293	1,296	1,300	1,303	1,307	1,311	1,314	1,318	1,321
37	1,325	1,329	1,332	1,336	1,339	1,343	1,346	1,350	1,354	1,357
38	1,361	1,364	1,368	1,372	1,375	1,379	1,382	1,386	1,389	1,393
39	1,397	1,400	1,404	1,407	1,411	1,414	1,418	1,422	1,425	1,429
40	1,432	1,436	1,440	1,443	1,447	1,450	1,454	1,457	1,461	1,465
41	1,468	1,472	1,476	1,479	1,483	1,486	1,490	1,493	1,497	1,500
42	1,504	1,508	1,511	1,515	1,518	1,522	1,526	1,529	1,533	1,536
43	1,540	1,543	1,547	1,551	1,554	1,558	1,561	1,565	1,568	1,572
44	1,576	1,579	1,583	1,586	1,590	1,594	1,597	1,601	1,604	1,608
45	1,611	1,615	1,619	1,622	1,626	1,629	1,633	1,637	1,640	1,644
46	1,647	1,651	1,654	1,658	1,662	1,665	1,669	1,672	1,676	1,679
47	1,683	1,687	1,690	1,694	1,697	1,701	1,705	1,708	1,712	1,715
48	1,719	1,722	1,726	1,730	1,733	1,737	1,740	1,744	1,748	1,751
49	1,755	1,758	1,762	1,765	1,769	1,773	1,776	1,780	1,783	1,787
50	1,791	1,794	1,798	1,801	1,805	1,808	1,812	1,816	1,819	1,823
51	1,826	1,830	1,833	1,837	1,841	1,844	1,848	1,851	1,855	1,859
52	1,862	1,866	1,869	1,873	1,876	1,880	1,884	1,887	1,891	1,894
53	1,898	1,902	1,905	1,907	1,912	1,916	1,919	1,923	1,927	1,930
54	1,934	1,937	1,941	1,944	1,948	1,952	1,955	1,959	1,962	1,966
55	1,970	1,973	1,977	1,980	1,984	1,987	1,991	1,995	1,998	2,002
56	2,005	2,009	2,013	2,016	2,020	2,023	2,027	2,030	2,034	2,038
57	2,041	2,045	2,048	2,052	2,056	2,059	2,063	2,066	2,070	2,073
58	2,077	2,081	2,084	2,088	2,091	2,095	2,098	2,102	2,106	2,109
59	2,113	2,116	2,120	2,124	2,127	2,131	2,134	2,138	2,141	2,145
60	2,149	2,152	2,156	2,159	2,163	2,167	2,170	2,174	2,177	2,181
61	2,184	2,188	2,192	2,195	2,199	2,202	2,206	2,209	2,213	2,217
62	2,220	2,224	2,227	2,231	2,235	2,238	2,242	2,245	2,249	2,252
63	2,256	2,260	2,263	2,267	2,270	2,274	2,278	2,281	2,285	2,288
64	2,292	2,295	2,299	2,303	2,306	2,310	2,313	2,317	2,321	2,324
65	2,328	2,331	2,335	2,338	2,342	2,346	2,349	2,353	2,356	2,360
66	2,363	2,367	2,371	2,374	2,378	2,381	2,385	2,389	2,392	2,396
67	2,399	2,403	2,406	2,410	2,414	2,417	2,421	2,424	2,428	2,432
68	2,435	2,439	2,442	2,446	2,449	2,453	2,457	2,460	2,464	2,467
69	2,471	2,474	2,478	2,482	2,485	2,489	2,492	2,496	2,500	2,503
70	2,507	2,510	2,514	2,517	2,521	2,525	2,528	2,532	2,535	2,539
71	2,543	2,546	2,550	2,553	2,557	2,560	2,564	2,568	2,571	2,575
72	2,578	2,582	2,585	2,589	2,593	2,596	2,600	2,603	2,607	2,611
73	2,614	2,618	2,621	2,625	2,628	2,632	2,636	2,639	2,643	2,646
74	2,650	2,654	2,657	2,661	2,664	2,668	2,671	2,675	2,679	2,682

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
75	2,686	2,689	2,693	2,697	2,700	2,704	2,707	2,711	2,714	2,718
76	2,722	2,725	2,729	2,732	2,736	2,739	2,743	2,747	2,750	2,754
77	2,757	2,761	2,765	2,768	2,772	2,775	2,779	2,782	2,786	2,790
78	2,793	2,797	2,800	2,804	2,808	2,811	2,815	2,818	2,822	2,825
79	2,829	2,833	2,836	2,840	2,843	2,847	2,850	2,854	2,858	2,861
80	2,865	2,868	2,872	2,876	2,879	2,883	2,886	2,890	2,893	2,897
81	2,901	2,904	2,908	2,911	2,915	2,919	2,922	2,926	2,929	2,933
82	2,936	2,940	2,944	2,947	2,951	2,954	2,958	2,962	2,965	2,969
83	2,972	2,976	2,979	2,983	2,987	2,990	2,994	2,997	3,001	3,004
84	3,008	3,012	3,015	3,019	3,022	3,026	3,030	3,033	3,037	3,040
85	3,044	3,047	3,051	3,055	3,058	3,062	3,065	3,069	3,073	3,076
86	3,080	3,083	3,087	3,090	3,094	3,098	3,101	3,105	3,108	3,112
87	3,115	3,119	3,123	3,126	3,130	3,133	3,137	3,141	3,144	3,148
88	3,151	3,155	3,158	3,162	3,166	3,169	3,173	3,176	3,180	3,184
89	3,187	3,191	3,194	3,198	3,201	3,205	3,209	3,212	3,216	3,219
90	3,223	3,226	3,230	3,234	3,237	3,241	3,244	3,248	3,252	3,255
91	3,259	3,262	3,266	3,269	3,273	3,277	3,280	3,284	3,287	3,291
92	3,295	3,298	3,302	3,305	3,309	3,312	3,316	3,320	3,323	3,327
93	3,330	3,334	3,338	3,341	3,345	3,348	3,352	3,355	3,359	3,363
94	3,366	3,370	3,373	3,377	3,380	3,384	3,388	3,391	3,395	3,398
95	3,402	3,406	3,409	3,413	3,416	3,420	3,423	3,427	3,431	3,434
96	3,438	3,441	3,445	3,449	3,452	3,456	3,459	3,463	3,466	3,470
97	3,474	3,477	3,481	3,484	3,488	3,491	3,495	3,499	3,502	3,506
98	3,509	3,513	3,517	3,520	3,524	3,527	3,531	3,534	3,538	3,542
99	3,545	3,549	3,552	3,556	3,560	3,563	3,567	3,570	3,574	3,577
100	3,581	3,585	3,588	3,592	3,595	3,599	3,603	3,606	3,610	3,613

мг	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
мг-экв	7,162	10,743	14,324	17,905	21,486	25,067	28,648	32,229	35,810	

Пересчет *мг* Fe^{3+} на *мг-экв*

(эквивалентный вес Fe^{3+} = 18,6167)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
1	0,054	0,059	0,064	0,070	0,075	0,081	0,086	0,091	0,097	0,102
2	0,107	0,113	0,118	0,124	0,129	0,134	0,140	0,145	0,150	0,156
3	0,161	0,167	0,172	0,177	0,183	0,188	0,193	0,199	0,204	0,209
4	0,215	0,220	0,226	0,231	0,236	0,242	0,247	0,252	0,258	0,263
5	0,269	0,274	0,279	0,285	0,290	0,295	0,301	0,306	0,312	0,317
6	0,322	0,328	0,333	0,338	0,344	0,349	0,355	0,360	0,365	0,371
7	0,376	0,381	0,387	0,392	0,397	0,403	0,408	0,414	0,419	0,424
8	0,430	0,435	0,440	0,446	0,451	0,457	0,462	0,467	0,473	0,478
9	0,483	0,489	0,494	0,500	0,505	0,510	0,516	0,521	0,526	0,532
10	0,537	0,543	0,548	0,553	0,559	0,564	0,569	0,575	0,580	0,585
11	0,591	0,596	0,602	0,607	0,612	0,618	0,623	0,628	0,634	0,639
12	0,645	0,650	0,655	0,661	0,666	0,671	0,677	0,682	0,688	0,693
13	0,698	0,704	0,709	0,714	0,720	0,725	0,731	0,736	0,741	0,747
14	0,752	0,757	0,763	0,768	0,773	0,779	0,784	0,790	0,795	0,800
15	0,806	0,811	0,816	0,822	0,827	0,833	0,838	0,843	0,849	0,854
16	0,859	0,865	0,870	0,876	0,881	0,886	0,892	0,897	0,902	0,908
17	0,913	0,919	0,924	0,929	0,935	0,940	0,945	0,951	0,956	0,962
18	0,967	0,972	0,978	0,983	0,988	0,994	0,999	1,004	1,010	1,015
19	1,021	1,026	1,031	1,037	1,042	1,047	1,053	1,058	1,064	1,069
20	1,074	1,080	1,085	1,090	1,096	1,101	1,107	1,112	1,117	1,123
21	1,128	1,133	1,139	1,144	1,150	1,155	1,160	1,166	1,171	1,176
22	1,182	1,187	1,192	1,198	1,203	1,209	1,214	1,219	1,225	1,230
23	1,235	1,241	1,246	1,252	1,257	1,262	1,268	1,273	1,278	1,284
24	1,289	1,295	1,300	1,305	1,311	1,316	1,321	1,327	1,332	1,338
25	1,343	1,348	1,354	1,359	1,364	1,370	1,375	1,380	1,386	1,391
26	1,397	1,402	1,407	1,413	1,418	1,423	1,429	1,434	1,440	1,445
27	1,450	1,456	1,461	1,466	1,472	1,477	1,483	1,488	1,493	1,499
28	1,504	1,509	1,515	1,520	1,526	1,531	1,536	1,542	1,547	1,552
29	1,558	1,563	1,568	1,574	1,579	1,585	1,590	1,595	1,601	1,606

Целые мг	Десятые доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	1,611	1,617	1,622	1,628	1,633	1,636	1,644	1,649	1,654	1,660
31	1,665	1,671	1,676	1,681	1,687	1,692	1,697	1,703	1,708	1,714
32	1,719	1,724	1,730	1,735	1,740	1,746	1,751	1,756	1,762	1,767
33	1,773	1,778	1,783	1,789	1,794	1,799	1,805	1,810	1,816	1,821
34	1,826	1,832	1,837	1,842	1,848	1,853	1,859	1,864	1,869	1,875
35	1,880	1,885	1,891	1,896	1,902	1,907	1,912	1,918	1,923	1,928
36	1,934	1,939	1,944	1,950	1,955	1,961	1,966	1,971	1,977	1,982
37	1,987	1,993	1,998	2,004	2,009	2,014	2,020	2,025	2,030	2,036
38	2,041	2,047	2,052	2,057	2,063	2,068	2,073	2,079	2,084	2,090
39	2,095	2,100	2,106	2,111	2,116	2,122	2,127	2,132	2,138	2,143
40	2,149	2,154	2,159	2,165	2,170	2,175	2,181	2,186	2,192	2,197
41	2,202	2,208	2,213	2,218	2,224	2,229	2,235	2,240	2,245	2,251
42	2,256	2,261	2,267	2,272	2,278	2,283	2,288	2,294	2,299	2,304
43	2,310	2,315	2,320	2,326	2,331	2,337	2,342	2,347	2,353	2,358
44	2,363	2,369	2,374	2,380	2,385	2,390	2,396	2,401	2,406	2,412
45	2,417	2,423	2,428	2,433	2,439	2,444	2,449	2,455	2,460	2,466
46	2,471	2,476	2,482	2,487	2,492	2,498	2,503	2,509	2,514	2,519
47	2,525	2,530	2,535	2,541	2,546	2,551	2,557	2,562	2,568	2,573
48	2,578	2,584	2,589	2,594	2,600	2,605	2,611	2,616	2,621	2,627
49	2,632	2,637	2,643	2,648	2,654	2,659	2,664	2,670	2,675	2,680
50	2,686	2,691	2,637	2,702	2,707	2,713	2,718	2,723	2,729	2,734

Пересчет *мг* Al^{3+} на *мг-экв*

(эквивалентный вес Al^{3+}=8,9933)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0.01	0,02	0,03	0,04	0.06	0.07	0,08	0,09	0,10
1	0,111	0,122	0,133	0,145	0,156	0,167	0,178	0,189	0,200	0,211
2	0,222	0,234	0,245	0,256	0,267	0,278	0,289	0,300	0,311	0,323
3	0,334	0,345	0,356	0,367	0,378	0,389	0,400	0,412	0,423	0,434
4	0,445	0,456	0,467	0,478	0,489	0,501	0,512	0,523	0,534	0,545
5	0,556	0,567	0,578	0,590	0,601	0,612	0,623	0,634	0,645	0,656
6	0,667	0,679	0,690	0,701	0,712	0,723	0,734	0,745	0,756	0,767
7	0,779	0,790	0,801	0,812	0,823	0,834	0,845	0,856	0,868	0,879
8	0,890	0,901	0,912	0,923	0,934	0,945	0,957	0,968	0,979	0,990
9	1,001	1,012	1,023	1,034	1,046	1,057	1,068	1,079	1,090	1,101
10	1,112	1,123	1,135	1,146	1,157	1,168	1,179	1,190	1,201	1,212
11	1,223	1,234	1,245	1,256	1,268	1,279	1,290	1,301	1,312	1,323
12	1,334	1,345	1,357	1,368	1,379	1,390	1,401	1,412	1,423	1,434
13	1,446	1,457	1,468	1,479	1,490	1,501	1,512	1,523	1,534	1,546
14	1,557	1,568	1,579	1,590	1,601	1,612	1,623	1,635	1,646	1,657
15	1,668	1,679	1,690	1,701	1,712	1,724	1,735	1,746	1,757	1,768
16	1,779	1,790	1,801	1,812	1,824	1,835	1,846	1,857	1,868	1,879
17	1,890	1,901	1,913	1,924	1,935	1,946	1,957	1,968	1,979	1,990
18	2,001	2,013	2,024	2,035	2,046	2,057	2,068	2,079	2,090	2,102
19	2,113	2,124	2,135	2,146	2,157	2,168	2,179	2,191	2,202	2,213
20	2,224	2,235	2,246	2,257	2,268	2,279	2,291	2,302	2,313	2,324
21	2,335	2,346	2,357	2,368	2,380	2,391	2,402	2,413	2,424	2,435
22	2,446	2,457	2,469	2,480	2,491	2,502	2,513	2,524	2,535	2,546
23	2,557	2,569	2,580	2,591	2,602	2,613	2,624	2,635	2,646	2,658
24	2,669	2,680	2,691	2,702	2,713	2,724	2,735	2,746	2,758	2,769
25	2,780	2,791	2,802	2,813	2,824	2,835	2,847	2,858	2,869	2,880
26	2,891	2,902	2,913	2,924	2,936	2,947	2,958	2,969	2,980	2,991
27	3,002	3,013	3,024	3,036	3,047	3,058	3,069	3,080	3,091	3,102
28	3,113	3,125	3,136	3,147	3,158	3,169	3,180	3,191	3,202	3,214
29	3,225	3,236	3,247	3,258	3,269	3,280	3,291	3,302	3,314	3,325

Целые мг	Десятые доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	3,336	3,347	3,358	3,369	3,380	3,391	3,403	3,414	3,425	3,436
31	3,447	3,458	3,469	3,480	3,491	3,503	3,514	3,525	3,536	3,547
32	3,558	3,569	3,580	3,592	3,603	3,614	3,625	3,636	3,647	3,658
33	3,669	3,681	3,692	3,703	3,714	3,725	3,736	3,747	3,758	3,769
34	3,781	3,792	3,803	3,814	3,825	3,836	3,847	3,858	3,870	3,881
35	3,892	3,903	3,914	3,925	3,936	3,947	3,959	3,970	3,981	3,992
36	4,003	4,014	4,025	4,036	4,047	4,059	4,070	4,081	4,092	4,103
37	4,114	4,125	4,136	4,148	4,159	4,170	4,181	4,192	4,203	4,214
38	4,225	4,236	4,248	4,259	4,270	4,281	4,292	4,303	4,314	4,325
39	4,337	4,348	4,359	4,370	4,381	4,392	4,403	4,414	4,426	4,437
40	4,448	4,459	4,470	4,481	4,492	4,503	4,514	4,526	4,537	4,548
41	4,559	4,570	4,581	4,592	4,603	4,615	4,626	4,637	4,648	4,659
42	4,670	4,681	4,692	4,704	4,715	4,726	4,737	4,748	4,759	4,770
43	4,781	4,792	4,804	4,815	4,826	4,837	4,848	4,859	4,870	4,881
44	4,893	4,904	4,915	4,926	4,937	4,948	4,959	4,970	4,981	4,993
45	5,004	5,015	5,026	5,037	5,048	5,059	5,070	5,082	5,093	5,104
46	5,115	5,126	5,137	5,148	5,159	5,171	5,182	5,193	5,204	5,215
47	5,226	5,237	5,248	5,259	5,271	5,282	5,293	5,304	5,315	5,326
48	5,337	5,348	5,360	5,371	5,382	5,393	5,404	5,415	5,426	5,437
49	5,449	5,460	5,471	5,482	5,493	5,504	5,515	5,526	5,537	5,549
50	5,560	5,571	5,582	5,593	5,604	5,615	5,626	5,638	5,649	5,660
90										

Таблица 21

Пересчет *мг* Mn^{++} на *мг-экв*

(эквивалентный вес Mn^{2+} = 27,47)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
1	0,036	0,040	0,044	0,047	0,051	0,055	0,058	0,062	0,066	0,069
2	0,073	0,076	0,080	0,084	0,087	0,091	0,095	0,098	0,102	0,106
3	0,109	0,113	0,117	0,120	0,124	0,127	0,131	0,135	0,138	0,142
4	0,146	0,149	0,153	0,157	0,160	0,164	0,167	0,171	0,175	0,178
5	0,182	0,186	0,189	0,193	0,197	0,200	0,204	0,208	0,211	0,215
6	0,218	0,222	0,226	0,229	0,233	0,237	0,240	0,244	0,248	0,251
7	0,255	0,259	0,262	0,266	0,269	0,273	0,277	0,280	0,284	0,288
8	0,291	0,295	0,299	0,302	0,306	0,309	0,313	0,317	0,320	0,324
9	0,328	0,331	0,335	0,339	0,342	0,346	0,350	0,353	0,357	0,360
10	0,364	0,368	0,371	0,375	0,379	0,382	0,386	0,390	0,393	0,397

мг	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
мг-экв	0.728	1.092	1,456	1,820	2.184	2.548	2.912	3.276	3.640	

Таблица 22

Пересчет *мг* Zn^{2+} на *мг-экв*

(эквивалентный вес Zn^{2+} = 32,69)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
1	0,031	0,034	0,037	0,040	0,043	0,046	0,049	0,052	0,055	0,058
2	0,061	0,064	0,067	0,070	0,073	0,076	0,080	0,083	0,086	0,089
3	0,092	0,095	0,098	0,101	0,104	0,107	0,110	0,113	0,116	0,119
4	0,122	0,125	0,128	0,132	0,135	0,138	0,141	0,144	0,147	0,150
5	0,153	0,156	0,159	0,162	0,165	0,168	0,171	0,174	0,177	0,180
6	0,184	0,187	0,190	0,193	0,196	0,199	0,202	0,205	0,208	0,211
7	0,214	0,217	0,220	0,223	0,226	0,229	0,232	0,236	0,239	0,242
8	0,245	0,248	0 251	0,254	0,257	0,260	0,263	0,266	0,269	0,272
9	0,275	0,278	0,281	0,284	0,288	0,291	0,294	0,297	0,300	0,303
10	0,306	0,309	0,312	0,315	0,318	0,321	0,324	0,327	0,330	0,333

мг	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
мг-экв	0.612	0,918	1,224	1,530	1,835	2,141	2,447	2,753	3,059	

Таблица 23

Пересчет *мг* Cu^{2+} на *мг-экв*

(эквивалентный вес Cu^{2+}=31,77)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0.00	0.01	0,01	0,01	0.02	0,02	0,02	0.03	0,03
1	0.031	0.035	0,038	0,041	0,044	0,047	0.050	0,054	0,057	0,060
2	0.063	0,066	0.069	0.072	0.076	0,079	0.082	0,085	0.088	0.091
3	0,094	0,098	0,101	0,104	0,107	0.110	0,113	0.116	0,120	0,123
4	0,126	0,129	0,132	0,135	0.138	0,142	0,145	0.148	0,151	0,154
5	0.157	0,161	0.164	0,167	0.170	0,173	0,176	0,179	0.183	0,186
6	0,189	0,192	0,195	0,198	0,201	0,205	0,208	0,211	0,214	0,217
7	0,220	0.223	0,227	0.230	0.233	0,236	0,239	0,242	0,246	0,249
8	0.252	0.255	0.258	0.261	0,264	0,268	0.271	0.274	0,277	0,280
9	0,283	0,286	0,290	0,293	0,296	0,299	0,302	0,305	0.308	0,312
10	0.315	0,318	0.321	0,324	0,327	0,331	0,334	0,337	0,340	0,343
мг	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
мг-экв	0,630	0,944	1,259	1,574	1,889	2,203	2,518	2,833	3,148	

Таблица 24

Пересчет *мг* NH_4^+ на *мг-экв*

(эквивалентный вес NH_4^+=18,040)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0.01	0,01	0,02	0,02	0.03	0.03	0,04	0.04	0,05
1	0,055	0.061	0,067	0.072	0,078	0,083	0,089	0,094	0,100	0,105
2	0.111	0.116	0.122	0,128	0,133	0,139	0.144	0,150	0,155	0,161
3	0.166	0,172	0,177	0,183	0.188	0.194	0.200	0,205	0,211	0,216
4	0,222	0.227	0,233	0,238	0.244	0,249	0,255	0.261	0,266	0,272
5	0,277	0.283	0,288	0,294	0,299	0,305	0.310	0.316	0.322	0,327
6	0,333	0.338	0.344	0,349	0,355	0,360	0.366	0.371	0,377	0.383
7	0,388	0,394	0.399	0,405	0.410	0,416	0,421	0.427	0,432	0,438
8	0.443	0,449	0,455	0,460	0,466	0,471	0,477	0,482	0,488	0,493
9	0,499	0,504	0,510	0,516	0,521	0,527	0,532	0,538	0,543	0,549
10	0,554	0,560	0,565	0,571	0,577	0,582	0,588	0,593	0,599	0,604

Пересчет *мг* Cl^- на *мг-экв*

(эквивалентный вес Cl^-=35,457)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
1	0,028	0,031	0,034	0,037	0,039	0,042	0,045	0,048	0,051	0,054
2	0,056	0,059	0,062	0,065	0,068	0,071	0,073	0,076	0,079	0,082
3	0,085	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	0,104	0,107	0,110
4	0,113	0,116	0,119	0,121	0,124	0,127	0,130	0,133	0,135	0,138
5	0,141	0,144	0,147	0,150	0,152	0,155	0,158	0,161	0,164	0,166
6	0,169	0,172	0,175	0,178	0,181	0,183	0,186	0,189	0,192	0,195
7	0,197	0,200	0,203	0,206	0,209	0,212	0,214	0,217	0,220	0,223
8	0,226	0,228	0,231	0,234	0,237	0,240	0,243	0,245	0,248	0,251
9	0,254	0,257	0,260	0,262	0,265	0,268	0,271	0,274	0,276	0,279
10	0,282	0,285	0,288	0,291	0,293	0,296	0,299	0,302	0,305	0,307
11	0,310	0,313	0,316	0,319	0,322	0,324	0,327	0,330	0,333	0,336
12	0,338	0,341	0,344	0,347	0,350	0,353	0,355	0,358	0,361	0,364
13	0,367	0,369	0,372	0,375	0,378	0,381	0,384	0,386	0,389	0,392
14	0,395	0,398	0,401	0,403	0,406	0,409	0,412	0,415	0,417	0,420
15	0,423	0,426	0,429	0,432	0,434	0,437	0,440	0,443	0,446	0,449
16	0,451	0,454	0,457	0,460	0,463	0,465	0,468	0,471	0,474	0,477
17	0,480	0,482	0,485	0,488	0,491	0,494	0,496	0,499	0,502	0,505
18	0,508	0,511	0,513	0,516	0,519	0,522	0,525	0,527	0,530	0,533
19	0,536	0,539	0,542	0,544	0,547	0,550	0,553	0,556	0,559	0,561
20	0,564	0,567	0,570	0,573	0,575	0,578	0,581	0,584	0,587	0,590
21	0,592	0,595	0,598	0,601	0,604	0,606	0,609	0,612	0,615	0,618
22	0,621	0,623	0,626	0,629	0,632	0,635	0,637	0,640	0,643	0,646
23	0,649	0,652	0,654	0,657	0,660	0,663	0,666	0,668	0,671	0,674
24	0,677	0,680	0,683	0,685	0,688	0,691	0,694	0,697	0,700	0,702
25	0,705	0,708	0,711	0,714	0,716	0,719	0,722	0,725	0,728	0,731
26	0,733	0,736	0,739	0,742	0,745	0,747	0,750	0,753	0,756	0,759
27	0,762	0,764	0,767	0,770	0,773	0,776	0,778	0,781	0,784	0,787
28	0,790	0,793	0,795	0,798	0,801	0,804	0,807	0,809	0,812	0,815
29	0,818	0,821	0,824	0,826	0,829	0,832	0,835	0,838	0,841	0,843
30	0,846	0,849	0,852	0,855	0,857	0,860	0,863	0,866	0,869	0,872
31	0,874	0,877	0,880	0,883	0,886	0,888	0,891	0,894	0,897	0,900
32	0,903	0,905	0,908	0,911	0,914	0,917	0,919	0,922	0,925	0,928
33	0,931	0,934	0,936	0,939	0,942	0,945	0,948	0,950	0,953	0,956
34	0,959	0,962	0,965	0,967	0,970	0,973	0,976	0,979	0,982	0,984
35	0,987	0,990	0,993	0,996	0,998	1,001	1,004	1,007	1,010	1,013

Целые мг	Десятые доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	1.015	1.018	1.021	1,024	1,027	1,029	1,032	1,035	1,038	1.041
37	1,044	1.046	1,049	1,052	1,055	1.058	1.060	1,063	1,066	1.069
38	1.072	1,075	1,077	1,080	1,083	1,086	1,089	1.091	1,094	1.097
39	1,100	1.103	1,106	1,108	1,111	1,114	1,117	1,120	1.123	1,125
40	1.128	1.131	1.134	1,137	1,139	1.142	1,145	1.148	1.151	1,154
41	1.156	1,159	1,162	1,165	1.168	1,170	1.173	1,176	1,179	1,182
42	1.185	1.187	1,190	1,193	1,196	1,199	1.201	1,204	1.207	1.210
43	1.213	1.216	1.218	1.221	1.224	1.227	1,230	1,233	1.235	1.238
44	1.241	1.244	1.247	1,249	1.252	1.255	1,259	1,261	1.264	1.266
45	1.269	1.272	1,275	1.278	1.280	1,283	1,286	1,289	1,292	1.295
46	1,297	1,300	1,303	1.306	1.309	1.312	1.314	1,317	1,320	1,323
47	1.326	1,328	1,331	1.334	1,337	1,340	1.343	1.345	1.348	1.351
48	1,354	1,357	1,359	1,362	1,365	1,368	1,371	1,374	1,376	1,379
49	1,382	1,385	1,388	1,390	1.393	1,396	1,399	1.402	1,405	1,407
50	1,410	1,413	1,416	1,419	1.422	1.424	1.427	1.430	1.433	1.436
51	1.438	1,44'	1,444	1,447	1.450	1,453	1,455	1.458	1.461	1,464
52	1,467	1.469	1,472	1.475	1,478	1.481	1.484	1.486	1.489	1.492
53	1.495	1.498	1.500	1,503	1.506	1.509	1.512	1.515	1.517	1.520
54	1.523	1.526	1.529	1.531	1,534	1.537	1.540	1,543	1.546	1.548
55	1.551	1,554	1,557	1.560	1,563	1.565	[illegible]	1.571	1.574	1,577
56	1,579	1.582	1.585	1.588	1.591	1,594	[illegible]	1.599	1.602	1.605
57	1,608	1.610	1.613	1,616	1.619	1,622	[illegible]	1.627	1.630	1,633
58	1.636	1,639	1.641	1.644	1.647	1.650	[illegible]	1,656	1,658	1.661
59	1.664	1.667	1.670	1.673	1.675	1,678	[illegible]	1.684	1.687	1,689
60	1.692	1,695	1,698	1.701	1,704	1,706	1,709	1,712	1,715	1,718
61	1.720	1.723	1.726	1,729	1,732	1,735	1,737	1,740	1,743	1.746
62	1.749	1.751	1.754	1,757	1,760	1,763	1,766	1.768	1,771	1.774
63	1.777	1.780	1.782	1,785	1,788	1,791	1,794	1,797	1,799	1,802
64	1,805	1.808	1.811	1.814	1,816	1,819	1,822	1,825	1.828	1,830
65	1.833	1.836	1.839	1.842	1,845	1.847	1,850	1,853	1,856	1.859
66	1,861	1,864	1.867	1.870	1,873	1,876	1,878	1,881	1,884	1.887
67	1.890	1.892	1.895	1.898	1.901	1.904	1,907	1,909	1,912	1,915
68	1.918	1.921	1.923	1.926	1,929	1.932	1.935	1.938	1,940	1.943
69	1.946	1.949	1.952	1.955	1.957	1,960	1,963	1,966	1,969	1,972
70	1.974	1.979	1,980	1.983	1.986	1,988	1.991	1.994	1,997	2,000
71	2.002	2.005	2.008	2.011	2,014	2,017	2,019	2,022	2,025	2,028
72	2.031	2.033	2.036	2,039	2,042	2,045	2,048	2,050	2,053	2,056
73	2,059	2.062	2,064	2,067	2,070	2,073	2,076	2,079	2,081	2,084
74	2.087	2,090	2,093	2,096	2,098	2,101	2,104	2,107	2,110	2,112

Целые мг	Долгие доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
75	2,115	2,118	2,121	2,124	2,127	2,129	2,132	2,135	2,138	2,141
76	2,143	2,146	2,149	2,152	2,155	2,158	2,160	2,163	2,166	2,169
77	2,172	2,175	2,177	2,180	2,183	2,186	2,189	2,191	2,194	2,197
78	2,200	2,203	2,205	2,208	2,211	2,214	2,217	2,220	2,222	2,225
79	2,228	2,231	2,234	2,237	2,239	2,242	2,245	2,248	2,251	2,254
80	2,256	2,259	2,262	2,265	2,268	2,270	2,273	2,276	2,279	2,282
81	2,284	2,287	2,290	2,293	2,296	2,299	2,301	2,304	2,307	2,310
82	2,313	2,315	2,318	2,321	2,324	2,327	2,330	2,332	2,335	2,338
83	2,341	2,344	2,347	2,349	2,352	2,355	2,358	2,361	2,364	2,366
84	2,369	2,372	2,375	2,378	2,380	2,383	2,386	2,389	2,392	2,395
85	2,397	2,400	2,403	2,406	2,409	2,411	2,414	2,417	2,420	2,423
86	2,426	2,428	2,431	2,434	2,437	2,440	2,442	2,445	2,448	2,451
87	2,454	2,457	2,459	2,462	2,465	2,468	2,471	2,473	2,476	2,479
88	2,482	2,485	2,488	2,490	2,493	2,496	2,499	2,502	2,505	2,507
89	2,510	2,513	2,516	2,519	2,521	2,524	2,527	2,530	2,533	2,536
90	2,538	2,541	2,544	2,547	2,550	2,552	2,555	2,558	2,561	2,564
91	2,566	2,569	2,572	2,575	2,578	2,581	2,583	2,586	2,589	2,592
92	2,595	2,598	2,600	2,603	2,606	2,609	2,612	2,614	2,617	2,620
93	2,623	2,626	2,629	2,631	2,634	2,637	2,640	2,643	2,646	2,648
94	2,651	2,654	2,657	2,660	2,662	2,665	2,668	2,671	2,674	2,677
95	2,679	2,682	2,685	2,688	2,691	2,693	2,696	2,699	2,702	2,705
96	2,708	2,710	2,713	2,716	2,719	2,722	2,724	2,727	2,730	2,733
97	2,736	2,739	2,741	2,744	2,747	2,750	2,753	2,755	2,758	2,761
98	2,764	2,767	2,770	2,772	2,775	2,778	2,781	2,784	2,787	2,789
99	2,792	2,795	2,798	2,801	2,803	2,806	2,809	2,812	2,815	2,818
100	2,820	2,823	2,826	2,829	2,831	2,834	2,837	2,840	2,843	2,845
мг	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000	10 000
мг-экв	28,20	56,41	84,61	112,81	141,02	169,22	197,42	225,62	253,83	282,03

Таблица 28

Пересчет мг SO_4^{2-} на мг-экв

(эквивалентный вес SO_4^{2-}=48,033)

Целые мг	Десятые доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
1	0,021	0,023	0,025	0,027	0,029	0,031	0,033	0,035	0,037	0,040
2	0,042	0,044	0,046	0,048	0,050	0,052	0,054	0,056	0,058	0,060
3	0,062	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,075	0,077	0,079	0,081
4	0,083	0,085	0,087	0,090	0,092	0,094	0,096	0,098	0,100	0,102
5	0,104	0,106	0,108	0,110	0,112	0,115	0,117	0,119	0,121	0,123
6	0,125	0,127	0,129	0,131	0,133	0,135	0,137	0,139	0,142	0,144
7	0,146	0,148	0,150	0,152	0,154	0,156	0,158	0,160	0,162	0,164
8	0,167	0,169	0,171	0,173	0,175	0,177	0,179	0,181	0,183	0,185
9	0,187	0,189	0,192	0,194	0,196	0,198	0,200	0,202	0,204	0,206
10	0,208	0,210	0,212	0,214	0,217	0,219	0,221	0,223	0,225	0,227
11	0,229	0,231	0,233	0,235	0,237	0,239	0,242	0,244	0,246	0,248
12	0,250	0,252	0,254	0,256	0,258	0,260	0,262	0,264	0,266	0,269
13	0,271	0,273	0,275	0,277	0,279	0,281	0,283	0,285	0,287	0,289
14	0,291	0,294	0,296	0,298	0,300	0,302	0,304	0,306	0,308	0,310
15	0,312	0,314	0,316	0,319	0,321	0,323	0,325	0,327	0,329	0,331
16	0,333	0,335	0,337	0,339	0,341	0,344	0,346	0,348	0,350	0,352
17	0,354	0,356	0,358	0,360	0,362	0,364	0,366	0,369	0,371	0,373
18	0,375	0,377	0,379	0,381	0,383	0,385	0,387	0,389	0,391	0,393
19	0,396	0,398	0,400	0,402	0,404	0,406	0,408	0,410	0,412	0,414
20	0,416	0,418	0,421	0,423	0,425	0,427	0,429	0,431	0,433	0,435
21	0,437	0,439	0,441	0,443	0,446	0,448	0,450	0,452	0,454	0,456
22	0,458	0,460	0,462	0,464	0,466	0,468	0,471	0,473	0,475	0,477
23	0,479	0,481	0,483	0,485	0,487	0,489	0,491	0,493	0,496	0,498
24	0,500	0,502	0,504	0,506	0,508	0,510	0,512	0,514	0,516	0,518
25	0,520	0,523	0,525	0,527	0,529	0,531	0,533	0,535	0,537	0,539
26	0,541	0,543	0,545	0,548	0,550	0,552	0,554	0,556	0,558	0,560
27	0,562	0,564	0,566	0,568	0,570	0,573	0,575	0,577	0,579	0,581
28	0,583	0,585	0,587	0,589	0,591	0,593	0,595	0,598	0,600	0,602
29	0,604	0,606	0,608	0,610	0,612	0,614	0,616	0,618	0,620	0,622
30	0,625	0,627	0,629	0,631	0,633	0,635	0,637	0,639	0,641	0,643
31	0,645	0,647	0,650	0,652	0,654	0,656	0,658	0,660	0,662	0,664
32	0,666	0,668	0,670	0,672	0,675	0,677	0,679	0,681	0,683	0,685
33	0,687	0,689	0,691	0,693	0,695	0,697	0,700	0,702	0,704	0,706
34	0,708	0,710	0,712	0,714	0,716	0,718	0,720	0,722	0,725	0,727
35	0,729	0,731	0,733	0,735	0,737	0,739	0,741	0,743	0,745	0,747

Целые мг	Десятые доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	0,749	0,752	0,754	0,756	0,758	0,760	0,762	0,764	0,766	0,768
37	0,770	0,772	0,774	0,777	0,779	0,781	0,783	0,785	0,787	0,789
38	0,791	0,793	0,795	0,797	0,799	0,802	0,804	0,806	0,808	0,810
39	0,812	0,814	0,816	0,818	0,820	0,822	0,824	0,827	0,829	0,831
40	0,833	0,835	0,837	0,839	0,841	0,843	0,845	0,847	0,849	0,851
41	0,854	0,856	0,858	0,860	0,862	0,864	0,866	0,868	0,870	0,872
42	0,874	0,876	0,879	0,881	0,883	0,885	0,887	0,889	0,891	0,893
43	0,895	0,897	0,899	0,901	0,904	0,906	0,908	0,910	0,912	0,914
44	0,916	0,918	0,920	0,922	0,924	0,926	0,929	0,931	0,933	0,935
45	0,937	0,939	0,941	0,943	0,945	0,947	0,949	0,951	0,954	0,956
46	0,958	0,960	0,962	0,964	0,966	0,968	0,970	0,972	0,974	0,976
47	0,979	0,981	0,983	0,985	0,987	0,989	0,991	0,993	0,995	0,997
48	0,999	1,001	1,003	1,006	1,008	1,010	1,012	1,014	1,016	1,018
49	1,020	1,022	1,024	1,026	1,028	1,031	1,033	1,035	1,037	1,039
50	1,041	1,043	1,045	1,047	1,049	1,051	1,053	1,056	1,058	1,060
51	1,062	1,064	1,066	1,068	1,070	1,072	1,074	1,076	1,078	1,081
52	1,083	1,085	1,087	1,089	1,091	1,093	1,095	1,097	1,099	1,101
53	1,103	1,105	1,108	1,110	1,112	1,114	1,116	1,118	1,120	1,122
54	1,124	1,126	1,128	1,130	1,133	1,135	1,137	1,139	1,141	1,143
55	1,145	1,147	1,149	1,151	1,153	1,155	1,158	1,160	1,162	1,164
56	1,166	1,168	1,170	1,172	1,174	1,176	1,178	1,180	1,183	1,185
57	1,187	1,189	1,191	1,193	1,195	1,197	1,199	1,201	1,203	1,205
58	1,208	1,210	1,212	1,214	1,216	1,218	1,220	1,222	1,224	1,226
59	1,228	1,230	1,232	1,235	1,237	1,239	1,241	1,243	1,245	1,247
60	1,249	1,251	1,253	1,255	1,257	1,260	1,262	1,264	1,266	1,268
61	1,270	1,272	1,274	1,276	1,278	1,280	1,282	1,285	1,287	1,289
62	1,291	1,293	1,295	1,297	1,299	1,301	1,303	1,305	1,307	1,310
63	1,312	1,314	1,316	1,318	1,320	1,322	1,324	1,326	1,328	1,330
64	1,332	1,335	1,337	1,339	1,341	1,343	1,345	1,347	1,349	1,351
65	1,353	1,355	1,357	1,359	1,362	1,364	1,366	1,368	1,370	1,372
66	1,374	1,376	1,378	1,380	1,382	1,384	1,387	1,389	1,391	1,393
67	1,395	1,397	1,399	1,401	1,403	1,405	1,407	1,409	1,412	1,414
68	1,416	1,418	1,420	1,422	1,424	1,426	1,428	1,430	1,432	1,434
69	1,437	1,439	1,441	1,443	1,445	1,447	1,449	1,451	1,453	1,455
70	1,457	1,459	1,462	1,464	1,466	1,468	1,470	1,472	1,474	1,476
71	1,478	1,480	1,482	1,484	1,486	1,489	1,491	1,493	1,495	1,497
72	1,499	1,501	1,503	1,505	1,507	1,509	1,511	1,514	1,516	1,518
73	1,520	1,522	1,524	1,526	1,528	1,530	1,532	1,534	1,536	1,539
74	1,541	1,543	1,545	1,547	1,549	1,551	1,553	1,555	1,557	1,559

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
75	1,561	1,564	1,566	1,568	1,570	1,572	1,574	1,576	1,578	1,580
76	1,582	1,584	1,586	1,588	1,591	1,593	1,595	1,597	1,599	1,601
77	1,603	1,605	1,607	1,609	1,611	1,613	1,616	1,618	1,620	1,622
78	1,624	1,626	1,628	1,630	1,632	1,634	1,636	1,638	1,641	1,643
79	1,645	1,647	1,649	1,651	1,653	1,655	1,657	1,659	1,661	1,663
80	1,666	1,668	1,670	1,672	1,674	1,676	1,678	1,680	1,682	1,684
81	1,686	1,688	1,691	1,693	1,695	1,697	1,699	1,701	1,703	1,705
82	1,707	1,709	1,711	1,713	1,715	1,718	1,720	1,722	1,724	1,726
83	1,728	1,730	1,732	1,734	1,736	1,738	1,740	1,743	1,745	1,747
84	1,749	1,751	1,753	1,755	1,757	1,759	1,761	1,763	1,765	1,768
85	1,770	1,772	1,774	1,776	1,778	1,780	1,782	1,784	1,786	1,788
86	1,790	1,793	1,795	1,797	1,799	1,801	1,803	1,805	1,807	1,809
87	1,811	1,813	1,815	1,818	1,820	1,822	1,824	1,826	1,828	1,830
88	1,832	1,834	1,836	1,838	1,840	1,842	1,845	1,847	1,849	1,851
89	1,853	1,855	1,857	1,859	1,861	1,863	1,865	1,867	1,870	1,872
90	1,874	1,876	1,878	1,880	1,882	1,884	1,886	1,888	1,890	1,892
91	1,895	1,897	1,899	1,901	1,903	1,905	1,907	1,909	1,911	1,913
92	1,915	1,917	1,920	1,922	1,924	1,926	1,928	1,930	1,932	1,934
93	1,936	1,938	1,940	1,942	1,945	1,947	1,949	1,951	1,953	1,955
94	1,957	1,959	1,961	1,963	1,965	1,967	1,969	1,972	1,974	1,976
95	1,978	1,980	1,982	1,984	1,986	1,988	1,990	1,992	1,994	1,997
96	1,999	2,001	2,003	2,005	2,007	2,009	2,011	2,013	2,015	2,017
97	2,019	2,022	2,024	2,026	2,028	2,030	2,032	2,034	2,036	2,038
98	2,040	2,042	2,044	2,047	2,049	2,051	2,053	2,055	2,057	2,059
99	2,061	2,063	2,065	2,067	2,069	2,072	2,074	2,076	2,078	2,080
100	2,082	2,084	2,086	2,088	2,090	2,092	2,094	2,096	2,099	2,101
мг	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000	10 000
мг-экв	20,82	41,64	62,46	83,28	104,10	124,91	145,73	166,55	187,37	208,19

Пересчет мг $\overline{HCO_3}^-$ на мг-экв
(эквивалентный вес HCO_3^-=61,019)

Целые мг	Десятые доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1	0,016	0,018	0,020	0,021	0,023	0,025	0,026	0,028	0,030	0,031
2	0,033	0,034	0,036	0,038	0,039	0,041	0,043	0,044	0,046	0,048
3	0,049	0,051	0,052	0,054	0,056	0,057	0,059	0,061	0,062	0,064
4	0,066	0,067	0,069	0,070	0,072	0,074	0,075	0,077	0,079	0,080
5	0,082	0,084	0,085	0,087	0,089	0,090	0,092	0,093	0,095	0,097
6	0,098	0,100	0,102	0,103	0,105	0,107	0,108	0,110	0,111	0,113
7	0,115	0,116	0,118	0,120	0,121	0,123	0,125	0,126	0,128	0,129
8	0,131	0,133	0,134	0,136	0,138	0,139	0,141	0,143	0,144	0,146
9	0,148	0,149	0,151	0,152	0,154	0,156	0,157	0,159	0,161	0,162
10	0,164	0,166	0,167	0,169	0,171	0,172	0,174	0,176	0,177	0,179
11	0,180	0,182	0,184	0,185	0,187	0,189	0,190	0,192	0,193	0,195
12	0,197	0,198	0,200	0,202	0,203	0,205	0,207	0,208	0,210	0,212
13	0,213	0,215	0,216	0,218	0,220	0,221	0,223	0,225	0,226	0,228
14	0,229	0,231	0,233	0,234	0,236	0,238	0,239	0,241	0,243	0,244
15	0,246	0,248	0,249	0,251	0,253	0,254	0,256	0,257	0,259	0,261
16	0,262	0,264	0,266	0,267	0,269	0,271	0,272	0,274	0,275	0,277
17	0,279	0,280	0,282	0,284	0,285	0,287	0,289	0,290	0,292	0,294
18	0,295	0,297	0,298	0,300	0,302	0,303	0,305	0,307	0,308	0,310
19	0,311	0,313	0,315	0,316	0,318	0,320	0,321	0,323	0,325	0,326
20	0,328	0,329	0,331	0,333	0,334	0,336	0,338	0,339	0,341	0,343
21	0,344	0,346	0,348	0,349	0,351	0,352	0,354	0,356	0,357	0,359
22	0,361	0,362	0,364	0,366	0,367	0,369	0,371	0,372	0,374	0,376
23	0,377	0,379	0,380	0,382	0,384	0,385	0,387	0,389	0,390	0,392
24	0,394	0,395	0,397	0,398	0,400	0,402	0,403	0,405	0,407	0,408
25	0,410	0,411	0,413	0,415	0,416	0,418	0,420	0,421	0,423	0,425
26	0,426	0,428	0,430	0,431	0,433	0,435	0,436	0,438	0,439	0,441
27	0,443	0,444	0,446	0,448	0,449	0,451	0,452	0,454	0,456	0,457
28	0,459	0,461	0,462	0,464	0,466	0,467	0,469	0,471	0,472	0,474
29	0,475	0,477	0,479	0,480	0,482	0,484	0,485	0,487	0,488	0,490
30	0,492	0,493	0,495	0,497	0,498	0,500	0,502	0,503	0,505	0,507
31	0,508	0,510	0,511	0,513	0,515	0,516	0,518	0,520	0,521	0,523
32	0,525	0,526	0,528	0,529	0,531	0,533	0,534	0,536	0,538	0,539
33	0,541	0,543	0,544	0,546	0,548	0,549	0,551	0,552	0,554	0,556
34	0,557	0,559	0,561	0,562	0,564	0,566	0,567	0,569	0,570	0,572
35	0,574	0,575	0,577	0,579	0,580	0,582	0,584	0,585	0,587	0,589

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	0,590	0,592	0,593	0,595	0,597	0,598	0,600	0,602	0,603	0,605
37	0,606	0,608	0,610	0,611	0,613	0,615	0,616	0,618	0,620	0,621
38	0,623	0,625	0,626	0,628	0,630	0,631	0,633	0,634	0,636	0,638
39	0,639	0,641	0,643	0,644	0,646	0,648	0,649	0,651	0,652	0,654
40	0,656	0,657	0,659	0,661	0,662	0,664	0,665	0,667	0,669	0,670
41	0,672	0,674	0,675	0,677	0,679	0,680	0,682	0,684	0,685	0,687
42	0,688	0,690	0,692	0,693	0,695	0,697	0,698	0,700	0,702	0,703
43	0,704	0,706	0,708	0,710	0,711	0,713	0,715	0,716	0,718	0,720
44	0,721	0,723	0,725	0,726	0,728	0,729	0,731	0,733	0,734	0,736
45	0,738	0,739	0,741	0,743	0,744	0,746	0,747	0,749	0,751	0,752
46	0,754	0,756	0,757	0,759	0,761	0,762	0,764	0,766	0,767	0,769
47	0,770	0,772	0,774	0,775	0,777	0,779	0,780	0,782	0,784	0,785
48	0,787	0,788	0,790	0,792	0,793	0,795	0,797	0,798	0,800	0,802
49	0,803	0,805	0,807	0,808	0,810	0,811	0,813	0,815	0,816	0,818
50	0,819	0,821	0,823	0,825	0,826	0,828	0,829	0,831	0,833	0,834
51	0,836	0,838	0,839	0,841	0,843	0,844	0,846	0,848	0,849	0,851
52	0,852	0,854	0,856	0,857	0,859	0,861	0,862	0,864	0,865	0,867
53	0,869	0,870	0,872	0,874	0,875	0,877	0,879	0,880	0,882	0,884
54	0,885	0,887	0,888	0,890	0,892	0,893	0,895	0,897	0,898	0,900
55	0,902	0,903	0,905	0,906	0,908	0,910	0,911	0,913	0,915	0,916
56	0,918	0,920	0,921	0,923	0,925	0,926	0,928	0,929	0,931	0,933
57	0,934	0,936	0,938	0,939	0,941	0,943	0,944	0,946	0,947	0,949
58	0,951	0,952	0,954	0,956	0,957	0,959	0,961	0,962	0,964	0,966
59	0,967	0,969	0,970	0,972	0,974	0,975	0,977	0,979	0,980	0,982
60	0,983	0,985	0,987	0,988	0,990	0,992	0,993	0,995	0,997	0,998
61	1,000	1,002	1,003	1,005	1,007	1,008	1,010	1,011	1,013	1,015
62	1,016	1,018	1,020	1,021	1,023	1,025	1,026	1,028	1,029	1,031
63	1,033	1,034	1,036	1,038	1,039	1,041	1,042	1,044	1,046	1,047
64	1,049	1,051	1,052	1,054	1,056	1,057	1,059	1,061	1,062	1,064
65	1,065	1,067	1,069	1,070	1,072	1,074	1,075	1,077	1,079	1,080
66	1,082	1,083	1,085	1,087	1,088	1,090	1,091	1,093	1,095	1,096
67	1,098	1,100	1,102	1,103	1,105	1,106	1,108	1,110	1,111	1,113
68	1,115	1,116	1,118	1,120	1,121	1,123	1,124	1,126	1,128	1,129
69	1,131	1,133	1,134	1,136	1,138	1,139	1,141	1,143	1,144	1,146
70	1,147	1,149	1,151	1,152	1,154	1,156	1,157	1,159	1,161	1,162
71	1,164	1,165	1,167	1,169	1,170	1,172	1,174	1,175	1,177	1,179
72	1,180	1,182	1,184	1,185	1,187	1,188	1,190	1,192	1,193	1,195
73	1,197	1,198	1,200	1,202	1,203	1,205	1,206	1,208	1,210	1,211
74	1,213	1,215	1,216	1,218	1,220	1,221	1,223	1,224	1,226	1,228

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
75	1,229	1,231	1,233	1,234	1,236	1,238	1,239	1,241	1,242	1,244
76	1,246	1,247	1,249	1,251	1,252	1,254	1,256	1,257	1,259	1,261
77	1,262	1,264	1,265	1,267	1,269	1,270	1,272	1,274	1,275	1,277
78	1,279	1,280	1,282	1,283	1,285	1,287	1,288	1,290	1,292	1,293
79	1,295	1,297	1,298	1,300	1,302	1,303	1,305	1,306	1,308	1,310
80	1,311	1,313	1,315	1,316	1,318	1,320	1,321	1,323	1,324	1,326
81	1,328	1,329	1,331	1,333	1,334	1,336	1,338	1,339	1,341	1,343
82	1,344	1,346	1,347	1,349	1,351	1,352	1,354	1,356	1,357	1,359
83	1,361	1,362	1,364	1,365	1,367	1,369	1,370	1,372	1,374	1,375
84	1,377	1,379	1,380	1,382	1,384	1,385	1,387	1,388	1,390	1,392
85	1,393	1,395	1,397	1,398	1,400	1,402	1,403	1,405	1,406	1,408
86	1,410	1,411	1,413	1,415	1,416	1,418	1,419	1,421	1,423	1,424
87	1,426	1,428	1,429	1,431	1,433	1,434	1,436	1,438	1,439	1,441
88	1,442	1,444	1,446	1,447	1,449	1,451	1,452	1,454	1,456	1,457
89	1,459	1,460	1,462	1,464	1,465	1,467	1,469	1,470	1,472	1,474
90	1,475	1,477	1,479	1,480	1,482	1,483	1,485	1,487	1,488	1,490
91	1,492	1,493	1,495	1,497	1,498	1,500	1,501	1,503	1,505	1,506
92	1,508	1,510	1,511	1,513	1,515	1,516	1,518	1,520	1,521	1,523
93	1,524	1,526	1,528	1,529	1,531	1,533	1,534	1,536	1,538	1,539
94	1,541	1,542	1,544	1,546	1,547	1,549	1,551	1,552	1,554	1,556
95	1,557	1,559	1,561	1,562	1,564	1,565	1,567	1,569	1,570	1,572
96	1,574	1,575	1,577	1,579	1,580	1,582	1,583	1,585	1,587	1,588
97	1,590	1,592	1,593	1,595	1,597	1,598	1,600	1,601	1,603	1,605
98	1,606	1,608	1,610	1,611	1,613	1,615	1,616	1,618	1,619	1,621
99	1,623	1,625	1,626	1,628	1,630	1,631	1,633	1,634	1,636	1,638
100	1,639	1,641	1,642	1,644	1,646	1,647	1,649	1,651	1,652	1,654
мг	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000	10 000
мг-экв	16,39	32,78	49,17	65,55	81,94	98,33	114,72	131,11	147,50	163,89

Пересчет *мг* CO_3^{2-} на *мг-экв*

(эквивалентный вес CO_3^{2-} = 30,0055)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
1	0,033	0,037	0,040	0,043	0,047	0,050	0,053	0,057	0,060	0,063
2	0,067	0,070	0,073	0,077	0,080	0,083	0,087	0,090	0,093	0,097
3	0,100	0,103	0,107	0,110	0,113	0,117	0,120	0,123	0,127	0,130
4	0,133	0,137	0,140	0,143	0,147	0,150	0,153	0,157	0,160	0,163
5	0,167	0,170	0,173	0,177	0,180	0,183	0,187	0,190	0,193	0,197
6	0,200	0,203	0,207	0,210	0,213	0,217	0,220	0,223	0,227	0,230
7	0,233	0,237	0,240	0,243	0,247	0,250	0,253	0,257	0,260	0,263
8	0,267	0,270	0,273	0,277	0,280	0,283	0,287	0,290	0,293	0,297
9	0,300	0,303	0,307	0,310	0,313	0,317	0,320	0,323	0,327	0,330
10	0,333	0,337	0,340	0,343	0,347	0,350	0,353	0,357	0,360	0,363
11	0,367	0,370	0,373	0,377	0,380	0,383	0,387	0,390	0,393	0,397
12	0,400	0,403	0,407	0,410	0,413	0,417	0,420	0,423	0,427	0,430
13	0,433	0,437	0,440	0,443	0,447	0,450	0,453	0,457	0,460	0,463
14	0,467	0,470	0,473	0,477	0,480	0,483	0,487	0,490	0,493	0,497
15	0,500	0,503	0,507	0,510	0,513	0,517	0,520	0,523	0,527	0,530
16	0,533	0,537	0,540	0,543	0,547	0,550	0,553	0,557	0,560	0,563
17	0,567	0,570	0,573	0,577	0,580	0,583	0,587	0,590	0,593	0,597
18	0,600	0,603	0,607	0,610	0,613	0,617	0,620	0,623	0,627	0,630
19	0,633	0,637	0,640	0,643	0,647	0,650	0,653	0,657	0,660	0,663
20	0,667	0,670	0,673	0,677	0,680	0,683	0,687	0,690	0,693	0,697
21	0,700	0,703	0,707	0,710	0,713	0,717	0,720	0,723	0,727	0,730
22	0,733	0,737	0,740	0,743	0,747	0,750	0,753	0,757	0,760	0,763
23	0,767	0,770	0,773	0,777	0,780	0,783	0,787	0,790	0,793	0,797
24	0,800	0,803	0,807	0,810	0,813	0,817	0,820	0,823	0,827	0,830
25	0,833	0,837	0,840	0,843	0,847	0,850	0,853	0,857	0,860	0,863
26	0,867	0,870	0,873	0,877	0,880	0,883	0,887	0,890	0,893	0,897
27	0,900	0,903	0,907	0,910	0,913	0,917	0,920	0,923	0,927	0,930
28	0,933	0,937	0,940	0,943	0,947	0,950	0,953	0,957	0,960	0,963
29	0,967	0,970	0,973	0,977	0,980	0,983	0,987	0,990	0,993	0,997

Целые мг	Десятые доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	1,000	1,003	1,007	1,010	1,013	1,017	1,020	1,023	1,027	1,030
31	1,033	1,037	1,040	1,043	1,046	1,050	1,053	1,056	1,060	1,063
32	1,066	1,070	1,073	1,076	1,080	1,083	1,086	1,090	1,093	1,096
33	1,100	1,103	1,106	1,110	1,113	1,116	1,120	1,123	1,126	1,130
34	1,133	1,136	1,140	1,143	1,146	1,150	1,153	1,156	1,160	1,163
35	1,166	1,170	1,173	1,176	1,180	1,183	1,186	1,190	1,193	1,196
36	1,200	1,203	1,206	1,210	1,213	1,216	1,220	1,223	1,226	1,230
37	1,233	1,236	1,240	1,243	1,246	1,250	1,253	1,256	1,260	1,263
38	1,266	1,270	1,273	1,276	1,280	1,283	1,286	1,290	1,293	1,296
39	1,300	1,303	1,306	1,310	1,313	1,316	1,320	1,323	1,326	1,330
40	1,333	1,336	1,340	1,343	1,346	1,350	1,353	1,356	1,360	1,363
41	1,366	1,370	1,373	1,376	1,380	1,383	1,386	1,390	1,393	1,396
42	1,400	1,403	1,406	1,410	1,413	1,416	1,420	1,423	1,426	1,430
43	1,433	1,436	1,440	1,443	1,446	1,450	1,453	1,456	1,460	1,463
44	1,466	1,470	1,473	1,476	1,480	1,483	1,486	1,490	1,493	1,496
45	1,500	1,503	1,506	1,510	1,513	1,516	1,520	1,523	1,526	1,530
46	1,533	1,536	1,540	1,543	1,546	1,550	1,553	1,556	1,560	1,563
47	1,566	1,570	1,573	1,576	1,580	1,583	1,586	1,590	1,593	1,596
48	1,600	1,603	1,606	1,610	1,613	1,616	1,620	1,623	1,626	1,630
49	1,633	1,636	1,640	1,643	1,646	1,650	1,653	1,656	1,660	1,663
50	1,666	1,670	1,673	1,676	1,680	1,683	1,686	1,690	1,693	1,696

Таблица 29

Пересчет мг NO_3^- на *мг-экв*

(эквивалентный вес NO_3^-=62,008)

Целые мг	Десятые доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1	0,016	0,016	0,019	0,021	0,023	0,024	0,026	0,027	0,029	0,031
2	0,032	0,034	0,035	0,037	0,039	0,040	0,042	0,044	0,045	0,047
3	0,048	0,050	0,052	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061	0,063
4	0,065	0,066	0,068	0,070	0,071	0,072	0,074	0,076	0,077	0,079
5	0,081	0,082	0,084	0,085	0,087	0,089	0,090	0,092	0,094	0,095
6	0,097	0,098	0,100	0,102	0,103	0,105	0,106	0,108	0,110	0,111
7	0,113	0,115	0,116	0,118	0,119	0,121	0,123	0,124	0,126	0,127
8	0,129	0,131	0,132	0,134	0,135	0,137	0,139	0,140	0,142	0,144
9	0,145	0,147	0,148	0,150	0,152	0,153	0,155	0,156	0,158	0,160

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,161	0,163	0,164	0,166	0,168	0,169	0,171	0,173	0,174	0,176
11	0,177	0,179	0,181	0,182	0,184	0,185	0,187	0,189	0,190	0,192
12	0,194	0,195	0,197	0,198	0,200	0,202	0,203	0,205	0,206	0,208
13	0,210	0,211	0,213	0,214	0,216	0,218	0,219	0,221	0,223	0,224
14	0,226	0,227	0,229	0,231	0,232	0,234	0,235	0,237	0,239	0,240
15	0,242	0,244	0,245	0,247	0,248	0,250	0,252	0,253	0,255	0,256
16	0,258	0,260	0,261	0,263	0,264	0,266	0,268	0,269	0,271	0,273
17	0,274	0,276	0,277	0,279	0,281	0,282	0,284	0,285	0,287	0,289
18	0,290	0,292	0,294	0,295	0,297	0,298	0,300	0,302	0,303	0,305
19	0,306	0,308	0,310	0,311	0,313	0,314	0,316	0,318	0,319	0,321
20	0,323	0,324	0,326	0,327	0,329	0,331	0,332	0,334	0,335	0,337
21	0,339	0,340	0,342	0,344	0,345	0,347	0,348	0,350	0,352	0,353
22	0,355	0,356	0,358	0,360	0,361	0,363	0,364	0,366	0,368	0,369
23	0,371	0,373	0,374	0,376	0,377	0,379	0,381	0,382	0,384	0,385
24	0,387	0,389	0,390	0,392	0,393	0,395	0,397	0,398	0,400	0,402
25	0,403	0,405	0,406	0,408	0,410	0,411	0,413	0,414	0,416	0,418
26	0,419	0,421	0,423	0,424	0,426	0,427	0,429	0,431	0,432	0,434
27	0,435	0,437	0,439	0,440	0,442	0,443	0,445	0,447	0,448	0,450
28	0,452	0,453	0,455	0,456	0,458	0,460	0,461	0,463	0,464	0,466
29	0,468	0,469	0,471	0,473	0,474	0,476	0,477	0,479	0,481	0,482
30	0,484	0,485	0,487	0,489	0,490	0,492	0,493	0,495	0,497	0,498
31	0,500	0,502	0,503	0,505	0,506	0,508	0,509	0,511	0,513	0,514
32	0,516	0,518	0,519	0,521	0,523	0,524	0,526	0,527	0,529	0,531
33	0,532	0,534	0,535	0,537	0,539	0,540	0,542	0,543	0,545	0,547
34	0,548	0,550	0,552	0,553	0,555	0,556	0,558	0,560	0,561	0,563
35	0,564	0,566	0,568	0,569	0,571	0,572	0,574	0,576	0,577	0,579
36	0,581	0,582	0,584	0,585	0,587	0,589	0,590	0,592	0,593	0,595
37	0,597	0,598	0,600	0,602	0,603	0,605	0,606	0,608	0,610	0,611
38	0,613	0,614	0,616	0,618	0,619	0,621	0,622	0,624	0,626	0,627
39	0,629	0,631	0,632	0,634	0,635	0,637	0,639	0,640	0,642	0,643
40	0,645	0,647	0,648	0,650	0,652	0,653	0,655	0,656	0,658	0,660
41	0,661	0,663	0,664	0,666	0,668	0,669	0,671	0,672	0,674	0,676
42	0,677	0,679	0,681	0,682	0,684	0,685	0,687	0,689	0,690	0,692
43	0,693	0,695	0,697	0,698	0,700	0,702	0,703	0,705	0,706	0,708
44	0,710	0,711	0,713	0,714	0,716	0,718	0,719	0,721	0,722	0,724
45	0,726	0,727	0,729	0,731	0,732	0,734	0,735	0,737	0,739	0,740
46	0,742	0,743	0,745	0,747	0,748	0,750	0,752	0,753	0,755	0,756
47	0,758	0,760	0,761	0,763	0,764	0,766	0,768	0,769	0,771	0,772
48	0,774	0,776	0,777	0,779	0,781	0,782	0,784	0,785	0,787	0,789
49	0,790	0,792	0,793	0,795	0,797	0,798	0,800	0,802	0,803	0,804
50	0,806	0,808	0,810	0,811	0,813	0,814	0,816	0,818	0,819	0,821

Таблица 30

Пересчет *мг* NO_2^- на *мг-экв*

(эквивалентный вес NO_2^-=46,008)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
1	0,022	0,024	0,026	0,028	0,030	0,033	0,035	0,037	0,039	0,041
2	0,043	0,046	0,048	0,050	0,052	0,054	0,057	0,059	0,061	0,063
3	0,065	0,067	0,070	0,072	0,074	0,076	0,078	0,080	0,083	0,085
4	0,087	0,089	0,091	0,093	0,096	0,098	0,100	0,102	0,104	0,107
5	0,109	0,111	0,113	0,115	0,117	0,120	0,122	0,124	0,126	0,128
6	0,130	0,133	0,135	0,137	0,139	0,141	0,143	0,146	0,148	0,150
7	0,152	0,154	0,157	0,159	0,161	0,163	0,165	0,167	0,170	0,172
8	0,174	0,176	0,178	0,180	0,183	0,185	0,187	0,189	0,191	0,193
9	0,196	0,198	0,200	0,202	0,204	0,206	0,209	0,211	0,213	0,215
10	0,217	0,220	0,222	0,224	0,226	0,228	0,230	0,233	0,235	0,237

Таблица 31

Пересчет *мг* Br^- на *мг-экв*

(эквивалентный вес Br^-=79,916)

Целые *мг*	Десятые доли *мг*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1	0,013	0,014	0,015	0,016	0,018	0,019	0,020	0,021	0,023	0,024
2	0,025	0,026	0,028	0,029	0,030	0,031	0,033	0,034	0,035	0,036
3	0,038	0,039	0,040	0,041	0,043	0,044	0,045	0,046	0,048	0,049
4	0,050	0,051	0,053	0,054	0,055	0,056	0,058	0,059	0,060	0,061
5	0,063	0,064	0,065	0,066	0,068	0,069	0,070	0,071	0,073	0,074
6	0,075	0,076	0,078	0,079	0,080	0,081	0,083	0,084	0,085	0,086
7	0,088	0,089	0,090	0,091	0,093	0,094	0,095	0,096	0,098	0,099
8	0,100	0,101	0,103	0,104	0,105	0,106	0,108	0,109	0,110	0,111
9	0,113	0,114	0,115	0,116	0,118	0,119	0,120	0,121	0,123	0,124
10	0,125	0,126	0,128	0,129	0,130	0,131	0,133	0,134	0,135	0,136

мг	20	30	40	50	60	70	80	90	100
мг-экв	0,250	0,375	0,500	0,625	0,751	0,876	1,001	1,126	1,251

Таблица 32

Пересчет мг J^- на мг-экв

(эквивалентный вес J^- = 126,91)

Целые мг	Десятые доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
1	0,008	0,009	0,009	0,010	0,011	0,012	0,012	0,013	0,014	0,015
2	0,016	0,016	0,017	0,018	0,019	0,020	0,020	0,021	0,022	0,023
3	0,024	0,024	0,025	0,026	0,027	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031
4	0,032	0,032	0,033	0,034	0,035	0,035	0,036	0,037	0,038	0,039
5	0,039	0,040	0,041	0,042	0,043	0,043	0,044	0,045	0,046	0,046
6	0,047	0,048	0,049	0,050	0,050	0,051	0,052	0,053	0,054	0,054
7	0,055	0,056	0,057	0,058	0,058	0,059	0,060	0,061	0,061	0,062
8	0,063	0,064	0,065	0,065	0,066	0,067	0,068	0,069	0,069	0,070
9	0,071	0,072	0,072	0,073	0,074	0,075	0,076	0,076	0,077	0,078
10	0,079	0,080	0,080	0,081	0,082	0,083	0,084	0,084	0,085	0,086

Таблица 33

Пересчет мг F^- на мг-экв

(эквивалентный вес F^- = 19,00)

Целые мг	Десятые доли мг									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
1	0,053	0,058	0,063	0,068	0,074	0,079	0,084	0,089	0,095	0,100
2	0,105	0,111	0,116	0,121	0,126	0,132	0,137	0,142	0,147	0,153
3	0,158	0,163	0,168	0,174	0,179	0,184	0,189	0,195	0,200	0,205
4	0,211	0,216	0,221	0,226	0,232	0,237	0,242	0,247	0,253	0,258
5	0,263	0,268	0,274	0,279	0,284	0,289	0,295	0,300	0,305	0,311
6	0,316	0,321	0,326	0,332	0,337	0,342	0,347	0,352	0,358	0,363
7	0,368	0,374	0,379	0,384	0,389	0,395	0,400	0,405	0,411	0,416
8	0,421	0,426	0,432	0,437	0,442	0,447	0,453	0,458	0,463	0,468
9	0,474	0,479	0,484	0,489	0,495	0,500	0,505	0,511	0,516	0,521
10	0,526	0,532	0,537	0,542	0,547	0,553	0,558	0,563	0,568	0,574

ЛИТЕРАТУРА

1. Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. М., "Недра", 1970.

2. Алекин О.А. "Гидрохимия", Гидрометиздат Л., 1952.

3. Лаптев Ф.Ф. Анализ воды. М., Госгеолтехиздат, 1955.

4. Клют Г. Исследование воды на месте. М., "Недра", 1970.

5. Бутц Ш.Ф., Самарина В.С. Пособия к практическим занятиям по гидрогеологии. Изд. Ленинградского университета, 1956.

6. Поляков Г.Д. Пособие по гидрогеологии. М., 1959.

7. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. М., изд. с-хоз. литературы, 1959.

8. Аринушкина Е.В. Химический анализ почв и грунтов. Изд. Моск. университета. 1952-1961.

9. Гедройц. Химический анализ почвы. Сельхоз. Гиз. М-Л., 1932.

10. Евланова А.В., Штуковская Л.А. Технический и санитарный анализ воды. М., 1952.

11. Агрессивность грунтов. Пер. с французского Л.А.Афанасьевой, 1971.

12. Измерение агрессивности грунта. Пер. с французского Л.А. Афанасьевой, 1971.

13. СНиП II.Г3-62 глава 3. Нормы проектирования" - Водоснабжение.

14. СНиП II.Г6-62 глава 6. "Нормы проектирования" - Канализация.

15. Правила защиты подземных металлических сооружений от коррозии: СН-256-63, СН-262-67, СН-249-69.

16. Посохов Е.В. Формирование химического состава подземных вод. Гидрогеологич. издание. Л., 1969.

17. Никольский К.К. Определение опасности коррозии металлических оболочек кабелей связи. М., "Связь", 1968.

18. Глазков В.И., Зиневич А.М., Никольский К.К. Защита от коррозии протяженных металлических сооружений. М., "Недра", 1982.

19. Указания по определению засоленности грунтов. М., изд. "Водгео", 1956.

20. Методические указания по определению степени агрессивного воздействия внешней среды на транспортные сооружения из бетона и железобетона. М., 1968.

21. "Справочник гидрогеолога". Гос.издат. по геологии и охране недр. М., 1962.

22. Инструкция к определению коррозийности почво-грунтов для проектирования подземных металлических сооружений.

ИА-101-69. Военное издательство Министерства обороны. М., 1970.

23. ГОСТ 6709-53. Дистиллированная вода.

24. ГОСТ 3351-46. Вода хозяйственно-питьевая. Методы определения физических свойств.

25. ГОСТ 5215-50. Отбор, хранение и транспортирование проб.

26. ГОСТ 4192-48. Методы химического анализа. Определение минеральных, азотосодержащих веществ.

27. ГОСТ 4595-49. Методы химического анализа. Определение окисляемости марганцево-кислым калием.

28. ГОСТ 6055-51. Методы химического анализа. Единица измерения жесткости.

29. ГОСТ 4245-48. Определение содержания хлор-иона.

30. ГОСТ 4389-48 (переиздано - июнь 1961 г.). Методы химического анализа. Определение содержания сульфат-иона.

31. ГОСТ 4011-48. Определение содержания железа.

32. ГОСТ 4774-49. Методы химического анализа. Определение содержания Na и K в воде.

33. ГОСТ 4796-49. Агрессивность воды-среды.

34. ГОСТ 2761-57. Отбор проб воды.

35. ГОСТ 3820-47. Определение содержания магния в воде.

36. ГОСТ 4974-49. Определение содержания марганца в воде.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Химический состав подземных вод 3
Ионы щелочных металлов ($Na+K$) 5
Ионы щелочноземельных металлов Ca^{2+} и Mg^{2+} 5
Ионы хлора Cl^- 6
Ионы сульфатные 6
Карбонатные и гидрокарбонатные ионы 6
2. Агрессивность воды 8
3. Отбор проб воды и подготовка к анализу 10
4. Химический анализ воды 15
Определение углекислоты 15
Определение кальцит-иона (Ca^{2+}) 21
Определение магний-иона (Mg^{2+}) 23
Определение сульфат-иона 23
Определение Cl^-, SO_4^-, Ca^+, Mg^{2+} в темноокрашенных и мутных водах и водных вытяжках 27
Щелочность 28
Определение содержания ионов натрия и калия 28
Определение сухого остатка 30
Форма выражения результатов анализа и их контроль 32
5. Коррозийная активность грунтов и вод 34
Факторы коррозийности 34
Почвенная коррозия свинца 37
Почвенная коррозия алюминия 38
Почвенная коррозия железа 40
Почвенная коррозия меди 41
Почвенная коррозия цинка 42
Определение коррозийной активности грунтов, грунтовых и поверхностных вод 42
6. Определение содержания агрессивных компонентов в грунтах и водах 44
Подготовка грунта и приготовление водных вытяжек 45
Определение pH 45
Определение содержания хлор-ионов 46
Определение общей жесткости 47
Определение общего содержания ионов железа 49
Определение водорастворимых органических веществ 52
Определение содержания нитрат-ионов 54

Приложения
Приложение 1. Характеристика исходных материалов 58
Приложение 2. Определение коррозийности железа методом потери веса трубки 59

Приложение 3. Оценка степени агрессивного воздействия воды-среды на бетон железобетонных конструкций в зависимости от вида конструкций, фильтрации грунта и плотности бетона 63
Приложение 4. Выражение концентрации раствора по весовому количеству растворенного вещества в единице объема раствора 68
Приложение 5. Таблицы для пересчета результатов анализа воды из весовой в эквивалентную форму 71
Приложение 6. Формы регистрации анализов . . .

Замеченные опечатки

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
6	6-я строка сверху	гипсоангидрид	гипсангидрид
12	10-я строка снизу	попадали не в цилиндр	не попадали в цилиндр
	8-я строка сверху	сифоном из ведра	из ведра сифоном
17	3-я строка снизу	0,05	0,05Н
21	5-я строка сверху	кальцит-иона	кальций-иона
26	20-я строка снизу	фиксанали	фиксанала
27	в п. 4.45 3-я строка	на водяной банке	на водяной бане
27	в п. 4.47 4-я строка	комплексно-метрическим	комплексно-метрическим
42	в п. 5.30 4-я строка	с гарками	сгарками
44	в п. 6.2	Анализ водяных	Анализ водных
50	в п. 6.18 13-я строка сверху	до метки неоднократным перемешиванием	до метки при неоднократном перемешивании

gost.e-ecolog.ru