ФОНД ПРЕЗИДЕНТСКИХ ГРАНТОВ

РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО ОСНОВАНО В 1845 Г.
Алтайское краевое отделение

И.В. АРХИПОВА, В.И. ЗАНОСОВА,
С.Г. ПЛАТОНОВА, В.В. СМИРНОВ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОДНИКОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

И.В. Архипова, В.И. Заносова,
С.Г. Платонова, В.В. Смирнов

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОДНИКОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Научно-популярное издание

Барнаул – 2020

УДК 504.43 (571.150)
ББК 26.22

В62

Особенности формирования, распространения и современное состояние родников Алтайского края / И.В. Архипова, В.И. Заносова, С.Г. Платонова, В.В. Смирнов. – Барнаул: ООО «Пять плюс», 2020. – 112 с.

Издание подготовлено коллективом авторов на основе проведенных ими исследований и включает описание гидрогеологических условий, ресурсов подземных вод Алтайского края. Рассмотрены факторы образования родников, классификация и режим источников подземных вод, особенности химического состава природных вод. Представлены показатели оценки пригодности родниковой воды для питьевых целей, методика изучения и основные требования к обустройству родников. Отдельный раздел посвящен представлению результатов работ, картографического и иллюстрационного материала, подготовленного в рамках проекта РГО «Чистые родники Алтая».

Подготовка и издание осуществлялись с использованием гранта Президента Российской Федерации, предоставленного Фондом президентских грантов.

Рецензенты:

Рыбкина Ирина Дмитриевна, канд. геогр. наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией водных ресурсов и водопользования ФГУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН»;

Пушкарева Татьяна Ивановна, канд. сельскоз. наук, доцент кафедры водопользования и мелиорации ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет»;

Скрипко Вадим Валерьевич, канд. геогр. наук, доцент, и.о. заведующий кафедрой природопользования и геоэкологии Института географии ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет».

Утверждено к печати Ученым советом факультета природообустройства ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет»

ISBN 978-5-6044781-6-5

©АКО ВОО РГО, 2020

Оглавление

Введение 5

Глава 1. Подземные воды Алтайского края 6
1.1. Кулундинско-Барнаульский артезианский бассейн 11
1.2. Алтае-Саянская гидрогеологическая область 14
1.3. Подземные воды предгорий Алтая и Салаира 17
1.4. Ресурсы подземных вод 19

Глава 2. Основные определения и классификация источников 22
2.1. Происхождение родников 23
2.2. Классификация источников 25
2.3. Режим источников 29

Глава 3. Формирование химического состава родниковых вод 33
3.1. Формы выражения химического состава воды 37
3.2. Методы лабораторного исследования воды 39
3.3. Классификации природных вод по интегральным показателям 39
3.4. Оценка качества родниковых вод 45

Глава 4. Методика изучения родников 50
4.1. Общая схема изучения родников 50
4.2. Правила отбора водных проб на химический анализ 53
4.3. Полевые методы определения органолептических показателей воды 57

Глава 5 Основные требования к благоустройству родников 63
5.1. Виды каптажа 64
5.2. Санитарная охрана родников 67

Глава 6. О некоторых результатах проекта «Чистые родники Алтая» 69
6.1. Организационная и просветительская работа 69
6.2. Оценка гидрохимического состава родниковых вод 73
6.3. Паспортизация родников в рамках проекта «Чистые родники Алтая» 76
6.4. Обустройство источников и прилегающих территорий 85

Заключение 94
Список использованных терминов и понятий 95
Библиографический список 100
Приложения 105

Вода – это H_2O, то есть два атома водорода, один кислорода; но есть еще третье, превращающее эти атомы в воду, и никто не знает, что это».

Дэвид Герберт Лоренс

Введение

Издание «Особенности формирования, распространения и современное состояние родников Алтайского края» подготовлено Алтайским краевым отделением Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» с использованием гранта Президента Российской Федерации, предоставленного Фондом президентских грантов в рамках проекта «Чистые родники Алтая».

Проект «Чистые родники Алтая» направлен на повышение интереса к водным объектам, источникам подземных вод – родникам и водно-экологическим проблемам Алтайского края.

Подготовленное в рамках проекта издание позволит сформировать представление о природной воде как сложном растворе различных минеральных солей, газов, биогенных и органических соединений, познакомить с особенностями формирования источников подземных вод и возможными рисками, связанными с бесконтрольным использованием родниковой воды, сформировать культуру потребления природной воды из нецентрализованных источников.

Авторы выражают глубокую признательность партнерам и участникам проекта «Чистые родники Алтая» – сотрудникам Института водных и экологических проблем СО РАН, Алтайской краевой универсальной научной библиотеки им. В.Я. Шишкова, специалистам Министерства природных ресурсов и экологии Алтайского края, КГБУ «Алтайприрода», Филиала ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Алтайского края», Центра инженерных технологий, ООО «Алтайлес», преподавателям Алтайского государственного аграрного университета, педагогам и школьникам, неравнодушным жителям края – за поддержку инициатив Алтайского краевого отделения Русского географического общества.

Глава 1. Подземные воды Алтайского края

Алтайский край расположен на юго-востоке Западной Сибири, его площадь составляет 261,7 тыс. км^2. По типу рельефа исследуемая территория делится на северо-западную – равнинную часть и юго-восточную – горную. В пределах равнинной части Алтайского края в направлении с запада на восток сменяются: Кулундинская равнина, Приобское плато, Бийско-Чумышская возвышенность, ограниченные предгорными цокольными равнинами: с юга предгорной Предалтайской на юге и Предсалаирской на востоке (рис. 1). Бийско-Чумышская возвышенность отделена от Приобского плато широкой долиной р. Оби (до 90 км), а от Предсалаирской равнины – менее широкой долиной Чумыша [1] .

Подземные воды края приурочены к двум крупным и резко отличным структурам: на равнине – к крупнейшей Западно-Сибирской системе артезианских бассейнов, сложенной мощной (до 1200 м) толщей мезозойско-кайнозойских отложений, в горах – к Алтае-Саянской гидрогеологической области, сложенной изверженными и осадочно-метаморфическими комплексами, где подземные трещинные воды находятся в зоне свободного водообмена (рис. 2) [2].

Химический состав подземных вод формируется под влиянием многих природных факторов, среди которых ведущее место принадлежит рельефу, составу горных пород, тектоническим и климатическим условиям территории, и поэтому отличается большим разнообразием. Равнинные и горные территории края существенно различаются между собой глубинами залегания подземных вод, степенью их минерализации и химическим составом, водообильностью водоносных горизонтов и общими ресурсами воды. Ведущими факторами являются геологические, к которым относятся состав горных пород, тектонические и гидрогеологические условия территории, а также физико-химические процессы.

Химический состав подземных вод формируется путем растворения и выщелачивания горных пород [3]. Гидрокарбонатные кальциевые воды чаще всего образуются при растворении карбонатов кальция, которые имеют очень широкое распространение.

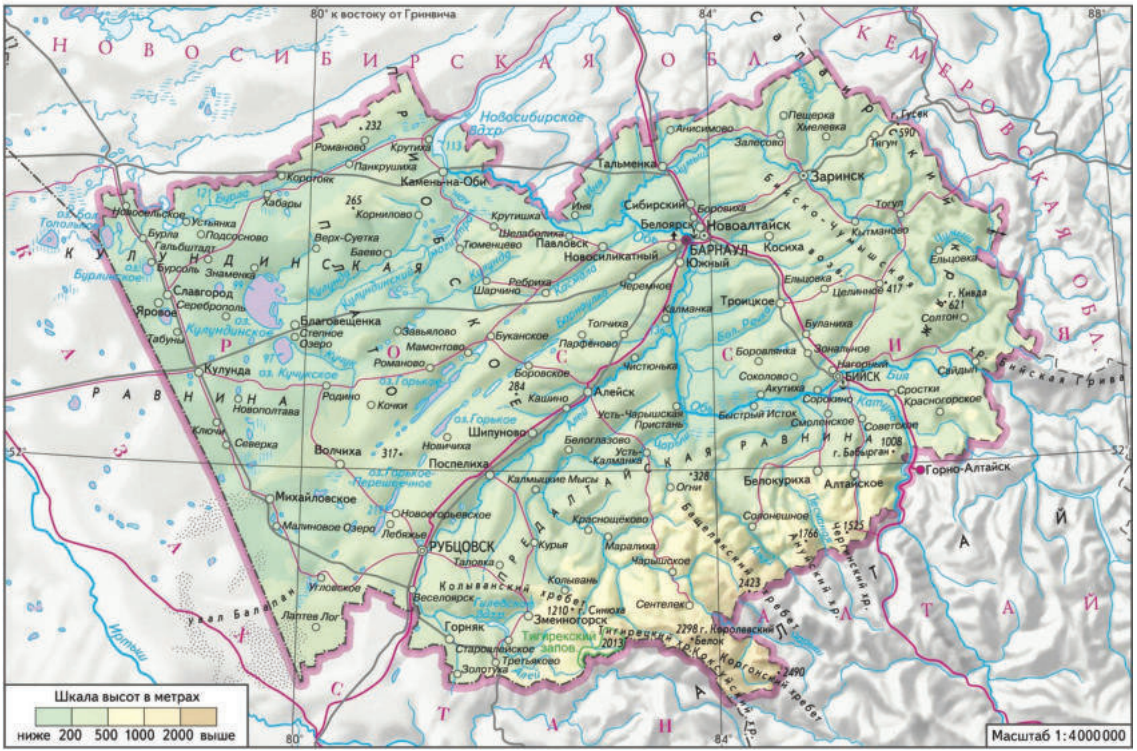


Рисунок 1. Физическая карта Алтайского края

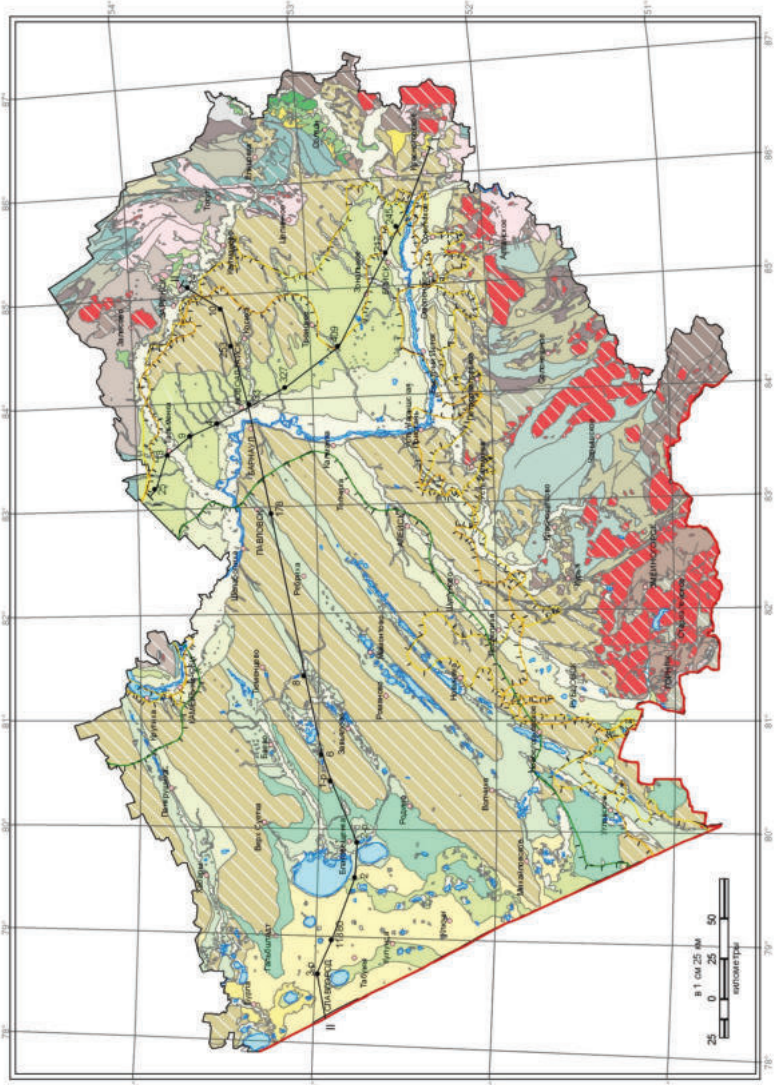


Рисунок 2. Гидрогеологическая карта Алтайского края, м-б 1:2 500 000 [20]

Условные обозначения на гидрогеологической карте и на разрезах

Гидрогеологические подразделения

- aQ_{IV} — Водоносный голоценовый аллювиальный горизонт (пойменные террасы). Пески, гравий, галечники, суглинки, супеси.
- aQ_{III} — Водоносный верхненеоплейстоценовый аллювиальный горизонт (1-3 надпойменные террасы р.р. Оби, Чумыша, Алея, Чарыша). Пески, гравий, галечники, суглинки, супеси.
- $a_1\,alQ_{II-III}$ — Водоносный средне-верхненеоплейстоценовый аллювиальный, озерно-аллювиальный горизонт (касмалинская, карасукская свиты). Пески, супеси, илы.
- aQ_{II-III} — Водоносный средне-верхненеоплейстоценовый аллювиальный горизонт (большеречейская свита). Пески, гравий, галька, супеси, илы.
- aQ_{II} — Водоносный средненеоплейстоценовый аллювиальный горизонт (монастырская свита, среднечетвертичные отложения). Пески, гравий, галька, супеси, суглинки, илы.
- pqQ_{I-II} — Относительно водоносный нижне-средненеплейстоценовый полигенетический горизонт (краснодубровская свита). Суглинки в кровле, в основании пески.
- alQ_E — Водоносный эоплейстоценовый озерный, аллювиально-озерный горизонт кочковская свита). Пески.
- N_2^{2-3} — Водоносный средне-верхнеплиоценовый горизонт (кулундинская свита). Пески, гравий, отдельные прослои и линзы глин.
- $N_1-N_2^1$ — Водоносный верхнемиоценовый-нижнеплиоценовый горизонт (павлодарская свита). Пески, гравий, прослои глин.
- $N_1^3N_2^1$ — Относительно-водоносный верхнемиоценовый-нижнеплиоценовый горизонт
- $N_1-N_2^1$ — Водоупорный верхнемиоценовый-нижнеплиоценовый горизонт (павлодарская свита). Глины.
- N_1^{2-3} — Водоносный средне-верхнемиоценовый горизонт (таволжанская свита). Пески, прослои глин
- $P_2^2-N_1^1$ — Водоносный верхнеолигоценовый-нижнемиоценовый горизонт (батуровская свита). Пески, прослои глин
- P_2^1 — Относительно-водоносный нижнеолигоценовый горизонт
- P_2^{2-3} — Водоносный средне-верхнеэоценовый горизонт
- $P_1^2-P_2^2$ — Водоупорный верхнепалеоценовый-среднеэоценовый горизонт
- P_1-P_2 — Водоносный палеоцен-эоценовый горизонт
- K_2-P_1 — Водоупорный верхнемеловой-палеогеновый горизонт. Глины.
- K_2km-m — Водоупорный кампанский -маастрихтский горизонт
- K_2km-m — Водоносный кампанский -маастрихтский горизонт
- $K\ k-km$ — Водоупорный коньякско-кампанский горизонт
- K_2k-m — Водоносный коньякско-маастрихтский горизонт
- K_1a-K_2k — Относительно водоносный аптско-коньякский горизонт
- K_1g-br — Водоносный готеривский-барремский комплекс (илекская свита). Глины, пески, мергели, алевролиты, галечники, слабо сцементированные песчаники, конгломераты.
- J_2g-J_3a — Относительно водоупорный геттанско-ааленский комплекс (глушинская, луговская свиты). Конгломераты, гравелиты, песчаники, аргиллиты, бурые угли.
- C_1s-P_1k — Водоносная серпуховско-кунгурская зона. Песчаники, алевролиты,аргиллиты, каменные угли, конгломераты, прослои и линзы известняков. Салаирский и Колывань-Томский гидрогеологические районы.
- C_2b-m — Водоносная башкирско-московская зона. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, сланцы, конгломераты, прослои и линзы известняков. Горно-Алтайский гидрогеологический район.
- D_3fm-C_1v — Водоносная фаменско-визейская зона. Сланцы, алевролиты, песчаники, известняки, гравелиты. Салаирский и Горно-Алтайский гидрогеологические районы.
- D_2ef-D_3f — Относительно водоносная эйфельско-франская зона. Вулканиты , реже терригенные породы. Колывань-Томский гидрогеологический район.
- D_2hV — Относительно водоносная живетская зона. Вулканиты основного, реже среднего состава. Салаирский гидрогеологический район.
- D_2hv-D_3f — Водоносная живетско-франская зона. Алевролиты, песчаники, известняки, мергели, сланцы. Горно-Алтайский гидрогеологический район.
- D_1e-D_3f — Водоносная эмсско-франская зона. Сланцы, алевролиты, песчаники, вулканиты кислого и основного состава, риолиты, игнимбриты, реже карбонатные породы. Рудно-Алтайский гидрогеологический район.
- D_1e-D_2hv — Относительно водоносная эмсско-живетская зона. Вулканиты основного, среднего и кислого состава, туфы, туффиты, реже песчаники, алевролиты
- D_1l-e — Водоносная лохковско-эмсская зона. Известняки, мергели, песчаники, алевролиты, сланцы, конгломераты. Горно-Алтайский и Салаирский гидрогеологические районы.
- S_1l-S_2ld — Водоносная пландоверийско-лудловская зона. Известняки, алевролиты, песчаники, конгломераты, мергели. Салаирский гидрогеологический район.
- O_1a-D_1p — Относительно водоносная аренигско-пражская зона. Базальт-кремнисто-сланцевая и кремнисто-терригенная толщи. Горно-Алтайский гидрогеологический район.
- O_1s-S_2p — Водоносная аренигско-пржидольская зона. Алевролиты, сланцы, песчаники, известняки, мергели. Горно-Алтайский гидрогеологический район.
- O_1a-O_3a — Водоносная аренигско-ашгиллская зона. Алевролиты, песчаники, аргиллиты, конгломераты, реже известняки. ССалаирский гидрогеологический район.
- PZ_1 — Относительно водоносная нижнепалеозойская зона. Метаморфические сланцы, гнейсы, мраморизованные известняки, амфиболиты. Рудно-Алтайский и Горно-Алтайский гидрогеологические районы.
- ϵ_2am-O_1t — Водоносная амгинско-тремадокская зона. Песчаники, алевролиты, сланцы, аргиллиты, конгломераты, гравелиты, реже базальты. Салаирский и Горно-Алтайский гидрогеологические районы.
- ϵ_2m-O_1t — Относительно водоносная майско-тремадокская зона. Вулканиты среднего и основного состава. Колывань-Томский гидрогеологические районы.
- ϵ_1at-tn — Водоносная атдабанско-тойонская зона. Известняки, песчаники, сланцы, конгломераты, гравелиты, реже вулканиты основного состава. Салаирский, Колывань-Томский и Горно-Алтайский гидрогеологические районы.
- $V-\epsilon_1at$ — Водоносная вендско-атдабанская зона. Известняки, доломиты, базальты, песчаники, глинистые сланцы, реже вулканиты основного состава. Салаирский, Колывань-Томский и Горно-Алтайский гидрогеологические районы.
- R_3V — Водоносная верхнерифейско-вендская зона. Известняки, доломитированные известняки, силицилиты.
- γPZ — Относительно водоносная палеозойская зона. Интрузивные образования различного возраста и состава. Граниты, диориты, сиениты, габбро, нефелиновые сиениты, пироксениты и др.
- PZ — Водоносная палеозойская зона (нерасчлененные отложения различного состава) - на разрезах

II. Границы гидрогеологических подразделений, залегающих ниже первого от поверхности

- Неоген-четвертичный водоносный комплекс
- Палеогеновый водоносный комплекс
- Меловой водоносный комплекс
- II — II — Линия геолого-гидрогеологического разреза

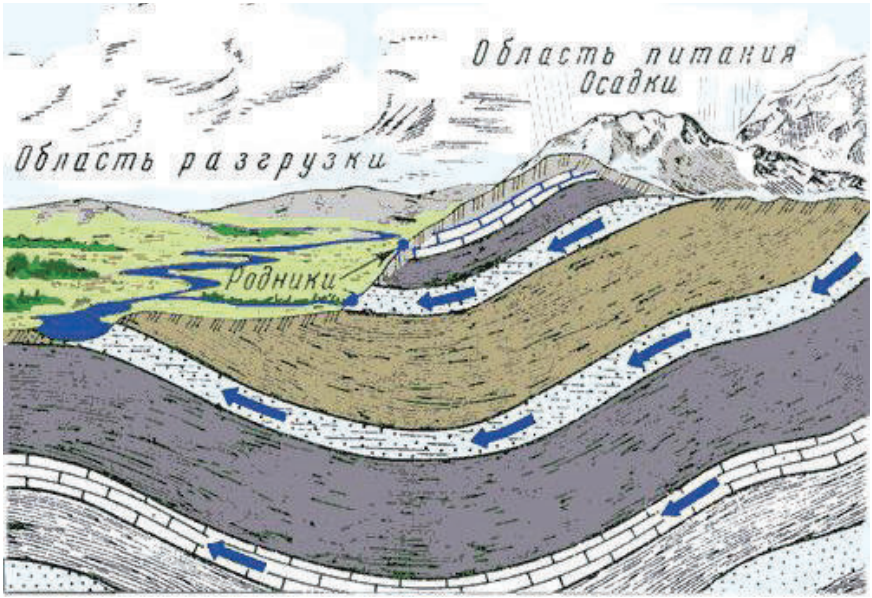


Рисунок 3. Факторы формирования подземных вод [58]

Гидрокарбонатные магниевые воды среди осадочных пород встречаются как исключение из-за редкого нахождения минералов соответствующего состава. В доломитовых толщах формируются обычно гидрокарбонатные магниево-кальциевые или кальциево-магниевые.

Происхождение гидрокарбонатных натриевых (содовых) вод представляется более сложным. Содовые воды чаще всего формируются при выветривании содержащих натрий массивно-кристаллических и осадочных пород.

В осадочных толщах содовые воды могут образоваться в результате катионного обмена. Точно так же воды сульфатные натриевые и сульфатные магниевые преимущественно формируются путем катионного обмена.

Обогащение природной воды тем или иным элементом определяется не только его общим содержанием в породах и почвах, но и миграционной способностью [7]. В сущности, водная миграция большинства химических элементов сводится к прохождению ими через серию гомогенных и гетерогенных геохимических барьеров в горных породах.

1.1. Кулундинско-Барнаульский артезианский бассейн

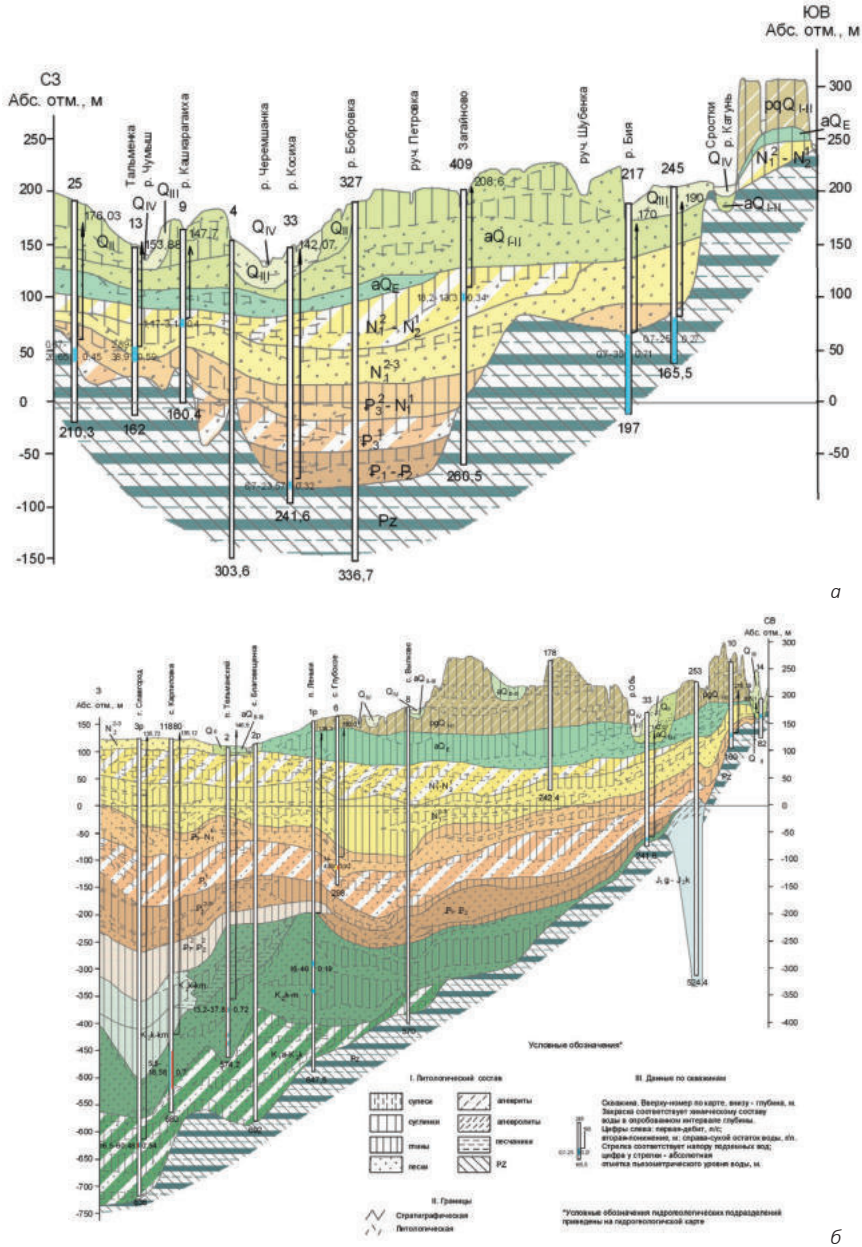
Кулундинско-Барнаульский артезианский бассейн является структурой 2-го порядка Западно-Сибирской системы артезианских бассейнов и приурочен к равнинной части края [9].

Важной особенностью в строении артезианского бассейна является наличие двух структурных этажей: верхний – платформенный чехол, содержащий напорные пластовые воды, представлен преимущественно песчано-глинистыми, суглинистыми и лишь по долинам крупных рек песчано-галечниковыми, гравийно-галечниковыми, валунно-галечниковыми отложениями мезо-кайнозойского возраста мощностью 0-50 м, реже 85-100 м. На водораздельных участках развиты средне- и позднечетвертичные лессовидные карбонатные суглинки, подстилаемые разнозернистыми песками [2]. Нижний структурный этаж сложен продуктами пестроцветной мел-палеогеновой коры выветривания преимущественно каолинит-гидрослюдистого состава, которые локализуются в погребенных долинах, а также включает зоны трещиноватости в тектонизированных породах, к которым приурочены напорные трещинные, трещинно-жильные воды [9].

Разрезы бассейнов представляют переслаивание обводненных песчано-гравийных слоев с водоупорными отложениями. Практически это единая водонапорная система с разнообразными гидродинамическими и гидрохимическими условиями (рис. 4).

Между водоносными горизонтами в разрезе бассейна наблюдается затрудненная гидравлическая связь через гидрогеологические окна в водоупорах и через водоупорные толщи, не выдержанные по мощности и литологическому составу. На условия формирования подземных вод существенно оказывают дренирующее влияние р. Обь, имеющая широкую и глубоко врезанную долину. В целом отмечено изменение химического состава подземных вод с востока (где преобладают лесные и лесостепные ландшафты) на запад с лесостепными и степными ландшафтами.

Восточная часть края характеризуется повсеместно гидрокарбонатным типом вод различной степени минерализации (от 0,2 до 0,6 г/л), т.к. вмещающими породами являются аллювиальные песчаные фации четвертичного возраста. Мощность их изменчива: на вершинах водоразделов Приобского плато и Бийско-Чумышской возвышенности она



а

б

Рисунок 4. Геолого-гидрогеологические разрезы:
а – горизонтальный, м-б 1:2 000 000; *б* – вертикальный, м-б 1:5 000.

достигает 80-100 м, а вдоль склонов речных долин уменьшается до 520 м. В основании водоносных горизонтов залегают грубообломочные отложения (гравий, песок с гравием и галькой) в виде линз, реже протяженных пластов вдоль террас рек (атлымская, знаменская, кулундинская, монастырская свиты) [2].

С глубиной минерализация возрастает и гидрокарбонатный, кальциевый, магниевый тип сменяется сульфатно-гидрокарбонатным, кальциевым, магниевым, натриево-калиевым. В западной части региона, в зоне лесостепей и степей, минерализация, щелочность, жесткость подземных вод достаточно высокая. Содержание кальция в водах лесостепной зоны уменьшается по сравнению с зоной лесов. Замедление его роста в водном растворе начинается примерно при минерализации 0,7 г/л. Артезианский бассейн характеризуется химическим составом подземных вод степных ландшафтов в условиях аридного климата с дефицитом влаги и преобладанием испарения над фильтрацией. В условиях степной зоны распространено континентальное засоление, которое наблюдается во всех компонентах геологических сред: почвах, грунтах, подземных, озерных, болотных, речных и почвенных водах, растениях.

В первом от поверхности водоносном комплексе, в зоне активного водообмена, минерализация подземных вод изменяется в пределах 1-1,5 г/л и относится к гидрокарбонатному, сульфатно-гидрокарбонатному, хлоридно-гидрокарбонатному натриево-калиевому, кальциевому, магниевому типам. С глубиной в нижних водоносных комплексах, где затруднен водообмен, минерализация растет до 4-10 г/л, происходит смена типа вод на сульфатный, хлоридно-сульфатный, хлоридный натриево-калиевый, кальциевый. Последний тип также характерен для палеогеновых, меловых водоносных комплексов и вод палеозойского фундамента. Анализ поведения основных катионов в подземных водах указывает на то, что с ростом минерализации до 0,5-0,8 г/л наблюдается увеличение содержания кальция и уменьшение содержания натрия, а при большей минерализации (0,8-1,5 г/л) преобладают натрий и сульфат-ион. Характерной особенностью вод является повышенная минерализация и переход на некоторой глубине от карбонатных кальциево-натриевых в натриево-кальциевые, а затем в содовые. Последние формируются при определенной минерализации на определенной стадии взаимодействия с горными

породами в результате проявления процессов континентального засоления. Эти воды занимают промежуточное положение между сульфатными и хлоридными (распространены в юго-западной части края – на границе с Казахстаном).

Таким образом, каждый химический тип воды характеризуется определенными величинами общей минерализации. Наименьшие пределы, отражающие начальные фазы метаморфизации, свойственны гидрокарбонатным водам, наибольшие – бессодовым хлоридным, хлоридно-сульфатным, сульфатным, сформированным в фазы наиболее глубокой метаморфизации.

1.2. Алтае-Саянская гидрогеологическая область

Алтае-Саянская гидрогеологическая область трещинно-карстовых, трещинно-жильных вод занимает северо-восточную, восточную и южную части территории Алтайского края, охватывая с запада на восток складчатые сооружения Рудного, Горного Алтая и Салаира.

В силу своего аккреционно-коллизионного происхождения Алтае-Саянская складчатая область имеет мозаичное тектоническое строение с большим количеством разно-ориентированных разрывных нарушений. Главной отличительной чертой ее тектонического строения является разнонаправленность и торцевое сочленение отдельных региональных структурных элементов. В большей степени такое строение связано с крупноамплитудным смещением структур по разломам сдвиговой природы, разнонаправленностью и неодноактностью процессов аккреции и коллизии [15].

Трещинно-жильные воды, приуроченные к зонам тектонических нарушений, формируются за счет подземных вод кор выветривания и глубоких горизонтов. Тектонические нарушения и определяющие их зоны интенсивной трещиноватости аккумулируют значительные запасы подземных вод [9].

Для зоны развития напорных вод характерна мощная перекрывающая толща рыхлых образований. Защищенность трещинных вод достаточно надежная, за исключением участков речных долин. Питание подземных вод местное, затруднено вследствие наличия слабой проницаемости перекрывающей глинистой толщи, частичная разгрузка происходит по долинам рек и ручьев.

Питание безнапорных трещинных вод осуществляется в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков на площади их распространения. Частичная разгрузка происходит в речную сеть.

По химическому составу подземные воды делятся на ультрапресные, пресные, слабосолоноватые различного анионно-катионного состава. В ультрапресных водах наблюдается преобладание натрия над другими катионами. С увеличением минерализации до 0,5-0,6 г/л аккумуляция натрия замедляется, преобладают кальций и магний, а при увеличении минерализации свыше 0,6 г/л вновь возрастает, тогда как рост концентрации кальция замедляется. В пределах всей территории с глубиной четко наблюдаются изменения химического состава природных вод. Характерно преобладание гидрокарбонат-иона и уменьшение минерализации по долинам крупных рек на Салаире и в Горном Алтае, что свидетельствует о влиянии поверхностных вод, атмосферных осадков и вмещающих пород на химический состав подземных вод. В восточной части исследуемой площади четко прослеживаются сульфатные, сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные типы вод с повышенной минерализацией в пределах интрузивных комплексов и Аламбайского блока [9].

На Салаире питание подземных вод затруднено из-за повсеместно развитого мощного чехла глинистых, покровных суглинистых отложений. Исключение составляет обнаженная часть Салаирского кряжа и отдельные останцы крепких пород. Линейно вытянутые по простиранию узкие полосы тектонизированных закарстованных карбонатных пород (с образованием воронок, пустот, пещер и т. д), распространенных среди слабо трещиноватых, менее водообильных эффузивно-осадочных и терригенно-осадочных, образуют изолированные полураскрытые бассейны подземных трещинно-карстовых вод гидрокарбонатного, кальциевого типа с минерализацией до 0,5 г/л.

С глубиной просматривается взаимосвязь всех водоносных комплексов, кроме выделяющейся полосы сульфатных вод различной минерализации в «прифасовой» части Алтая. С зонами неотектонических нарушений связаны немногочисленные проявления термальных слаборадоновых сульфатно-гидрокарбонатных, натриевых вод (Белокурихинское, Искровское, Черновское).

Концентрация солей в подземных водах низкогорной зоны на территории Горного Алтая и Салаира из-за длительного взаимодей-

ствия с породами и в условиях затрудненного водообмена возрастает до 0,8 г/л, а в тектонических зонах, по которым поступают воды из нижних водоносных комплексов, возрастает до 1,5 г/л (например, в зоне влияния Чарышского глубинного разлома присутствуют серебро – 0,02-0,2 мкг/л, медь – 9-24 мкг/л, свинец – 5-11,8 мкг/л, цинк – 158-254 мкг/л. Химический состав вод с глубиной изменяется от сульфатно-гидрокарбонатного, кальциевого, магниевого до сульфатного и хлоридно-гидрокарбонатного, кальциевого, магниевого в областях распространения интрузивных комплексов [18]. Изменение состава подземных вод в горно-складчатой области зависит от вмещающих пород и тектонических условий региона, а в равнинной части наблюдается закономерная вертикальная зональность, т. е. с глубиной возрастает минерализация вод и меняется их химический состав, что зависит от степени метаморфизации, водообильности водоносных отложений, подземного стока и вмещающих пород.

Слабоминерализованные термальные воды, обогащенные радоном, установлены в северной части Горного Алтая (Белокурихинское месторождение). Обогащение вод радоном происходит за счет движения их в гранитах с повышенной эманирующей способностью.

Естественная разгрузка подземных вод, приуроченных к горным сооружениям Алтая и Салаира, в виде родников или ключей является еще одной особенностью этой территории. Известны постоянно действующие родники, образующие линейные очаги разгрузки вдоль тектонических нарушений с суммарным дебитом до 170 л/сек и более (Сарасинская зона). Воды в основном гидрокарбонатные кальциевые или магниевые, иногда сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые или магниевые с минерализацией 0,5-0,7 г/л, последние приурочены к зонам сульфидной минерализации.

Отличные органолептические свойства родниковых вод, а также относительно простые способы забора воды привели к широкому использованию ее для целей питьевого децентрализованного или индивидуального водоснабжения небольших населенных пунктов.

К разломам, ориентированным широтно, приурочены выходы среднетермальных (до 42 °С) источников радоновых азотно-кремнистых вод. Повышенная доза радиации на этих территориях определяется коренными выходами магматических пород ультракислого и щелочного составов, а также ультраметаморфическими формациями.

1.3. Подземные воды предгорий Алтая и Салаира

Южная, юго-восточная и восточная территории края совпадают с горным обрамлением равнин юга Западной Сибири, и по гидрогеологическому районированию они относятся к краевым частям Западно-Сибирского артезианского бассейна. Территории многих районов лежат на стыке бассейна порово-пластовых вод с трещинными подземными водами горных сооружений Алтая и Салаира.

Сочленение двух гидрогеологических структур, значительная расчлененность рельефа, различные рудопроявления и механические ореолы рассеяния полиметаллических руд определили своеобразие гидрохимического состава подземных вод.

По условиям залегания, питания, циркуляции, разгрузки и в соответствии с разрезом водовмещающих пород в исследуемом регионе выделяется два водоносных комплекса: водоносный комплекс неоген-четвертичных отложений и палеозойского фундамента.

Кроме того, здесь встречаются воды, приуроченные к линзам песков, имеющих локальное распространение, в глинах павлодарской и аральской свит.

Водоносный горизонт четвертичных отложений распространен в основном в долинах рек и временных водотоков. Подземные воды здесь характеризуются пестрым химическим составом – от гидрокарбонатного кальциевого до сложного хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатного натриево-кальциево-магниевого состава и неравномерной минерализацией, от 0,1 до 10 г/л и выше. Воды, находясь в тесном соприкосновении с вмещающими породами, изменяют свой состав путем замещения и катионного обмена, приближая его к химическому составу водоносных пород. Кроме того, в районах широко развиты разрывные структуры, обусловливающие связь между отдельными водоносными горизонтами, что также оказывает большое влияние на формирование химического состава природных вод.

Значительную роль в формировании химического состава подземных вод играют полиметаллические месторождения и рудопроявления, имеющие широкое распространение в юго-западных районах края, на границе с Рудным Алтаем.

На большей части предгорных территорий безнапорные и слабонапорные воды неоген-четвертичного комплекса в естественных усло-

виях не защищены или условно защищены на отдельных участках от загрязнения. Особенно это касается подземных вод в долинах рек, в пределах пойм и первых надпойменных террас, а также на участках, где зона аэрации представлена песчаными отложениями или переслаивающимися песками, супесями и суглинками. Подземные воды, приуроченные к коре выветривания и интенсивно дислоцированным образованиям палеозоя, также в значительной степени подвержены загрязнению, т.к. на отдельных площадях выходят на дневную поверхность или перекрыты в кровле маломощными рыхлыми неоген-четвертичными отложениями.

При приближении к горным сооружениям и близости фундамента отмечается приуроченность хлоридных вод к выходам интрузивных пород и к зонам современной тектонический активности. В этих условиях сульфатные воды тяготеют в основном к зонам сульфидизации, распространения медно-колчеданно-полиметаллических руд (Рудный Алтай), а также к зонам современной тектонической активности, содержащим такие элементы, как меди, цинка, свинца, молибдена, марганца, железа, сероводорода, азота.

С уменьшением pH в кислой среде в подземных водах происходит увеличение содержания цинка, марганца, свинца, сурьмы, титана, и наоборот, в щелочной среде – уменьшается. В пределах лесостепной зоны наблюдаются признаки засоления вод, обусловленного выщелачиванием солей гипсоносных толщ палеозойского возраста. Отмечаются повышенные концентрации хлоридов и сульфатов, а также относительно высокое содержание железа, что объясняется наличием значительного количества органического вещества и более интенсивным растворением железорудных скарновых месторождений в условиях повышенной минерализации.

Таким образом, предгорная часть Кулундинско-Барнаульского бассейна характеризуется однотипным микроэлементным составом (цинк, медь, свинец, мышьяк, железо, иногда молибден) подземных вод верхнего этажа, что свидетельствует о взаимосвязи водоносных комплексов мезо-кайнозоя с трещинными водами палеозойского фундамента и водами интрузивных массивов вблизи Рудного Алтая, Горного Алтая и Салаира.

1.4. Ресурсы подземных вод

Алтайский край обладает значительными ресурсами питьевых и минеральных подземных вод, приуроченных к рыхлым отложениям мезо-кайнозойского возраста и трещинно-жильным коллекторам в вулканогенных, терригенных, карбонатных и интрузивных образованиях палеозойского и протерозойского возрастов. В центральной и северной части края для водоснабжения используются порово-пластовые подземные воды, в южной и восточной – трещинные и трещинно-жильные воды палеозойских и протерозойских образований.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы питьевых и технических подземных вод оцениваются в количестве 11 634,9 тыс. м^3/сут., в т.ч. с минерализацией до 1 г/дм^3 – 9819,9 тыс. м^3/сут., 1-1,5 г/дм^3 – 996,8 тыс. м^3/сут., 1,5-3 г/дм^3 – 818,2 тыс. м^3/сут. [18]. Распределение прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод в пределах административных районов крайне неравномерное.

Территориальная характеристика ресурсов подземных вод обусловлена в основном гидрогеологическими условиями. Так, в центральной части Приобского плато (Завьяловский, Мамонтовский, Новичихинский, Романовский районы) ресурсы пресных подземных вод практически отсутствуют. В незначительных количествах (от 2,8 до 19,2 тыс. м^3/сут.) они имеются в Панкрушихинском, Суетском, Рубцовском и Поспелихинском районах, тяготеющих к западным окраинам Приобского плато и предгорьям Алтая. На остальной территории края развиты преимущественно пресные подземные воды.

В целом по Алтайскому краю прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод оценены в количестве 9819,9 тыс. м^3/сут., в т.ч. для артезианских бассейнов – 6280,2 тыс. м^3/сут. и горно-складчатых областей – 3539,7 тыс. м^3/сут. [18].

Дополнительную информацию о прогнозных эксплуатационных запасах в условиях неравномерной изученности дает использование метода аналогии с применением показателя – модуль прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод [21, 47].

На большей части территории Алтайского края модули эксплуатационных ресурсов подземных вод попадают в градацию 0,5-1 л/с × км^2. В правобережных районах долины Оби и предгорных районах они превышают 1 л/с × км^2 (рис. 5).

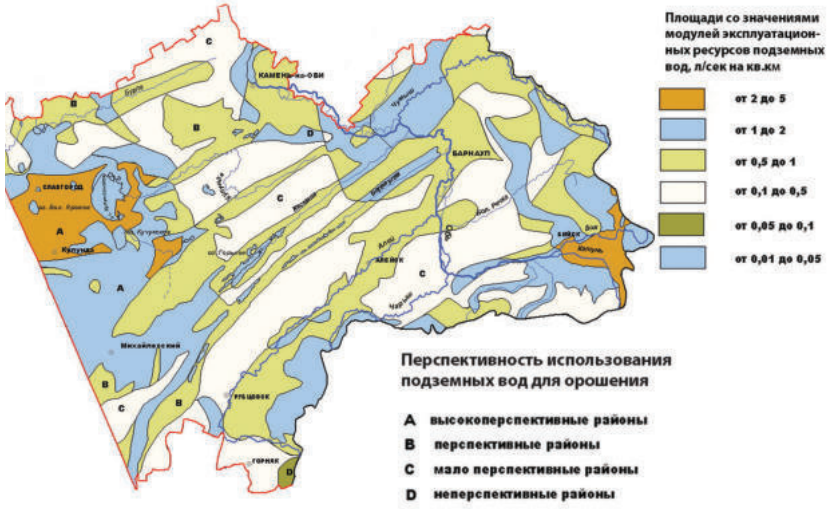


Рисунок 5. Схема модулей прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод [20]

В целом для Алтайского края модуль прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод составляет в среднем 0,71 л/с × км^2 [23].

Перспективная потребность в подземных водах на хозяйственно-питьевые нужды края, составляющая около 2 млн м^3/сут., обеспечена прогнозными эксплуатационными ресурсами подземных вод (рис. 6) [24]. На большей части края (47 административных районов) имеются весьма благоприятные условия для организации хозяйственно-питьевого водоснабжения за счет подземных вод.

Ряд районов практически не имеет запасов подземных вод для питьевого водоснабжения: Мамонтовский, Романовский, Завьяловский, Баевский, Рубцовский, Тюменцевский, Волчихинский, Родинский, Новичихинский, Благовещенский, Хабарский, Панкрушихинский.

В Алтайском крае используется менее 20 % пресных подземных вод от общих прогнозных эксплуатационных ресурсов.

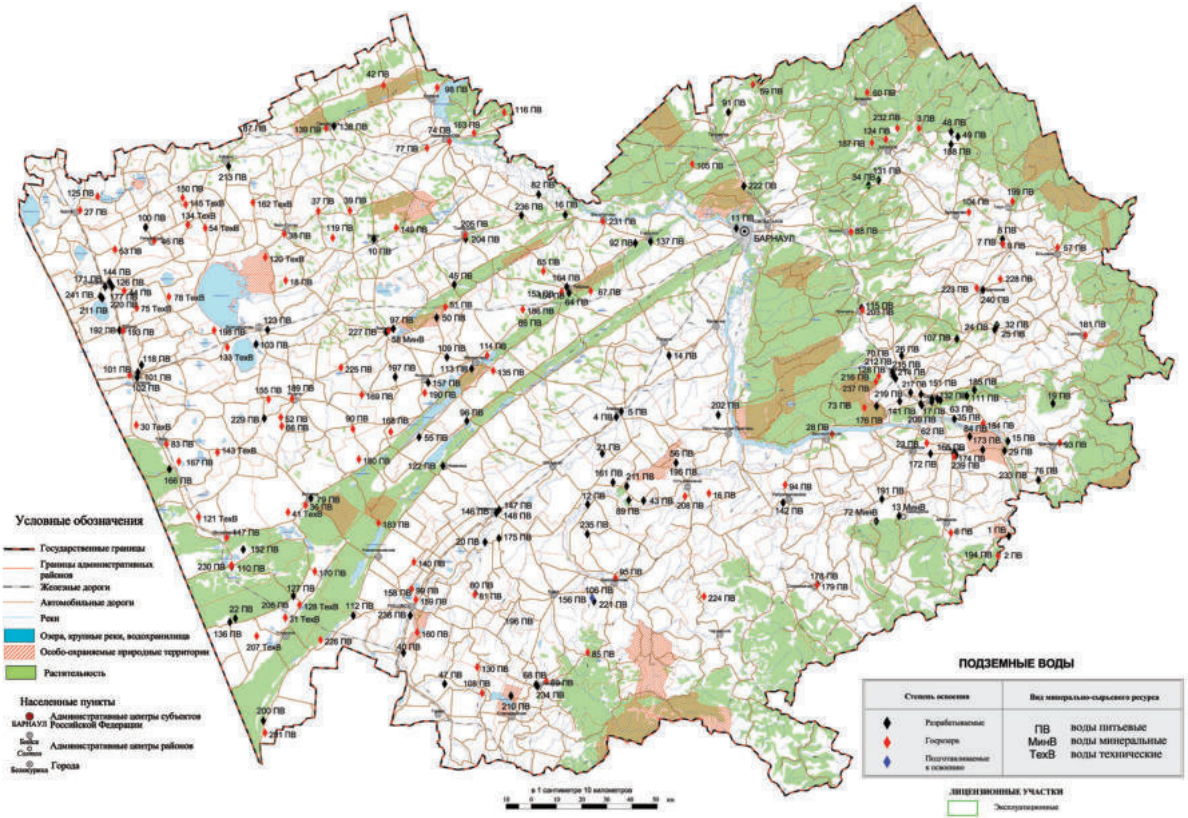


Рисунок 6. Размещение распределенного и нераспределенного фонда месторождений подземных вод по Алтайскому краю [20]

Глава 2. Основные определения и классификация источников

Источник (родник, ключ) – естественный выход подземной воды на земную поверхность на суше или под водой (подводный источник) [8, 28]. Термин «источник» употребляется для выхода любой подземной воды (пресной, минеральной, термальной), родник – преимущественно для естественных выходов пресной воды. Понятия «источник», «родник», «ключ» не имеют четкого разграничения, хотя источником чаще называют более крупные выходы пресных вод, а также выходы минеральных и термальных вод. Термин «родник», «ключ» обычно применяют для небольших выходов грунтовых вод [30, 37].

Значение родников в природе и жизни людей многогранно. Источники подземных вод являются составной частью природных комплексов, играя средообразующую роль в формировании многообразия видов в пределах биогеоценозов [43]. Родники имеют большое значение для питания поверхностных водотоков и водоемов, поддержания водного баланса и сохранения стабильности окружающих их биоценозов [29].

Некоторые родники представляют собой уникальные гидрологические объекты, ценные в культурном и рекреационном отношениях. Люди с удовольствием проводят время там, где есть источники, не только потому, что можно попить воды. Родники усиливают эстетическую ценность ландшафта. Многие из них имеют религиозное значение.

И хотя в крупных населенных пунктах родники не являются основным источником питьевого водоснабжения, в сельской местности их значимость сохраняется. Следовательно, для оценки пригодности родников для хозяйственно-питьевых целей важно иметь информацию о происхождении, режиме функционирования и качестве воды в источниках, чтобы она не стала угрозой для здоровья людей.

2.1. Происхождение родников

Выход подземных вод на поверхность, т. е. образование родников, может быть обусловлено различными, часто связанными между собой факторами:

- пересечением водоносных горизонтов эрозионными и другими отрицательными формами современного рельефа (например, речными долинами, балками, оврагами, озерными котловинами и т. п.);
- геолого-структурными особенностями местности (наличие трещин, зон тектонических нарушений, контактов изверженных и осадочных пород);
- фильтрационной неоднородностью водовмещающих пород в зонах контактов, где могут образоваться открытые трещины, выводящие на поверхность подземные воды.

Примеры образования источников в различных гидрогеологических условиях приведены на рисунке 7.

Выход подземных вод, расположенный на склонах или у основания гор, холмов или иных возвышенностей, обычно образует сравнительно узкий и быстрый родниковый ручей. Такие родники можно назвать эрозионными, потому что они обязаны своим происхождением размывающей деятельности поверхностных потоков.

Источник может быть в виде небольшого проточного водоема, куда разгружается грунтовая вода преимущественно снизу, а ее избыток образует ручеек (небольшую речку). Множество небольших выходов подземных вод на относительно ровную поверхность может образовывать топкое, заболоченное место.

Если склоны долины или оврага покрыты наносами, то последние могут замаскировать выход подземной воды; она будет прокладывать себе путь по склону под наносами. Если толщина наносов не особенно велика, подземная вода промачивает их, и тогда место замаскированного выхода подземной воды отмечается на склоне более яркой зеленой растительностью, выпотами воды, заболоченностью. Если водоносная толща лежит на более или менее правильно залегающем водоупорном ложе, то и источники будут выступать по более или менее правильной линии вдоль всего склона. От насыщенности водой водоносной толщи зависит обилие воды в источниках или родниках.

Если водоупорное ложе в месте размыва его оврагом или рекой образует синклинальный прогиб, то родники будут выступать на обоих склонах оврага или долины. Когда они прорезывают крыло складки, родники будут приурочены только к тому склону, который срезает поднимающуюся от оврага часть крыла. Если прорезается замок антиклинальной складки, то естественно оба склона оврага будут сухими.

Если водоупорное ложе образует синклиналеподобный прогиб, в котором вмещается водопроницаемая и водоносная толща, в нем может накапливаться вода до тех пор, пока не будет заполнена вся толща водоносной породы. При дальнейшем накоплении вода начнет изливаться в виде родников по границе налегания водоносной толщи на водоупор.

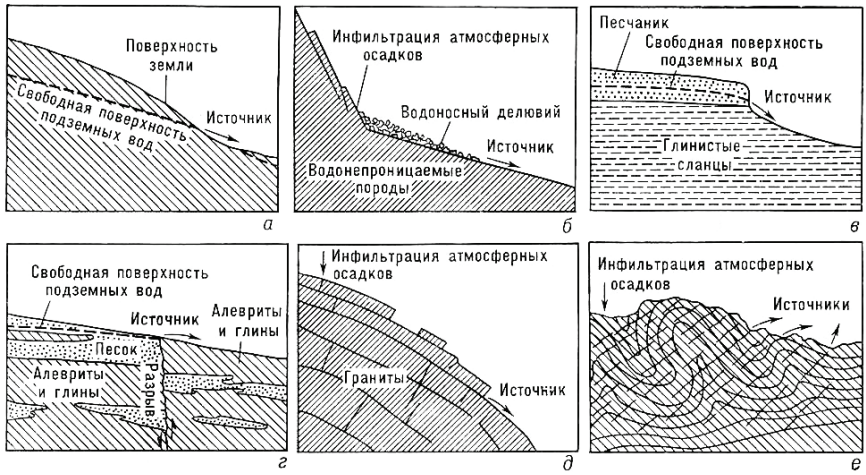


Рисунок 7. Примеры условий образования источников [58]

а – пересечение поверхности земли свободной поверхностью подземных вод; *б* – инфильтрация атмосферных осадков в грубообломочные делювиальные отложения; *в* – сочетание водопроницаемых песчаников и подстилающих их слоев водонепроницаемых глинистых сланцев; *г* – разрыв по контакту водонепроницаемых пород с проницаемыми аллювиальными отложениями; *д* – плитчатая структура гранитов; *е* – преобладающее направление трещиноватости пород.

2.2. Классификация источников

В настоящее время единой сводной классификации источников, отражающей условия их выхода, связь с различными типами подземных вод, их режим и практическое использование, не существует. По современной классификации естественных выходов подземных вод родники подразделяются на две крупные группы: наземные и подводные.

По связи с безнапорными и напорными подземными водами родники подразделяют на нисходящие, связанные с безнапорными водоносными горизонтами, и восходящие, питающиеся напорными водами [58].

По приуроченности к типам подземных вод выделяют источники:

- питающиеся верховодкой;
- грунтовых поровых вод;
- напорных (артезианских) поровых вод;
- трещинных вод;
- карстовых вод;
- подземных вод в области многолетней мерзлоты.

Родники, питающиеся верховодкой. Верховодкой называются временные скопления подземных вод в зоне аэрации над поверхностью отдельных слоев или линз, обладающих слабой проницаемостью. Верховодка расположена выше уровня грунтовых вод, и родники, питающиеся верховодкой, характеризуются резкими колебаниями дебита, температуры и состава, зависящими от изменения метеорологических условий (рис. 8).

Родники грунтовых поровых вод. Грунтовые воды – это подземные воды первого от поверхности земли постоянно существующего водоносного пласта, расположенного на первом от поверхности водоупоре и имеющего региональное распространение.

Источники грунтовых поровых вод являются нисходящими, их дебит, температура и состав подвержены сезонным и в меньшей мере эпизодическим колебаниям, которые обусловлены также в основном изменением метеорологических условий района.

Эта группа родников разделяется на четыре типа в зависимости от характера выхода грунтовых вод на поверхность земли: эрозионные, контактовые, экранированные и субаквальные.

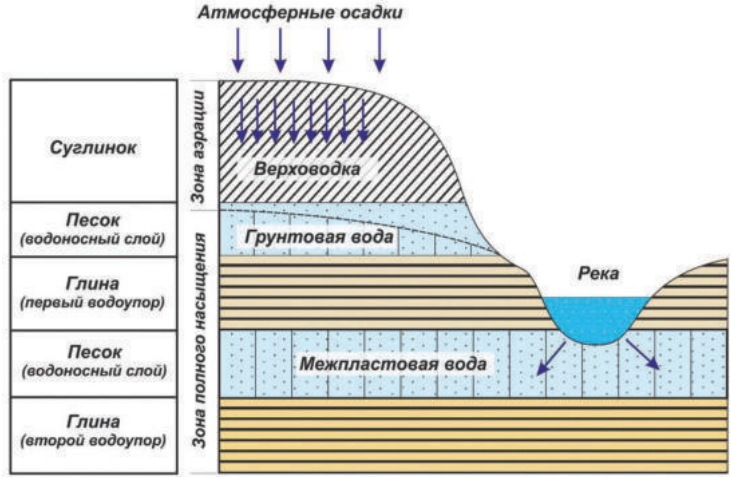


Рисунок 8. Классификация подземных вод по условиям залегания

Эрозионные (депрессионные) родники образуются в том случае, когда эрозионные врезы вскрывают депрессионную поверхность грунтовых вод, не прорезая весь водоносный горизонт до подстилающего водоупора. Формирование подобных выходов весьма характерно для понижений речных и озерных террас, заболоченных низменностей, а также для мелких эрозионных врезов (оврагов, промоин, балок и др.).

Контактовые родники образуются в том случае, когда эрозионные врезы вскрывают контакт хорошо проницаемых пород со слабопроницаемыми или водоупорными породами.

Экранированные (переливающиеся) родники формируются в условиях, когда поток грунтовых вод достигает границы распространения слабопроницаемых пород (экрана). Подобные условия разгрузки характерны для оползневых склонов (делювия), а также участков фациального или тектонического экранирования водоносных пород. Наличие такого экрана приводит к местному подъему уровня грунтовых вод и к формированию восходящей (подпертой) разгрузки грунтовых вод.

Субаквальные родники – это сосредоточенные выходы подземных вод в руслах рек или на дне водоемов ниже уровня поверхностных вод.

Родники межпластовых (артезианских) вод. Межпластовые воды – это подземные воды, залегающие между водоупорными породами. К межпластовым водам относят артезианские воды. Артезианскими

называют напорные подземные воды, самоизливающиеся при вскрытии. Режим родников, питающихся межпластовыми водами, отличается большой стабильностью, т. е. весьма небольшими сезонными и годовыми колебаниями расходов, температур и химического состава воды.

Источники трещинных вод. В горно-складчатых областях формирование подземных вод происходит на водораздельных участках, в результате просачивания в поры и трещины атмосферных осадков и талых вод. Это обусловлено геологическими и тектоническими особенностями территории, т.к. горные породы разбиты тектоническими разломами и трещинами, что обеспечивает вертикальную и горизонтальную фильтрацию подземных вод при формировании источников (рис. 9).

Родники грунтовых и напорных трещинных вод бывают нисходящие и восходящие. Первые связаны с трещинами зоны выветривания магматических, метаморфических и осадочных горных пород. От источников грунтовых паровых вод они отличаются тем, что обычно имеют более концентрированные сосредоточенные выходы. Восходящие источники приурочены к отдельным тектоническим трещинам и зонам тектонических нарушений, пересекающих и дренирующих систему трещин зоны выветривания. Эти источники питаются напорными трещинными водами, причем напор в них обуславливается гидростатическим давлением, давлением газов (нарзаны) или водяных паров (гейзеры). К этой группе относится большинство выходов минеральных вод, а также термальные источники.

Рисунок 9. Схема формирования трещинно-жильных и карстовых вод

Источники карстовых вод. Карстовыми или трещинно-карстовыми называются свободные (гравитационные) подземные воды, связанные с горными породами, имеющими пустоты, образующиеся в результате растворения минерального скелета горной породы. Форма и размеры подземных карстовых пустот могут быть резко различными: от мелких пустот (каверн) диаметром 2-3 мм до пещер и крупных подземных гротов. Растворимыми (карстующимися) горными породами являются карбонатные породы (известняки, доломиты, мергели и др.); сульфатные (гипс, ангидрит) и хлоридные (галит, сильвин). Родники, питающиеся карстовыми водами, отличаются большим разнообразием условий выхода на поверхность, они имеют крупные сосредоточенные выходы и наибольшие расходы воды.

Источники грунтовых и напорных карстовых вод могут быть как нисходящими, так и восходящими. Из большого количества разнообразных карстовых источников можно выделить три подгруппы: перемежающиеся, постоянные и субмаринные.

Перемежающиеся источники характеризуются резким непостоянством дебита во времени; действуя по принципу сифона, они дают то большие дебиты, то очень малые, вплоть до прекращения выхода воды. Связаны подобные источники с зоной, залегающей выше уровня карстовых вод.

Постоянные источники связаны с крупными трещинами, подземными каналами, горизонтальными пещерами, развитыми в зоне распространения основных карстовых водоносных горизонтов. Дебит этих источников иногда достигает нескольких кубических метров в секунду, причем часто имеет резкие колебания по сезонам года.

Субмаринные (эжекторные) источники приурочены к подземным карстовым каналам, залегающим ниже уровня моря. Характерной особенностью этих источников является периодичность их выхода под водой в зависимости от соотношения давлений в канале и над головками источников. Если давление в канале превышает давление столба воды над головкой источника, то последний функционирует. При обратном соотношении давлений происходит засасывание морской воды вглубь карстующегося массива (морская мельница). Иногда при соответствующей взаимосвязи трещин и каналов в карстующемся массиве засасывание сопровождается выходом морской воды выше уровня моря.

Источники подземных вод области многолетней мерзлоты. Зона многолетней мерзлоты (креалитовая зона) – зона, в которой грунты постоянно или длительное время (в течение многих лет) находятся в мерзлом состоянии. В областях вечной мерзлоты выделяются надмерзлотные – нисходящие, межмерзлотные – восходящие и подмерзлотные – восходящие источники подземных вод.

К особой группе источников, встречающихся в районах молодой вулканической деятельности, относятся гейзеры, получившие свое название от района Гейзер в Исландии, где они впервые были исследованы.

Особое место занимает группа родников, образование которых связано с деятельностью человека. Это родники, выходящие в нижнем бьефе плотин, образованные в результате фильтрации из оросительных каналов и выклинивающиеся на орошаемых массивах (возвратные воды) и др.

2.3. Режим источников

Под режимом источника понимают изменения по времени его дебита, химического состава воды и температуры. Режим источников обусловлен рядом естественных факторов, к которым относятся геологические, климатические, гидрогеологические и почвенно-биогенные условия.

По особенностям режима источники разделяются на следующие разновидности (по классификации М.Е. Альтовского [58]):

1. Постоянно действующие родники характеризуются непрерывной деятельностью в течение многих лет, имея годовые и многолетние изменения режима. По условиям питания подземными водами постоянно действующие родники могут быть нисходящими и восходящими.

2. Сезонно действующие родники функционируют только в определенное время года вследствие каких-либо специфических условий питания или особых гидрогеологических условий выхода. Обычно такие родники связаны с водами зоны аэрации, имеют резкие колебания дебита вплоть до полного иссякания, химического состава и температуры воды.

3. Ритмически действующие родники имеют более или менее не-

правильную периодичность или ритмические колебания дебита и напора во времени.

Для отдельных групп источников установлены определенные закономерности в изменении режима их дебита, что зависит от трех основных переменных: проницаемости пород водоносного горизонта, площади области его питания и размера питания. Причины колебаний режима родников различны. Дебит нисходящих родников связан в основном с сезонными и годовыми изменениями осадков. Чем глубже залегает водоносный горизонт, тем меньше его водопроницаемость, слабее связь его с атмосферой и чем больше область питания, тем с большим опозданием отражается влияние выпадения осадков на дебите родников. Оно может сказаться и через несколько дней, и через много месяцев. Дебит восходящих родников отличается большим постоянством, чем нисходящих. Классификация источников по величине дебита приведена в таблице 1.

Диапазон колебаний дебита источников, известный в мировой практике, огромен: от долей кубических сантиметров до десятков кубических метров в секунду. Гигантские выходы подземных вод на земную поверхность (более 10 $м^3$/с) наблюдаются в закарстованных массивах и молодых вулканогенах. Большие родники с дебитом 10-100 л/с характерны для горных областей. Этому способствует силь

Таблица 1. Классификация источников подземных вод по величине дебита (по О. Мейнцеру и Г.А. Максимовичу) [30]

Класс	Название по дебиту	Дебит	
		л/с	$м^3$/сут
8	весьма незначительные	< 0,01	< 0,864
7	незначительные	0,01-0,1	8,64-0,864
6	малые	0,1-1,0	86,4-8,64
5	значительные	1,0-10	864-86,4
4	большие	10-100	8640-864
3	очень большие	100-1000	86 400-8640
2	исполинские	1000-10 000	864 000-86 400
1	гигантские	> 10 000	> 864 000

но расчлененный рельеф, особенно глубокие эрозионные врезы и уступы. Нередко источники с такой производительностью встречаются и в равнинных областях, у подножия террас крупных рек.

В практике гидрогеологических обследований расход естественных водопроявлений, как правило, изменяется в диапазоне 0,1-2,5 л/с. Это примерно 70-80 % от числа наблюдаемых родников. Они обычно являются репрезентативными, т.е. характеризуют определенную гидрогеологическую обстановку, легко апробируются, а результаты хорошо интерпретируются. Слабые проявления подземных вод на земной поверхности (рассеянные выходы, мочажины, заболачивание, переувлажнение почв) фиксируются как места разгрузки подземных вод и практического значения не имеют. По степени изменчивости дебита (отношение минимального дебита к максимальному) родники подразделяются на пять категорий (табл. 2).

Важным фактором является температура подземных вод. По величине температуры источники делят на семь классов (табл. 3).

Таблица 2. Классификация источников по изменению дебита (по А.М. Овчинникову) [44]

Категория	Источники	Отношение Q_{min}/Q_{max}
I	весьма постоянные	1:1
II	постоянные	1:1 – 1:2
III	переменные	1:2 – 1:10
IV	весьма переменные	1:10 –1:30
V	исключительно переменные	1:30 – 1:100

Таблица 3. Классификация источников по температуре (по О.А. Алекину) [1]

Класс	Источники	Температура °С
I	исключительно холодные	> 0
II	весьма холодные	0-4
III	холодные	4-20
IV	теплые	20-37
V	горячие	37-42
VI	весьма горячие	42-100
VII	исключительно горячие	> 100

Особенности формирования, распространения и современное состояние родников Алтайского края

Благодаря сочетанию ряда факторов (гидрогеологических, геоструктурных, климатических) и степени расчлененности рельефа на территории Алтайского края сложились разнообразные условия формирования естественных выходов подземных вод (родников, пластовых выходов, мочажин). Учитывая сложность и многофакторность развития, они отличаются по генезису, гидравлическому типу, условиям выхода воды на поверхность, гидрогеохимической структуре и другим показателям.

На территории края родники распределены неравномерно. Наибольшее их количество приурочено к эрозионным ландшафтам с высокой глубиной расчленения рельефа на Бийско-Чумышской возвышенности и предгорных равнинах. В равнинных и низменных ландшафтах Приобского плато и Кулундинской низменности родников сравнительно немного, располагаются они преимущественно по долинам рек и оврагов.

Естественные выходы подземных вод являются предметом исследования гидрогеологической науки, однако вопросы экологических особенностей и природного разнообразия естественных выходов подземных вод относятся к числу слабоизученных проблем.

Глава 3. Формирование химического состава родниковых вод

Природные воды по химическому составу чрезвычайно разнообразны. Встречаются более или менее сходные по составу воды, но никогда не бывает совершенно одинаковых водных объектов. Они отличаются не только по химическим элементам и общей концентрации растворенных веществ, но и по количественному соотношению между компонентами состава и форме их соединений. В состав воды входят газы (главным образом в виде молекул и частично гидратированных соединений), соли (преимущественно в виде ионов, а при больших концентрациях комплексов и молекул), органические вещества как в молекулярных и высокомолекулярных соединениях, так и в коллоидном состоянии. Сложность состава природных вод подтверждается хотя бы тем, что один и тот же элемент может находиться в воде в различных соединениях и состояниях. Химический состав природных вод представляет собой сложный комплекс растворенных газов, различных минеральных солей, биогенных и органических соединений, который условно делят на шесть групп [41]:

- главные ионы или макрокомпоненты;
- растворенные газы;
- биогенные вещества;
- органические вещества;
- микроэлементы;
- загрязняющие вещества.

К числу *главных ионов*, содержащихся в природных водах, относятся ионы: HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ и K^+, которые образуют основную часть их минерального состава. Главные ионы, иначе их называют макрокомпонентами, определяют химический тип вод. Их массовая концентрация в весьма пресных водах выражается несколькими единицами мг/дм^3, в рассолах же достигает нескольких сотен мг/дм^3.

Гидрокарбонатные ионы (HCO_3^-) встречаются во всех природных водах, кроме кислых вод. Они, как правило, доминируют в водах низкой и довольно часто в водах умеренной минерализации. Накопление в водах ионов HCO_3^- лимитируется присутствием кальция, образующего с HCO_3^- слаборастворимую соль.

Сульфатные ионы (SO_4^{2-}) также обладают хорошей подвижностью, но уступают в этом отношении хлоридным. Содержание сульфатов в природных водах лимитируется присутствием в воде ионов кальция, которые образуют с сульфатами сравнительно малорастворимый сульфат кальция $CaSO_4$. Сульфатные ионы доминируют в умеренно минерализованных водах.

Хлоридные ионы (Cl^-) обладают высокой миграционной способностью, т.е. способностью к перемещению. Растворимость хлоридных солей натрия, магния и кальция очень высокая. Они присутствуют во всех природных водах, доминируя в высоко минерализованных водах и рассолах.

Ионы кальция (Ca^{2+}) преобладают в катионном составе пресных вод. Гидрокарбонатные кальциевые воды имеют региональное распространение в хорошо дренированных местностях. С ростом минерализации относительное содержание Ca^{2+} быстро уменьшается.

Магний (Mg^{2+}) по своим химическим свойствам близок к кальцию, но миграция этих элементов протекает по-разному. Хотя ионы магния присутствуют почти во всех природных водах, но тем не менее очень редко встречаются воды, в которых магний доминирует.

Ионы натрия (Na^+) по распространенности среди катионов стоят на первом месте. Все соли натрия обладают высокой растворимостью, это обусловливает его миграцию преимущественно в растворенном виде. Количество их в соленых водах и рассолах выражается десятками граммов на литр.

Ионы калия (K^+) по химическим свойствам и содержанию в земной коре имеют большое сходство с ионами натрия. Калий так же, как и Na^+, образует легкорастворимые соединения с главными анионами. Однако ионы калия содержатся в природных водах в очень незначительных концентрациях и обычно составляют около 4–10 % содержания натрия. Причина указанного явления заключается в слабой миграционной способности калия, обусловленной главным образом его большей биологической потребностью для живых организмов, в первую очередь для растений.

В природных водах всегда присутствуют *газы в растворенном состоянии.* Их качественный и количественный состав зависит от природных условий, в которых находится вода. Происхождение этих газов связано:

- с составом атмосферы (N_2, O_2, CO_2);
- с биохимическими процессами (CO_2, CH_4 и другие тяжелые углеводороды, H_2S, N_2);
- с процессами дегазации мантии и метаморфизацией горных пород в глубинных слоях земной коры при высоких температурах и давлении (CO_2, CO, H_2S, H, CH_4, NH_3, HCl и другие соединения водорода с галогенами и бором).

Первая группа газов характерна главным образом для вод земной поверхности и грунтовых вод, вторая – для поверхностных и подземных вод и третья – в основном для подземных вод.

Биогенные вещества – минеральные вещества, наиболее активно участвующие в жизнедеятельности водных организмов. К ним относятся: соединения азота (NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-), фосфора ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}), кремния ($HSiO_3^-$, SiO_3^{2-}), углерода и некоторых микроэлементов. В природные воды биогенные вещества поступают главным образом при распаде животных и растительных организмов, жизнедеятельность которых протекает в водной среде, с площади водосбора и со сточными водами. Концентрация биогенных веществ в природных водах обычно невелика, их режим в водных объектах сильно зависит от температуры воды, которая определяет интенсивность жизнедеятельности организмов, процессы образования и разложения органических веществ.

Природные воды почти всегда содержат в себе то или иное количество *органического вещества*. Несмотря на разнообразие их форм они состоят на 98,5 % из углерода, кислорода и водорода. Кроме того, в малых количествах в них присутствуют азот, фосфор, сера, калий, кальций и многие другие элементы. Органическое вещество может находиться в растворе в коллоидном состоянии, в виде молекул и во взвешенном состоянии. Суммарную величину содержащегося в воде органического вещества определяют по количеству кислорода в миллиграммах, расходуемого на его окисление в литре воды. Этот показатель называют *окисляемостью* воды.

Микроэлементы представляют собой самую большую по численности группу в составе природных вод. Как правило, к микроэлементам относятся компоненты или с высоким кларком, но низкой растворимостью природных соединений, или с небольшим кларком, но сравнительно хорошей растворимостью солей.

Микроэлементы условно делят на несколько подгрупп:

- типичные катионы (Li, Rb, Cs, Be, Sr, Ba и др.);
- ионы тяжелых металлов (Pb);
- амфотерные комплексообразователи (Cr, Mo, V, W);
- типичные анионы (Br, F, I);
- радиоактивные элементы.

Содержание микроэлементов в природных водах обычно невысоко – в пределах от единиц до десятков, реже сотен микрограммов на 1 л, а содержание многих микроэлементов часто недоступно определению обычными химическими или физико-химическими методами.

Основные *загрязняющие вещества*, поступающие в поверхностные водные объекты и подземные горизонты в концентрациях, превышающих предельно допустимые (ПДК), изменяют физические, химические и органолептические свойства воды, что делает невозможным использование такой воды в культурно-бытовых и хозяйственно-питьевых целях. Различают химическое, бактериологическое (микробное), тепловое загрязнение поверхностных и подземных вод.

Химическое загрязнение представляет собой изменение естественных химических свойств воды за счет увеличения содержания в ней вредных примесей неорганической (минеральные соли, кислоты, щелочи, глинистые частицы) и органической природы (нефть и нефтепродукты, органические остатки, поверхностно-активные вещества, пестициды).

Бактериальное загрязнение связано с появлением в подземных водах болезнетворных бактерий, что может являться причиной массовых случаев главным образом кишечных заболеваний при использовании загрязненных вод в хозяйственно-питьевых целях. Большинство болезнетворных (патогенных) бактерий, по имеющимся оценкам, сохраняет свою жизнедеятельность короткое время (максимально до 1000 суток), поэтому бактериальное загрязнение, как правило, не распространяется на значительные расстояния и носит временный характер. К сожалению, в настоящее время существуют ограниченные данные о выживаемости и распространении болезнетворных бактерий и вирусов в условиях водоносных горизонтов.

Бактериальное загрязнение, как правило, наиболее интенсивно проявляется в первом от поверхности (грунтовом) водоносном горизонте. Очаги загрязнения чаще всего связаны с полями ассенизации

и фильтрации, скотными дворами, выгребными ямами, неисправностями канализационных сетей и другими источниками загрязнения поверхностных и подземных вод.

3.1. Формы выражения химического состава воды

Для определения химического состава растворенных в воде веществ проводят химический анализ воды. Полнота и их характер могут быть различными. В практике применяются общие, сокращенные и специальные анализы воды в зависимости от задач и целей исследований и могут производиться в полевых и стационарных условиях.

Результаты представляются в различных формах, выделяют ионно-весовую, эквивалентную и процент-эквивалентную формы выражения химических анализов [20].

Ионно-весовая форма – основное выражение результатов анализа. При этом содержание того или иного иона выражается в граммах или миллиграммах на 1 литр воды (мг/дм^3), а для минерализованных вод и рассолов – в граммах на килограмм или в граммах на 100 литров (г/дм^3). Результаты определения в воде микрокомпонентов выражаются в микрограммах на 1 литр воды (мкг/дм^3).

Миллиграмм-эквивалентная (мг-экв) форма выражения анализа используется наряду с ионной формой, поскольку наиболее полно отражает внутреннюю химическую природу входящих в состав воды веществ и ее важнейшие свойства. Эквивалентная форма основана на том положении, что ионы в растворе реагируют между собой не в равных весовых количествах, а в эквивалентных количествах, зависящих от массы иона и их валентности. Следовательно, при реакции реагируют не 1 грамм Na^+ с 1 граммом Cl^-, а 1 эквивалент Na^+ с 1 эквивалентом Cl^-.

Для перехода от ионно-весовой формы к мг-экв форме необходимо число миллиграммов каждого иона разделить на его эквивалентный вес или умножить на коэффициент, представляющий величину, обратную эквивалентному весу. В таблице 4 представлены пересчетные коэффициенты для наиболее распространенных в природных водах ионов.

Таблица 4. Эквивалентные массы и пересчетные коэффициенты [20]

Анионы	Эквивалентная масса	Пересчетный коэффициент	Катионы	Эквивалентная масса	Пересчетный коэффициент
Cl^-	35,457	0,02820	Na^+	22,997	0,04348
SO_4^{2-}	48,033	0,02082	K^+	39,098	0,02558
HCO_3^-	61,018	0,01639	Mg^{2+}	12,160	0,08224
CO_3^{2-}	30,005	0,03333	Ca^{2+}	20,040	0,04990
NO_2^-	46,008	0,02174	NH_4^+	18,040	0,05543
NO_3^-	62,008	0,01613	Fe^{2+}	27,925	0,03581

Если содержание какого-либо иона выражают в эквивалентной форме, то перед символом ставят знак *r* (реагирующая величина).

Согласно правилу Фрезениуса, все химические соединения, растворенные в воде, реагируют между собой в эквивалентных количествах, т. е.

$$\Sigma\ rA=\Sigma\ rK$$

Практически в полном анализе, когда все ионы определяются аналитически, точного совпадения цифр ввиду погрешностей анализа не бывает. Ошибка анализа определяется по формуле:

$$X = \frac{\sum rA - \sum rK}{\sum rA + \sum rK} \times 100,\%$$

если X > 3 %, то анализ выбраковывается.

При сравнении результатов анализа вод различной минерализации для получения пропорциональных значений количество миллиграмм-эквивалентов пересчитывают в процент–эквиваленты (%-экв).

Пересчет в *процент–эквиваленты* производится следующим образом. Суммы миллиграмм–эквивалентов, полученных при анализе для катионов и анионов, принимаются каждая в отдельности за 100 %, и далее относительное количество эквивалентов каждого иона вычисляется в процентах.

3.2. Методы лабораторного исследования воды

Анализ воды – это процесс получения информации о ее составе и свойствах согласно перечню показателей, достаточному для оценки качества воды в сфере ее применения.

Обычно природные воды анализируются по 10-20 параметрам, которые составляют представление о качестве воды. Оцениваются органические и неорганические показатели. Учитываются внешние характеристики, такие как запах, привкус, цвет и прозрачность. Также учитываются обобщенные (интегральные показатели) качества воды.

Методика исследования воды – это официальный документ, регламентирующий способ определения показателя или группы показателей, характеризующихся сходными свойствами (табл. 5).

3.3. Классификации природных вод по интегральным показателям

К обобщенным показателям, характеризующим природный химический состав воды, относятся: сухой остаток (минерализация общая) (мг/дм^3), жесткость общая (мг-экв/дм^3), водородный показатель (pH).

Общая *минерализация представляет собой сумму всех растворенных в воде веществ.* Этот параметр также называют общим солесодержанием, т.к. большинство растворенных в воде веществ – это именно соли.

К числу наиболее распространенных относятся неорганические соли (в основном бикарбонаты, хлориды и сульфаты кальция, магния, калия и натрия) и небольшое количество органических веществ, растворимых в воде.

Таблица 5. Перечень нормативных документов,
используемых при лабораторных анализах водных проб [20, 53]

Наименование	Обозначение
Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрит-ионов в пробах природных, питьевых и сточных вод на анализаторе жидкости «Флюорат-02»	ПНД Ф 14.1:2:4.26-95 (издание 2005 г.)
Методика выполнения измерения массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природной, питьевой и сточной воды флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»	ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 (издание 2007 г.)
Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрат-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой	ПНД Ф 14.1:2.4-95 (издание 2004 г.)
Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации ($БПК_{полн.}$) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 (издание 2004 г.)
Методика выполнения измерений перманганатной окисляемости проб питьевых и природных вод	ЦВ 1.01.14-98 «А» (ФР.1.31.2000.00148)
Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности	ГОСТ 3351-74
Методика выполнения измерений массовой концентрации фторидов в водах потенциометрическим методом с ионселективным электродом	ФР.1.31.2007.03496
Массовая концентрация нитратов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редукторе	РД 52.24.380-2006
Массовая концентрация фосфатов и полифосфатов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом	РД 52.24.382-2006
Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика выполнения измерений меркуриметрическим методом	РД 52.24.402-2005
Массовая концентрация сульфатов в водах. Методика выполнения измерений турбидиметрическим методом	РД 52.24.405-2005
Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика выполнения измерений иодометрическим методом	РД 52.24.419-2005
Взвешенные вещества и общее содержание примесей в водах. Методика выполнения измерений гравиметрическим методом	РД 52.24.468-2005
Массовая концентрация гидрокарбонатов и величина щелочности поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Методика выполнения измерений титриметрическим методом	РД 52.24.493-2006

Водородный показатель и удельная электрическая проводимость вод. Методика выполнения измерений электрометрическим методом	РД 52.24.495-2005
Температура, прозрачность и запах поверхностных вод суши. Методика выполнения измерений	РД 52.24.496-2005
Цветность поверхностных вод суши. Методика выполнения измерений фотометрическим и визуальным методами	РД 52.24.497-2005
Методика выполнения измерений химического потребления кислорода в водах	РД 52.24.421-2007
Методика выполнения измерений массовой концентрации аммиака и ионов аммония в водах фотометрическим методом с реактивом Несслера	РД 52.24.486-95

Таблица 6. Классификация природных вод по минерализации [1]

Категория вод	Минерализация, г/дм^3
Ультрапресные	< 0,2
Пресные	0,2–1,0
Солоноватые	1,0–3,0
Соленые	3–10
Воды повышенной солености	10–50
Рассолы	> 50

Общая минерализация и сухой остаток – это разные показатели. Сухой остаток определяется путем выпаривания литра воды и взвешивания того, что осталось. В результате не учитываются более летучие органические соединения, растворенные в воде. Это приводит к тому, что общая минерализация и сухой остаток могут отличаться на небольшую величину – как правило, не более 10 %. В зависимости от минерализации природные воды делятся на категории (табл. 6).

Жесткостью называют свойство воды, обусловленное наличием в ней растворимых солей кальция и магния. Понятие жесткости воды принято связывать с катионами кальция (Ca^{2+}) и в меньшей степени магния (Mg^{2+}). В действительности все двухвалентные катионы в той или иной степени влияют на жесткость. Они взаимодействуют с анионами, образуя соединения (соли жесткости), способные выпадать в осадок. Одновалентные катионы (например, натрий Na^{+}) таким свой-

ством не обладают. Различают следующие виды жесткости.

Общая жесткость определяется суммарной концентрацией ионов кальция и магния. Представляет собой сумму карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной) жесткости.

Карбонатная жесткость обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов и карбонатов (при pH > 8,3) кальция и магния. При нагреве воды гидрокарбонаты распадаются с образованием угольной кислоты и выпадением в осадок карбоната кальция и гидроксида магния:

$$Ca^{2+} + 2HCO_3^- = CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

Данный тип жесткости почти полностью устраняется при кипячении воды и поэтому называется временной жесткостью.

Некарбонатная жесткость обусловлена присутствием кальциевых и магниевых солей сильных кислот (серной, азотной, соляной) и при кипячении не устраняется (постоянная жесткость).

Жесткость воды колеблется в широких пределах, и существует множество типов классификаций воды по степени ее жесткости. В разных странах имеются свои нормы жесткости для воды. Классификация вод по жесткости приведена в таблице 7.

Водородный показатель (pH). Содержание ионов водорода в природных водах определяется в основном количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов:

$$CO_2 + H_20 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow 2H^+ + CO_3^{2-}$$

Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком:

$$pH = - lg[H^+]$$

Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природ-

Таблица 7. Классификация природных вод по жесткости [40]

Категория вод	Минерализация, мг-экв/дм^3
Мягкая	< 3,0
Средней жесткости	3,0...6,0
Жесткая	6,0...9,0
Очень жесткая	> 9,0

ных водах. От величины pH зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, превращение биогенных элементов, токсичность загрязняющих веществ. Природные воды в зависимости от pH делят на семь групп (табл. 8).

Таблица 8. Группы природных вод в зависимости от pH [1]

Группа	pH	Примечание
Сильнокислые	< 3	результат гидролиза солей тяжелых металлов (шахтные и рудничные воды)
Кислые	3–5	поступление в воду угольной кислоты, органических кислот в результате разложения органики
Слабокислые	5–6,5	присутствие гумусовых кислот (воды лесной зоны)
Нейтральные	6,5–7,5	наличие в водах $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$
Слабощелочные	7,5–8,5	наличие в водах $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$
Щелочные	8,5–9,5	присутствие Na_2CO_3 или $NaHCO_3$
Сильнощелочные	> 9,5	присутствие Na_2CO_3 или $NaHCO_3$

Разнообразие химического состава природных вод вызывает необходимость их систематизации и классификации.

Классификация природных вод О.А. Алекина [1] сочетает принцип деления по преобладающим ионам и по соотношению между ними. Она охватывает все природные воды с минерализацией до 50 г/дм^3. За основу взято шесть главных ионов, содержание которых выражено в миллиграмм-эквивалентах. Все воды делятся по преобладающему аниону на три больших *класса:*

- гидрокарбонатные (и карбонатные) воды (C);
- сульфатные (S);
- хлоридные (Cl).

Разделение на классы уточняется дальнейшим делением каждого класса на три группы по преобладанию одного из катионов:

- кальциевая (Ca);
- магниевая (Mg);
- натриевая (Na).

Каждая группа подразделяется на три типа по соотношению между

миллиграмм-эквивалентами ионов. Всего выделяют четыре *типа.*

Первый тип (I) характеризуется соотношением $HCO_3^- < (Ca^{2+} + Mg^{2+})$. Воды этого типа слабо минерализованы. В них наблюдается избыток ионов HCO_3^- над суммой ионов щелочноземельных металлов.

Второй тип (II) имеет соотношение $HCO_3^- < (Ca^{2+} + Mg^{2+}) < (HCO_3^- + SO_4^{2})$. К этому типу относятся подземные воды, а также воды рек и озер малой и средней минерализации.

Третий тип (III) характеризуется соотношением $(HCO_3^- + SO_4^{2-}) < (Ca^{2+} + Mg^{2+})$. Воды этого типа сильно минерализованные, смешанные и метаморфизованные. К этому типу относятся воды океанов, морей, лиманов, реликтовых водоемов.

Четвертый тип (IV) характеризуется отсутствием ионов HCO_3^-. Воды этого типа кислые и имеются только в сульфатном и хлоридном классах, в группах $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, где нет первого типа.

Химический состав воды по классификации О.А. Алекина имеет символическую запись, в которой отображается класс воды символами (C, S, Cl), верхним индексом указывается группа и жесткость воды, а нижним индексом – тип и минерализация воды. Например,

$$S_{II,1.3}^{Na,5}$$

т.е. класс воды сульфатный; группа натриевая; тип второй; вода средней жесткости (Ж=5 мг-экв/дм^3); вода солоноватая (М=1,3 г/дм^3).

Классификация О.А. Алекина широко используется в практике для определения гидрохимического типа природных вод.

Описание природной воды по формуле М.Г. Курлова. Для удобства сопоставления анализов воды существуют различные способы сокращенного изображения состава. Наиболее часто применяется формула М.Г. Курлова – это наглядное изображение химического состава природной воды. В этой формуле, выражаемой в виде псевдодроби, в числителе пишут в процент-эквивалентах в убывающем порядке анионы, а в знаменателе в таком же порядке катионы. Ионы, присутствующие в количестве менее 10 % экв, в формулу не вносят. К символу иона приписывают его содержание в процент-эквивалентах в целых числах.

Впереди дроби указывают величину минерализации (М) в г/дм^3, pH, жесткость в мг-экв/дм^3 и компоненты, специфичные для данного ана-

лиза (CO_2, H_2S, Br^-, J^-, радиоактивность и др.). После дроби указывают температуру воды (°С) и дебит источника или скважины в (D), $м^3$/ сутки.

Например:

$$pH\ 6,7ж2,1M5,0\ \frac{Cl40HCO_3 36SO_4 2O}{Na64Ca28}\ t\ 45D5$$

Поскольку макрокомпоненты являются основными, то и название подземных вод по химическому составу будет зависеть от их содержания. Оно складывается из двух компонентов: преобладающего аниона и преобладающего катиона, причем основное прилагательное пишется полностью, а прилагательное, указывающее на второстепенное свойство, пишется сокращенно. Такая форма представления материала очень удобна и широко используется, видя формулу, можно сразу назвать воду, которую она характеризует.

3.4. Оценка качества родниковых вод

Пригодность родниковой воды для питьевых целей определяется ее соответствием санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам (СанПиН) 2.1.4.1175–02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников» [55]. Нецентрализованным водоснабжением является использование для питьевых и хозяйственных нужд населения воды подземных источников, забираемой с помощью различных сооружений и устройств, открытых для общего пользования или находящихся в индивидуальном пользовании, без подачи ее к месту расходования. Источниками нецентрализованного водоснабжения являются подземные воды, захват которых осуществляется путем устройства и специального оборудования водозаборных сооружений (шахтные и трубчатые колодцы, каптажи родников) общего и индивидуального пользования.

Указанные санитарные правила и нормы устанавливают гигиенические требования к качеству воды источников нецентрализованного водоснабжения, к выбору места расположения, оборудованию и содержанию водозаборных сооружений и прилегающей к ним территории.

Требования к качеству воды нормированы в СанПиН 2.1.4.1175–02

по ограниченному числу показателей: органолептическим (запах, привкус, цветность, мутность), химическим (pH, общая жесткость, нитраты, сульфаты, хлориды, общая минерализация, перманганатная окисляемость) и микробиологическим (общее число колиморфных бактерий, общее микробное число). Содержание других химических веществ неорганической и органической природы не должно превышать предельно допустимых концентраций, установленных другими нормативными документами.

В последние годы научно обоснованы дополнительные критерии, показатели и стандарты качества питьевой воды, нашедшие отражение прежде всего в международных регламентирующих документах, руководствах Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по контролю качества питьевой воды.

Сравнительный анализ этих документов показывает, что по ряду параметров (сухой остаток, жесткость, фтор, железо, цинк, нитраты, свободный и остаточный хлор) имеется полное или частичное совпадение гигиенических требований к качеству питьевой воды (табл. 9).

Органолептические показатели. Питьевая вода должна обладать хорошими органолептическими свойствами, т.е. быть прозрачной, бесцветной, неокрашенной, без привкусов и запаха, иметь освежающую температуру и не содержать видимых примесей.

Запах воды характеризуется интенсивностью, которую измеряют в баллах. Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в воду в результате процессов жизнедеятельности водных организмов, при биохимическом разложении органических веществ, при химическом взаимодействии содержащихся в воде компонентов, а также с промышленными, сельскохозяйственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. Запах питьевой воды не должен превышать 2 баллов.

Вкус и привкус. Питьевая вода должна быть приятной, иметь освежающий вкус без какого-либо постороннего привкуса. Вкус воды зависит от минерального состава воды, температуры ее и растворенных газов. Привкус питьевой воды не должен превышать 2 баллов.

Мутность природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения.

Таблица 9. Показатели качества питьевой воды [55]

Показатель	Единица измерения	Нормативы			Лимитирующий признак
		СанПиН 2.1.4.1175–02	Руководство ВОЗ		
			1984 г.	2000 г.	
Органолептические свойства и химический состав					
Запах	балл	2	отс.	отс.	орган.
Привкус	балл	2	отс.	отс.	орган.
Цветность	градусы	20	15	15	орган.
Мутность	мг/дм^3	1,5	5 (нем)	5 (нем)	орган.
pH	ед.	6-9	6,5-8,5	–	орган.
Сухой остаток	мг/дм^3	1000 (1500)*	1000	1000	орган.
Жесткость	мг-экв/дм^3	7 (10)*	10	10	орган.
Хлориды	мг/дм^3	350	250	250	орган.
Сульфаты	мг/дм^3	500	400	400	орган.
Нитраты	мг/дм^3	45	45	50	сан.-токс.
Бериллий	мг/дм^3	0,0002	–	–	сан.-токс.
Молибден	мг/дм^3	0,25	–	–	сан.-токс.
Свинец	мг/дм^3	0,03	0,05	0,01	сан.-токс.
Фтор	мг/дм^3	0,7-1,5	1,5	1,5	сан.-токс.
Цинк	мг/дм^3	5	5	3	сан.-токс.
Марганец	мг/дм^3	0,1	0,1	0,5	сан.-токс.
Медь	мг/дм^3	1,0	1,0	2,0	сан.-токс.
Железо	мг/дм^3	0,3 (1)*	0,3	0,3	сан.-токс.
Микробный состав					
ОМЧ	клетки/мл	< 50	< 50	< 50	эпид.
БГКП	клетки/мл	< 3	< 1	< 1	эпид.

Примечание:*допускается по специальному разрешению Роспотребнадзора.

Качественное определение проводят описательно: слабая опалесценция, опалесценция, слабая, заметная и сильная муть. В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды мутность не должна превышать 1,5 мг/дм^3 по каолину.

Цветность – показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений; выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы. Предельно допустимая величина цветности в водах, используемых для питьевых целей, составляет 20 градусов по платиново-кобальтовой шкале.

Химические показатели. Суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ (микрокомпонентов) определяет *минерализацию* воды. В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды суммарная минерализация не должна превышать величины 1000 мг/дм^3.

Жесткость воды представляет собой свойство природной воды, зависящее от наличия в ней главным образом растворенных солей кальция и магния.

Суммарное содержание этих солей называют *общей жесткостью.* Общая жесткость подразделяется на *карбонатную*, обусловленную концентрацией гидрокарбонатов (и карбонатов при pH 8,3) кальция и магния, и *некарбонатную* – концентрацию в воде кальциевых и магниевых солей сильных кислот. Величина общей жесткости в питьевой воде не должна превышать 7,0 мг-экв/дм^3.

Величина pH воды – один из важнейших показателей свойств природных вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины pH зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон. Величина pH воды также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ. В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования величина pH не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5.

Железо и марганец принадлежат к числу важных питательных элементов для растений и животных, они являются сильнейшим экологическим фактором и принимают участие в процессах фотосинтеза, в реакциях фотолиза воды и выделения кислорода. Установлено, что существует четкая корреляция между цветностью воды и содержанием в ней марганца. В соответствии с гигиеническими требованиями к

качеству питьевой воды концентрация железа не должна превышать 0,3 мг/дм^3, марганца – 0,1 мг/дм^3.

Бактериологические показатели. Вода является идеальной средой для развития многочисленных форм бактерий, простейших и высших организмов. Некоторые из развивающихся в воде микробов являются распространителями водных инфекций, к числу которых относят возбудителей брюшного тифа, паратифов, холеры, дизентерии и т. д.

Количество кишечных палочек в воде характеризует степень ее загрязнения фекальными стоками. Эти данные используются для контроля за качеством очистки и обеззараживания воды на водоочистных станциях. Количество кишечных палочек в 1 л воды называется коли-индексом, а количество воды, в которой содержится 1 кишечная палочка, называется коли-титром. В соответствии с ГОСТ 2874-82 коли-индекс, равный 3, обеспечивает эпидемическую безопасность питьевой воды. Бактериальная загрязненность воды характеризуется также общим микробным числом (ОМЧ) содержащихся в ней бактерий. Оно не должно превышать 50 (50 000 ед. в 1 л).

Глава 4. Методика изучения родников

4.1. Общая схема изучения родников

Изучение родников включает начальный этап (анализ картографических, фондовых, литературных источников информации), проведение полевых обследований родников и окружающей местности, отбор проб воды, выполнение анализа отобранных проб и оценку качества воды. Все источники на изучаемой территории нумеруются и наносятся на план или карту. Указывается положение источника по отношению к ближайшему населенному пункту, ручью, реке, озеру. Затем выясняются причины расположения источника в данном месте. С этой целью определяется элемент рельефа, на котором зафиксирован выход источника, отмечается состав горных пород и глубина залегания водоносного горизонта. Для описания водоносного и водоупорного горизонтов место выхода источника (родника) расчищается. Описание родника должно включать следующие сведения (табл. 10).

Таблица 10. Перечень сведений, необходимых для описания родника [55]

Необходимые сведения	Пояснения
Географическое положение	указывается направление и расстояние от ближайшего к роднику населенного пункта. Географические координаты родника устанавливают по крупномасштабной карте, имеющей координатную сетку
Положение в рельефе	отмечается положение родника относительно орографических и гидрографических элементов местности. Например, «родник расположен у подошвы северо-западного склона холма (гряды) высотой около 30 м», или «в верхней части пологого (крутого) склона речной долины (балки, оврага)», или «в основании (середине) уступа правого коренного берега реки», или «у подножья первой надпойменной террасы» и др.
Относительная высота выхода родника над уровнем ближайшего водоема	указывается превышение места выхода над меженным уровнем водотока или водоема, дном балки, оврага, поверхностью болота. Отмечается возможность затопления родника во время половодий и паводков

Абсолютная отметка выхода родника	абсолютная отметка определяется по горизонталям крупномасштабной топографической карты
Тип питающих источник подземных вод	указывается тип подземных вод в соответствии с их классификацией по условиям залегания: верховодка, грунтовые, межпластовые, трещинные, трещинно-карстовые воды
Геологическая структура участка	информация о геологическом строении территории может быть представлена схематическим разрезом местности в характерном направлении, например поперек склона. О геологии данного участка можно судить по обнажениям горных пород поблизости. При наличии таких обнажений они описываются и зарисовываются с указанием положения родника
Характеристика водоносного горизонта	дается по гидрогеологическим картам в виде общепринятого сокращенного обозначения
Тип родника	для родников грунтовых поровых вод указывается их тип: депрессионный, контактовый, экранированный, субаквальный. Для родников, питающихся напорными водами, тип указывается как «напорный»
Характер выхода воды	описывается, сколько близко расположенных выходов имеет родник (один или несколько), характер истечения воды (спокойное, пульсирующее и др.)
Дебит	измеряется объемным способом (по времени заполнения водой емкости определенного объема). Дебит родника может изменяться в широких пределах, поэтому измерение его должно производиться неоднократно. Желательно построить хронологический график изменения дебита, определить максимальное, минимальное и среднее его значение, после чего возможно классифицировать родник по величине дебита и его изменчивости
Физические свойства воды	определяются такие показатели, как температура, вкус, запах, цвет, прозрачность воды
Газы свободные и растворенные	по составу газов различаются родники: азотные, метановые, углекислые, радоновые, сероводородные, смешанные
Химические свойства воды	определяется содержание макро-, мезо- и микрокомпонентов в воде. По данным относительного содержания основных ионов записывается формула ионного состава воды и дается ее название

Микробиологические свойства воды	устанавливается бактериальный состав воды по показателям: общее число колиморфных бактерий, общее микробное число
Радиоактивность воды	оценка допустимости использования воды для питьевых целей может быть дана по удельной суммарной альфа- и бета-активности, которые не должны превышать 0,1 и 1,0 Бк/кг, соответственно
Отложения родника	отмечается характер отложений: твердый осадок, охра, натеки, налет, а также их цвет. По возможности определяется химический состав отложений
Каптаж родника	описывается конструкция каптажного устройства, его состояние, защищенность каптажной камеры от попадания загрязнений
Источники возможного загрязнения воды	отмечается наличие поблизости объектов – возможных источников загрязнения воды и почвы: дорог, автостоянок, сельскохозяйственных угодий, огородов, силосных ям, навозохранилищ, свалок, складов удобрений, химикатов, горюче-смазочных материалов, кладбищ и др. Кроме того, необходимо отметить наличие болот или осушенных торфяников вблизи родника
Растительность вокруг родников	описание растительности дается также по типам (древесная, кустарниковая, травянистая, мохово-лишайниковая) и по видовому составу
Животный мир	с познавательной точки зрения интересно познакомиться с обитающими около родника земноводными. Могут встречаться травяная и остромордая лягушки, остромордый и гребенчатый тритоны
Другие сведения	в качестве дополнительной информации можно указать: удобство подъездных путей, примерное количество людей, пользующихся родником, особые свойства воды, превышение нормативных показателей качества, рекомендации по охране и благоустройству и др.

4.2. Правила отбора водных проб на химический анализ

Отбор проб воды – операция, от правильного выполнения которой во многом зависит точность получаемых результатов. Его проведение при полевых исследованиях необходимо планировать, намечая точки и глубины отбора, перечень определяемых показателей, количество воды, отбираемой для анализа. Чаще всего на изучаемом объекте отбираются так называемые разовые пробы.

В нормативном документе ГОСТ Р 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» определены основные правила и рекомендации, которые следует использовать для получения репрезентативных проб [13].

Подземные воды изучают, отбирая пробы из артезианских скважин, колодцев и родников. При этом накануне лучше не проводить работы по их уборке. Забор воды следует делать непосредственно с истока, трубопровода, соединенного с ним в месте забора воды, накопителя или колодца.

Посуда для отбора проб должна быть чистой. Её предварительно тщательно моют (стиральные порошки не использовать!), ополаскивают не менее трех раз отбираемой водой и закупоривают стеклянными или пластмассовыми пробками. Емкость полностью заполняют водой, с переливом, чтобы она содержала минимум воздуха. В дальнейшем для отбора проб желательно использовать одну и ту же посуду.

Отбор проб, предназначенных для отложенного анализа (т.е. в камеральных условиях), производится в герметично закрывающуюся стеклянную или пластмассовую посуду вместимостью не менее 1,5 л.

Для получения достоверных результатов анализ воды следует выполнять непосредственно после забора пробы. В воде происходят процессы окисления-восстановления, сорбции, седиментации, биохимические процессы, вызванные жизнедеятельностью микроорганизмов, и др. В результате некоторые компоненты могут окисляться или восстанавливаться: нитраты – до нитритов или ионов аммония, сульфаты – до сульфитов; кислород может расходоваться на окисление органических веществ и т. п. Соответственно, могут изменяться и органолептические свойства воды – запах, привкус, цвет, мутность. Биохимические процессы можно замедлить, охладив воду до температуры 4–5 °С (в холодильнике).

Однако в полевых условиях не всегда можно выполнить анализ сразу же после отбора пробы. В зависимости от предполагаемой продолжительности хранения отобранных проб может возникнуть необходимость в их консервации. Универсального консервирующего средства не существует, поэтому пробы для анализа отбирают в несколько бутылей. В каждой из них воду консервируют, добавляя соответствующие химикаты в зависимости от определяемых компонентов. В таблице 11 приведены способы консервации, а также особенности отбора и хранения проб [13, 45]. Следует иметь, что ни консервация, ни фиксация не обеспечивают постоянства состава воды неограниченно долго.

Они лишь сохраняют на определенное время соответствующий компонент в воде, что позволяет доставить пробы к месту анализа, например в полевой лагерь, а при необходимости и в специализированную лабораторию.

Таблица 11. Способы консервирования и хранения проб природных вод, предназначенных для проведения химического анализа

Исследуемый компонент	Подготовка пробы, консервация	Сроки и условия хранения	Используемая посуда
Цветность	–	не более 2-3 ч после отбора, определение сразу после отбора	полиэтиленовая
Водородный показатель, pH	только в свежеотобранных пробах	хранению не подлежат	–
Растворенный кислород	фиксация раствором хлористого марганца и раствором смеси йодистого калия и гидроксида калия сразу после отбора	не более суток после отбора и фиксации	стеклянная
Жесткость, кальций, магний, натрий и калий, хлориды	–	длительное время	полиэтиленовая или стеклянная

Сульфаты	консервация 2-4 мл хлороформа на 1 л воды	после консервации длительное время	полиэтиленовая или стеклянная
Гидрокарбонаты	–	не более суток	полиэтиленовая
Ионы аммония, нитриты, нитраты, азот общий, фосфаты	консервация 2-4 мл хлороформа на 1 л воды	не более 1-3 суток при температуре 3-5 °С	–
Кремнекислота	консервация 1 мл раствора H_2SO_4 (1:3) на 1 л воды	1-3 суток при 0-3 °С	полиэтиленовая
Химические потребления кислорода	консервация 1 мл раствора серной кислоты (1:3) на 1 л воды	не более суток при температуре 3-5 °С	–
Нефтепродукты, жиры	экстракция на месте отбора или консервация проб: 2-4 мл четыреххлористого углерода на 1 мл	не более 2 недель в прохладном темном месте	стеклянная
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)	консервация 2-4 мл хлороформа на 1 л воды	не более 2-3 суток при температуре 3-5 °С	стеклянная посуда с притертыми пробками (или обернутыми фольгой)
Фенолы	консервация на 1 л воды 4 г едкого натра	не более 3-4 суток при температуре 2-4 °С	стеклянная
Пестициды	экстракция на месте отбора четыреххлористым углеродом	не позднее 2 суток после отбора	стеклянная
Тяжелые металлы	консервация соляной кислотой (20 мл очищенной 1:1 на литр воды)	длительное время	стеклянная

В протоколах отбора и анализа проб обязательно указываются даты отбора и анализа проб. Количество отбираемой воды для анализа должно быть не менее 1,5 л. Для уточнения объема образца воды необходимо обязательно позвонить в лабораторию, т.к. он будет зависеть от конкретного анализа пробы и количества показателей. Также можно уточнить материал емкости для отбора пробы.

Требования к оформлению результатов отбора проб. Сведения о месте отбора проб и условиях, при которых они были отобраны, указывают на этикетке и прикрепляют к емкости для отбора проб. Результаты определений, вносят в протокол испытаний, который заполняется на месте отбора пробы.

Результаты отбора проб заносят в акт об отборе, который должен содержать следующую информацию (прилож. 1):

- расположение и наименование места отбора проб, включая координаты и информацию о местонахождении;
- дата отбора;
- метод отбора;
- время отбора;
- климатические условия окружающей среды при отборе проб;
- температура воды при отборе пробы (при необходимости);
- метод подготовки к хранению (при необходимости);
- цель исследования воды;
- другие данные в зависимости от цели отбора проб;
- должность, фамилия и подпись исполнителя.

Пробы аномальных материалов должны иметь описание наблюдаемой аномалии.

Транспортирование проб и приемка проб в лаборатории. Емкости с пробами упаковывают таким образом, чтобы упаковка не влияла на состав пробы и не приводила к потерям определяемых показателей при транспортировании, а также защищала емкости от возможного внешнего загрязнения и поломки.

При транспортировании емкости размещают внутри тары (контейнера), препятствующей загрязнению и повреждению емкостей с пробами. Тара должна быть сконструирована так, чтобы препятствовать самопроизвольному открытию пробок емкостей.

Пробы, подлежащие немедленному исследованию, группируют отдельно и отправляют в лабораторию.

Они должны быть зарегистрированы в журнале учета с обязательным указанием числа емкостей для каждой пробы. Их хранят в условиях, исключающих любое загрязнение емкостей для отбора проб и предотвращающих любое изменение в составе проб (например бытовые холодильники).

4.3. Полевые методы определения органолептических показателей воды

Химически чистая вода совершенно лишена вкуса и запаха. Однако в природе она не встречается, поскольку всегда содержит в своем составе растворенные вещества. По мере роста концентрации неорганических и органических веществ вода начинает принимать тот или иной привкус и/или запах. Органолептическая оценка выполняется прямым методом распознавания запахов, вкусов и привкусов – по ощущению. Данные показатели не поддаются формальному измерению – определение проводится экспертным путем. К органолептическим (физическим) показателям относятся также температура, цветность, прозрачность и мутность воды [13].

Определение температуры воды является одним из важных физических параметров, характеризующих направление и скорость химических, биохимических и гидробиологических процессов, протекающих в водных объектах. Измерение температуры воды производят во время отбора пробы, погружая термометр непосредственно в водный объект.

Оборудование: водный термометр с ценой деления 0,1 °С.

Ход работы: опустить водный термометр в родниковую воду на 5 мин. Не вынимая термометра, определить температуру воды.

Оценка результатов по температуре воды родника приведена в таблице 3 (раздел 2.3).

Определение запаха воды. Запахи воды вызываются летучими примесями, которые появляются в природных водах естественным путем или в результате загрязнения их сточными водами.

По характеру запахи воды бывают:

- естественного происхождения, возникающие в основном в результате жизнедеятельности, отмирания животных и растительных организмов и изменения химического состава воды;

- искусственного происхождения, вызываемые специфическими ингредиентами сточных вод и вводимыми для обработки воды реагентами.

Запахи естественного происхождения относятся к первой группе, искусственного – ко второй группе. Запах оценивается в баллах.

Оборудование: коническая колба емкостью 150-200 мл.

Ход работы: 100 мл исследуемой воды при комнатной температуре наливают в колбу. Накрывают притертой пробкой, встряхивают вращательным движением, открывают пробку и быстро определяют характер и интенсивность запаха. Затем колбу нагревают до 60 °С на водяной бане и также оценивают запах. Определение проводят группой 3-5 человек.

Оценка результатов: характер и интенсивность запаха воды определяют при 20 и 60 °С и оценивают по шестибалльной системе (табл. 11, 12).

К запахам второй группы относятся: фенольный, хлорфенольный, сероуглеродный, бензинный, камфорный, спиртовой, хлорный и др. Интенсивность запаха оценивают по пятибалльной шкале (табл. 12).

Таблица 11. Классификация запахов воды первой группы [13]

Обозначение запаха	Характер запаха	Примерный род запаха
Запахи первой группы		
А	ароматический	огуречный, цветочный
Б	болотный	илистый, тинистый
Г	гнилостный	фекальный, сточный
Д	древесный	запах мокрой щепы, древесной коры
З	землистый	прелый, свежевспаханной земли, глинистый
П	плесневый	затхлый, застойный
Р	рыбный	рыбьего жира, рыбы
С	сероводородный	тухлых яиц
Т	травянистый	скошенной травы, сена
Н	неопределенный	запахи естественного происхождения, не относящиеся к предыдущим определениям

Таблица 12. Определение интенсивности запаха воды [13]

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка, балл
Отсутствует	–	0
Очень слабый	не ощущается потребителем, но обнаруживается при лабораторном исследовании	1
Слабый	замечается потребителем, если обратить на это внимание	2
Заметный	легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливый	обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильный	настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	5

Определение вкуса и привкуса воды. Вкус подземных вод зависит от содержания в них газов, минеральных и органических веществ. Примеси придают воде различные вкусы и привкусы. Оценку вкуса воды проводят у питьевой родниковой воды при отсутствии подозрений на ее загрязненность. Различают четыре вкуса: соленый, кислый, горький, сладкий. Остальные вкусовые ощущения считаются привкусами (металлический, хлорный, содовый, ржавый, чернильный и т. д.)

Ход работы: Около 30 мл пробы воды помещают в стаканчик вместимостью 50-100 мл. Испытуемую воду набирают в полость рта малыми порциями (около 15 мл), не проглатывая, задерживают 3-5 с и выплевывают. Определение проводят группой 3-5 человек.

Оценка результатов: интенсивность вкуса и привкуса оценивают по пятибалльной шкале (табл. 13).

Исследование цветности воды. Цвет воды зависит от наличия в ней примесей минерального и органического происхождения – гуминовых веществ, перегноя, которые вымываются из почвы и придают окраску воде от желтой до коричневой. Окись железа окрашивает воду в желто-бурый и бурые цвета, глинистые примеси – в желтоватый цвет. Цвет воды может быть связан со сточными водами или орга-

ническими веществами. Цветность воды выражают в градусах платино-кобальтовой или бихромат-кобальтовой шкалы. Для определения цветности вода должна быть прозрачной.

Цветность воды определяют качественно и количественно (табл. 14).

Оборудование: стеклянная пробирка, лист белой бумаги (в качестве фона).

Ход работы: при качественном определении в прозрачную стеклянную пробирку налить 8-10 мл исследуемой воды и определить цветность воды, рассматривая пробирку сверху на белом фоне при достаточном боковом освещении (дневном, искусственном).

Результат определения описывают словесно с указанием оттенка (табл. 14).

Таблица 13. Интенсивность вкуса и привкуса [13]

Интенсивность вкуса и привкуса	Характер проявления вкуса и привкуса	Оценка, балл
Отсутствует	–	0
Очень слабая	очень слабые	1
Слабая	слабые, но не вызывают неодобрительный отзыв о воде	2
Заметная	легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	отчетливые, вызывают неодобрительный отзыв о воде и заставляют воздержаться от питья	4
Очень сильная	настолько сильные, что делают воду непригодной к употреблению	5

Таблица 14. Качественные показатели цветности воды [13]

Цветность воды	
Бесцветная	интенсивно-желтая
Слабо-желтоватая	коричневатая
Светло-желтоватая	красно-коричневатая
Желтая	другая (укажите какая)

Определение прозрачности и мутности воды. Прозрачность и мутность воды определяются по ее способности пропускать видимый свет. Это зависит от наличия в ней взвешенных частиц минерального и органического происхождения. Вода со значительным содержанием органических и минеральных веществ становится мутной, в ней создаются благоприятные условия для сохранения и развития различных микроорганизмов, в т.ч. и патогенных.

Мерой прозрачности служит высота водяного столба, сквозь который еще можно различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа. Метод дает лишь ориентировочные результаты.

Оборудование: стеклянный градуированный цилиндр с плоским дном; стандартный шрифт с высотой букв 3,5 мм.

Ход работы: определение проводят при хорошем освещении, но не на прямом солнечном свету. Под цилиндр высотой 60 см и диаметром 3-3,5 см подкладывают стандартный шрифт на расстоянии 4 см от дна, исследуемую пробу наливают в цилиндр так, чтобы можно было прочитать шрифт, и определяют предельную высоту столба воды. Метод количественного определения прозрачности основан на определении высоты водяного столба, при которой еще можно визуально различить (прочесть) черный шрифт высотой 3,5 мм и шириной линии 0,35 мм на белом фоне. Измерения повторяют 3 раза и за окончательный результат принимают среднее значение, измеренное с точностью до 0,5 см.

Прозрачность воды оценивают, используя таблицу 15.

Мутность природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения.

Таблица 15. Характеристика вод по прозрачности

Прозрачность	Единица измерения, см
Прозрачная	> 30
Маломутная	25 до 30
Средней мутности	20 до 25
Мутная	10-20
Очень мутная	< 10

Оборудование: стеклянная пробирка.

Ход работы: взболтать воду и налить ее в пробирку, чтобы высота воды была равна 10 см, рассмотреть воду на свету, определить уровень мутности.

Результат качественного определения мутности проводят описательно: слабая опалесценция, опалесценция, слабая, заметная и сильная муть.

Определение водородного показателя воды (pH). В природных водах pH колеблется в пределах от 6,5 до 9,5. Если pH воды ниже 6,5 или выше 8,5, то это указывает на ее загрязнение сточными водами.

Оборудование: пробы воды, универсальная индикаторная бумага; цветная шкала pH.

Ход работы: отобрать пробу воды из родника. Смочить индикаторную бумагу и цвет ее сравнить со стандартной бумажной цветной индикаторной шкалой. Время выдержки бумаги в воде около 20 секунд.

Оценка результатов: pH определяется с помощью универсальной индикаторной бумаги, путем сравнения ее окраски со шкалой (табл. 16).

Газовый и химический состав родниковой воды неодинаков, он зависит от местных гидрогеологических условий – не следует воспринимать любую воду, выходящую из-под земли, как исключительно полезную для человека.

Таблица 16. Характеристика воды по величине pH [13]

Характеристика воды	Цвет индикатора	Величина pH
Сильнокислая	малиновый	1
	красный	2
	оранжевый	3
Среднекислая	желтый	4
	светло-желтый	5
Слабокислая	желто-зеленый	6
Нейтральная	болотный	7
Слабощелочная	светло-зеленый	8
	зеленый	9
Сильно щелочная	синий	10

Глава 5. Основные требования к благоустройству родников

Работы по благоустройству родников и прилегающих к ним территорий должны включать их очистку, расчистку русла ручья и организацию санитарно-защитной зоны; устройство удобных подходов к источникам; установку ограждений и приспособлений для предотвращения попадания мусора; посадку зеленых насаждений, установку информационных аншлагов и др., а также проведение эколого-просветительской работы с местными жителями. В случае необходимости источники были каптированы с целью сосредоточения и защиты от загрязнения выхода воды. При устройстве каптажа отдельное внимание уделено сохранению естественного режима источника.

Все работы должны проводиться с учетом СанПиН 2.1.4.1175-02. «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников» (п. 3.5 «Требования к устройству каптажей родников»).

Согласно СанПин [55] каптажи предназначены для сбора выклинивающихся на поверхность подземных вод из восходящих или нисходящих родников (ключей) и представляют собой специально оборудованные водосборные камеры различной конструкции. Забор воды из восходящих родников осуществляется через дно каптажной камеры, из нисходящих – через отверстия в стене камеры.

Одним из требований к каптажным камерам нисходящих родников – наличие водонепроницаемой стены и дна, что достигается путем устройства замка из мятой, утрамбованной глины. Камеры восходящих родников оборудуются глиняным замком по всему периметру стен, для которых может быть использован бетон, кирпич или дерево.

Каптажные камеры должны иметь горловину с люком и крышкой, оборудованы водозаборной и переливной трубами, иметь трубу опорожнения диаметром не менее 100 мм, вентиляционную трубу и должны быть помещены в специальные наземные сооружения в виде будки. Территория вокруг каптажа должна быть ограждена. Для целей осмотра, очистки и дезинфекции каптажа в стене камеры должны устраиваться двери и люки достаточной высоты и размеров, чтобы обеспечить удобное проникновение в каптажную камеру.

5.1. Виды каптажа

Поскольку выход родниковой воды в большинстве случаев невелик по объему за единицу времени, необходимо создать каптаж, позволяющий собирать и накапливать воду в необходимом количестве, чтобы в дальнейшем транспортировать ее потребителям. Каптаж – сооружение, похожее на колодец. Разница между ними в том, что большая часть колодца находится под землей, а камера каптажа на половину расположена над уровнем земли. Вода в каптаж поступает естественным путем – ее доставляет родник.

Тип и конструкция каптажного устройства выбираются в зависимости от гидрогеологических условий выхода подземных вод, их состава, а также технических и санитарных условий. При каптаже родников учитываются следующие требования [40]: захват воды должен быть произведен так, чтобы она не могла вытекать в обход каптажа, особенно в периоды наибольших расходов; вода должна поступать в водонепроницаемое сооружение до выхода на поверхность земли, чтобы избежать загрязнения; уровень воды не должен подниматься выше естественного при выходе на поверхность земли, иначе источник может найти выход в обход каптажного сооружения.

Восходящие родники образуются в результате подъема напорных вод через повреждения в водонепроницаемых породах, закрывающих водный горизонт сверху. Нисходящие родники возникают из-за выхода на поверхность земли безнапорных грунтовых вод, размещенных на водонепроницаемом основании – это ложе и выводит воду наружу. Конструкция каптажной камеры зависит от типа родника – восходящего или нисходящего [40].

Каптаж восходящего родника сооружается над участком, где вода выходит наиболее интенсивно. Территория внимательно исследуется, с площадки удаляется грунт до тех пор, пока не обнажится коренная порода, которая служит чем-то вроде крышки водоносному горизонту и через которую пробивается вода. Если основание родника образовано скальными породами, то вода в фильтрации не нуждается. Если коренная порода представлена трещиноватым образованием и через щели вместе с водой выносится песок, необходимо расчистить площадку и засыпать ее слоем гравия с крупным песком 20–30 см, который выполнит роль обратного фильтра.

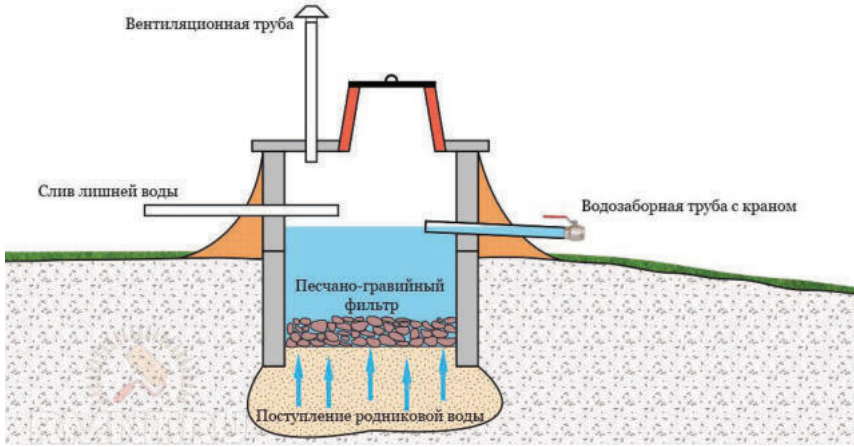
Для увеличения площади водосбора по периметру участка, где выходит ручей, ставится камера каптажа – проще установить готовые железобетонные кольца, обмазав периметр касания нижнего кольца с коренной породой, а также щели между кольцами жирной глиной. После установки колец необходимо проделать на высоте около 1,5 м (точная высота зависит от расчетного дебита каптажа) от дна камеры отверстие для слива, через которое будет удаляться скопившаяся за время строительства вода, а по окончании работ – ее избыток. Сформированный бетонными кольцами колодец следует частично перекрыть бетонной плитой, оставив между ее нависающим краем и стенкой колодца проход, достаточный для спуска в каптаж человека. Верхняя часть каптажной камеры возводится кирпичной кладкой, образующей усеченный конус, в верхней части которого располагается люк, ведущий внутрь камеры. В процессе кладки кирпичной части колодца следует замуровать между рядами чугунные скобы, по которым можно будет спуститься в каптаж и подниматься из него. Верхняя точка камеры должна возвышаться над поверхностью земли не менее чем на 80 см, ее горловина оборудуется откидным люком, запирающимся на замок.

Из камеры каптажа необходимо вывести вентиляционную трубу на высоту не менее 2 м от уровня земли, отверстие которой закрывается мелкоячеистой металлической сеткой, сверху устанавливается колпак. По периметру каптажа требуется выполнить замок из жирной глины с бетонной отмосткой поверх него, сформировать канавы для отвода поверхностных стоков.

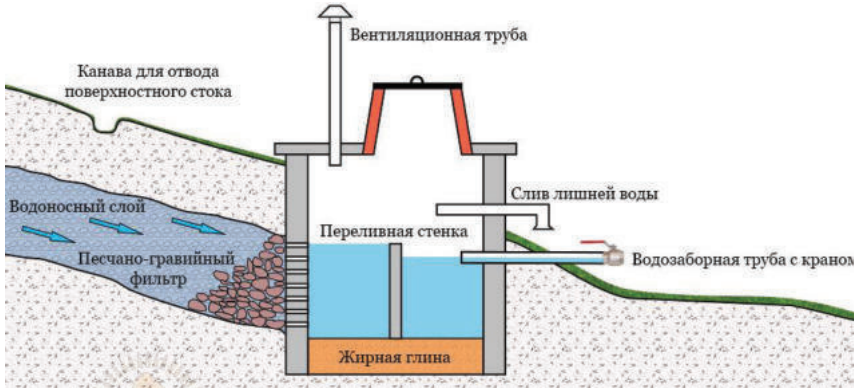
Забор воды из каптажной камеры производится по трубе, заведенной в нее на высоте 50 см от верхней точки песчано-гравийного фильтра. Дистанция, на которую выводятся из камеры родника сливная и водозаборная трубы, не менее 1 м от стенок, в конечной точке их вывода выполняется водоотводящий лоток. На завершающем этапе работ водозаборная труба внутри камеры оснащается фильтрующим элементом с 0,2-миллиметровыми отверстиями и полуоборотным латунным краном (рис. 10*а*).

Конструкция каптажной камеры для нисходящего родника схожа с устройством каптажа для восходящего – разница в том, что вода будет поступать в нее не через основание дна, а через стенку (рис. 10*б*).

Между водоносным слоем и каптажем укладывается гравийный



а



б

Рисунок 10. Схема каптажной камеры восходящего *(а)* и нисходящего источников *(б)* [7]

фильтр (20 см), в соприкасающейся с ним стене проделываются отверстия, через которые будет поступать вода. Чтобы она не уходила через дно камеры, его отделывают подушкой из жирной глины. Внутренний объем каптажа для нисходящего родника будет удобно разделить на две секции с помощью переливной стенки, водозабор осуществлять из секции, отстоящей дальше от стены с водоносным слоем.

Данная мера позволит избежать загрязненности воды взвешенными частицами грунта. В случае если выход воды происходит на широком участке стены, создается камера каптажа с открылками (барраж-

ными стенками), обеспечивающими сбор воды в общий водосборник.

Насос, осуществляющий транспортировку питьевой родниковой воды из накопителя, необходимо устанавливать вне камеры каптажа, т. е. погружные насосы для этой цели не подойдут.

В течение срока эксплуатации нужно производить периодический осмотр камеры накопителя и территории вокруг нее, очистку и дезинфекцию водосборника, снимать фильтрующий элемент для промывки.

5.2. Санитарная охрана родников

Когда говорится об охране нецентрализованных источников водоснабжения, особую озабоченность вызывает отсутствие соответствующей законодательной базы. На сегодняшний день гарантии водного законодательства РФ в области обеспечения населения качественной питьевой водой получили свое развитие только в отношении централизованного водоснабжения. Так, 7 декабря 2011 г. вступил в силу ФЗ РФ № 416 «О водоснабжении и водоотведении», регулирующий правовые отношения в сфере централизованного питьевого водоснабжения населения и соответственно оставляющий без рассмотрения подобные отношения в сфере нецентрализованного водоснабжения, к которой и относятся выходы родниковых вод [40].

Вопросы контроля эколого-санитарного и технического состояния родников изложены в СанПиН 2.1.4.1175–02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения» [55].

Среди подзаконных правовых актов субъектов РФ в первую очередь необходимо обратить внимание на документы, связанные с развитием особо охраняемых природных территорий местного значения, где родники как источники питьевого водоснабжения попадают под статус территорий, имеющих «иное ценное значение». Выходы родниковых вод, используемые населением как источники питьевого водоснабжения, вполне подходят под это описание.

На уровне муниципальных образований, заинтересованных в качестве питьевых вод для обеспечения нужд населенного пункта, должна вестись активная работа, на локальном уровне, в сравнении с региональным и федеральным уровнями проще осуществлять контролирующие и охранные функции.

Правильное содержание и эксплуатация каптажных сооружений и

устройств источников имеет решающее значение в профилактике микробного и химического загрязнения питьевой воды. Не менее важно соблюдать санитарные требования на прилегающей к роднику территории.

В СанПиН 2.1.4.1175–02 указано, что любые источники загрязнения (выгребные туалеты и ямы, склады удобрений и ядохимикатов, предприятия местной промышленности, канализационные сооружения и др.) должны быть расположены на расстоянии не ближе 50 м ниже по потоку грунтовых вод от родника.

Водозаборные сооружения нецентрализованного водоснабжения, к каковым относятся каптажи родников, не должны устраиваться на участках, затапливаемых во время половодий и паводков, в заболоченных местах, в местах, подвергаемых оползневым и другим видам деформации, а также ближе 30 м от магистралей с интенсивным движением транспорта.

По периметру каптажного сооружения на расстоянии не менее 20 м категорически запрещается производить мойку автотранспорта, осуществлять водопой скота, выбрасывать любой мусор. Для упрощения этой задачи рекомендуется оградить территорию каптажа забором (2 м от его стен) , ограничивающим проникновение животных.

Показатели качества родниковых вод во многом определяются эколого-санитарной обстановкой в области питания родников, техническим и санитарным состоянием их каптажных камер. Санитарные правила рекомендуют проводить чистку каптажа не реже одного раза в год с одновременным текущим ремонтом оборудования и крепления. После каждой чистки или ремонта должна производиться дезинфекция водозаборных сооружений хлорсодержащими реагентами и последующая их промывка. Программа санитарно-гигиенического обследования каптажа родника согласно требованиям СанПиН 2.1.4.1175–02 приведена в приложении 2.

Любые качественные изменения родниковой воды, например, посторонний запах, цветовой оттенок или странный привкус, означают, что состав питающих родник подземных вод по каким-то причинам изменился и в этой ситуации водозабор немедленно прекращается, а пробы воды направляются на лабораторную экспертизу.

Глава 6. О некоторых результатах проекта «Чистые родники Алтая»

6.1. Организационная и просветительская работа

Основной целью проекта было информирование населения о правилах рационального и безопасного потребления природной родниковой воды. На первом этапе предусмотренных проектом работ проведено 8 очных, 3 дистанционных (на платформе Zoom) с трансляцией в социальных сетях эколого-просветительских мероприятий, семинар, 4 конкурса, 9 выездных полевых занятий. Каждое мероприятие, помимо образовательной программы, посвященной различным аспектам водно-ресурсного потенциала и водно-экологическим проблемам Алтая, включало конкурсы, викторины, интеллектуальные игры, встречи с путешественниками, фотовыставки и познавательные экскурсии.

Участники общественного мероприятия в художественной галерее «Universum» АлтГУ

Кроме того, реализован курс «Занимательная гидрогеология» на дистанционном портале «Интерактивная география» (на платформе Moodle), включающий шесть блоков: «Водные ресурсы Алтайского края», «Современное состояние поверхностных и подземных вод в Алтайском крае», «Водообеспеченность населения: страны и регионы», «Формирование химического состава природных вод», «Происхождение и функционирование природных источников воды (родников)», «Вода и здоровье», а также обзор литературных источников, посвященных алтайским родникам [4-6, 10, 16-17, 24, 27, 33, 38-39, 42, 52, 57, 61]. Каждый блок курса включал видеозапись лекции, презентацию, дополнительная справочная информация и тестовые задания для проверки усвоения курса. Материалы курса размещены на образовательном портале Алтайского краевого отделения Русского географического общества iGEOGRAPHY Интерактивная география https://education.igeography.ru/ [23]. Участники изучали особенности формирования поверхностных и подземных вод, общемировые, российские и региональные тенденции водопотребления и водопользования, знакомились с водными запасами Алтайского края, водно-экологическими проблемами и пытались найти их решения. По итогам были выявлены и награждены победители, набравшие наибольшее количество баллов.

Благодаря реализации различных мероприятий организаторы попытались сформировать представление о природной воде как сложном растворе различных минеральных солей, газов, биогенных и органических соединений; познакомить с особенностями формирования подземных вод и возможными рисками, связанными с бесконтрольным использованием родниковой воды, сформировать культуру потребления природной воды. Еще одним важным направлением проекта стало вовлечение общественности, в т. ч. молодежи и школьников, в изучение, обустройство и сохранение родников.

Информационное обеспечение проекта реализовано на основе информационно-аналитической системы (ИАС) «Чистые родники Алтая», в которую включены следующие функциональные блоки: интерфейс сбора информации, реестр родников, модуль визуализации аналитических данных. Интерфейс сбора информации позволял участникам, используя набор шаблонов, ввести в систему первичные данные об объекте, указать родник на карте или дать текстовое описание его рас-

Участники экспедиционного выезда проекта
«Чистые родники Алтая» (Каменский район)

положения и состояния, выразить степень готовности участия в проекте, заполнив форму (прилож. 3). Сведения об объектах, собранные по данным участников проекта, были верифицированы, уточнены, дополнены результатами экспедиционных исследований и включены в реестр. Данные реестра и сопряженные аналитические материалы размещены в открытом доступе на информационном ресурсе проекта в сети Интернет (http://spring.rgo-altay.ru) [23].

В рамках экспедиционных исследований были уточнены и дополнены данные о географическом положении, а также проведена экологическая паспортизация 210 объектов (рис. 11) по основным характеристикам по предложенной форме (прилож. 4). Всем заинтересованным лицам разъяснены особенности выхода подземных вод на дневную поверхность; даны рекомендации по охране, восстановлению и рациональному использованию родников.

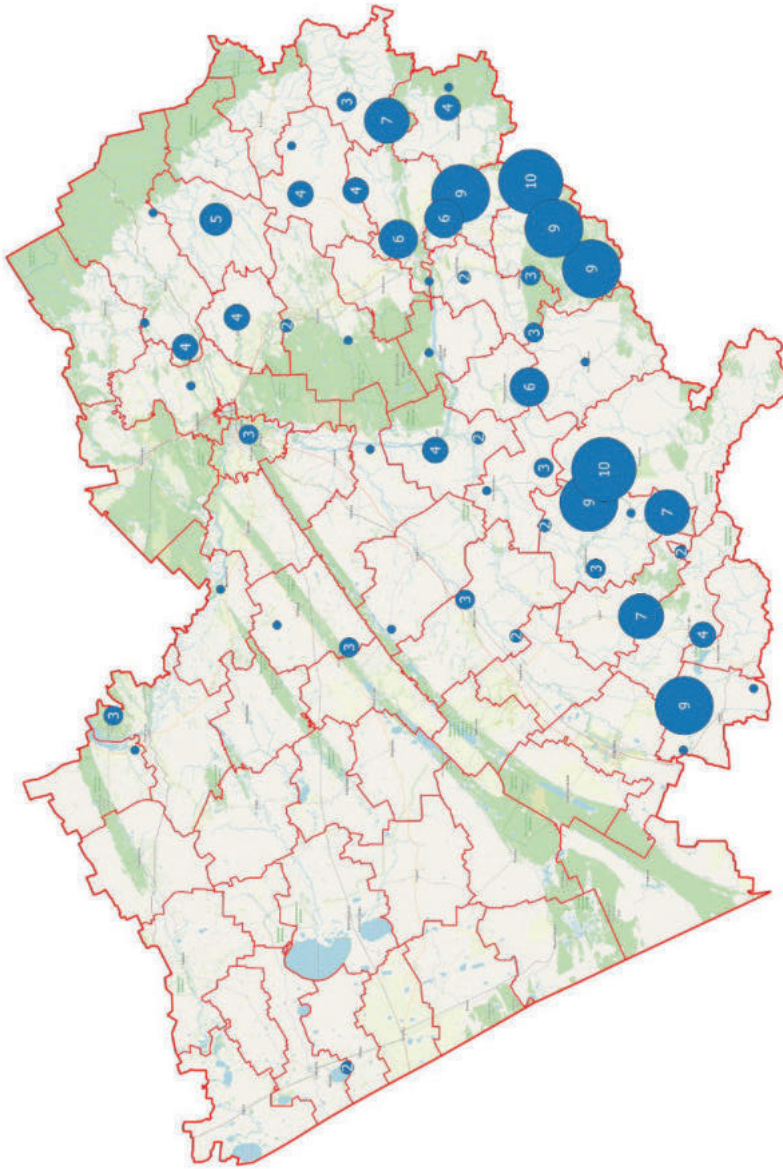


Рисунок 11. Схема распределения объектов проекта «Чистые родники Алтая»

6.2. Оценка гидрохимического состава родниковых вод

Изучение химического состава родниковых вод проводилось в полевых и лабораторных условиях. Органолептические свойства воды (температура, мутность, цветность), а также обобщенные показатели ее качества (общее солесодержание (TDS), водородный показатель (pH), окислительно-восстановительный потенциал (Eh), содержание растворенного кислорода (O_2) определялись в полевых условиях.

При лабораторных исследованиях выполнялись анализы по определению макрокомпонентного состава родниковых вод, при этом применялись стандартные методики анализа химического состава природных вод.

Спектрофотометрия – это метод исследования и анализа, который позволяет измерить концентрацию растворенных веществ по количеству поглощаемого раствором света. Высокая эффективность данного метода обусловлена тем, что различные соединения по-разному поглощают свет с той или иной длиной волны.

Потенциометрия – электрохимический метод анализа, основанный на определении концентрации электролитов путем измерения потенциала электрода, погруженного в исследуемый раствор. Она является селективным количественным методом анализа. Метод потенциометрического измерения концентрации ионов в растворе основан на измерении разности электрических потенциалов двух специальных электродов, помещенных в испытуемый раствор, причем один электрод (вспомогательный) в процессе измерения имеет постоянный потенциал.

Колориметрические методы анализа основаны на сравнении интенсивности окрасок исследуемого раствора и стандартного раствора определенной концентрации. С помощью различных методик колориметрии можно оценивать количественное содержание определенных веществ в растворе с достаточно высокой точностью.

Кондуктометрический метод анализа – это электрохимический метод анализа, основанный на использовании зависимости между электрической проводимостью растворов электролитов и их концентрацией в растворе. Таким образом, унифицированные методы представляют собой инструментарий, позволяющий выполнять разнообразные химические анализы, и пригодный для эффективной работы

в полевых и лабораторных условиях. В таблице представлен список измеряемых показателей и методики их измерения (табл. 17).

Для определения температуры воды использовался высокоточный полевой электронный термометр YARM с погрешностью измерения ±0,01 °С.

Для спектрофотометрических измерений (табл. 17) применялся портативный 9-диапазонный фотометр КФК (производитель ЗОМЗ-SHVABE). Сертификат РОСС RU.АБ69.Н01780, ГОСТ 27570.0-87.

Потенциометрические измерения проводились с использованием линейки портативных лабораторных приборов серии HM-Digital. Оперативное измерение электропроводности (EC) и общего солесодержания (TDS) проводилось с использованием прибора COM100 компании HM-Digital.

Измерение проводилось в режиме калибровки 442TM, разработанной компанией Myron L Co. Стандарт калибровки 442TM имитирует свойства натуральной воды (реки, озера, скважины, питьевая вода) с комбинацией 40 % бикарбоната натрия, 40 % сульфата натрия и 20 % хлорида.

Измерение растворенного кислорода (в мг/л) производилось с использованием портативного полевого оксиметра AMSTAT AMT08. Точность измерения по O_2 – 0,1 мг/л. Температурный датчик – 0,1 °С. Погрешность измерения ±0,5 мг/л для O_2.

Дебит источников оценивался по двум методикам. В случае наличия оформленного водотока замер времени наполнения производился с использованием тарированной емкости объемом 5 литров при помощи механического секундомера. В случае отсутствия оформленного водотока замер производился путем оценки площади сечения потока (измерение ширины и глубины ручья) и определения скорости течения ручья (с замером скорости перемещения поплавка на фиксированной длине ручья).

Географическая привязка объектов проводилась в географической системе WGS84 (EPSG:4326) с использованием GPS/GLONASS навигатора в режиме DGPS.

Таблица 17. Методы определения и пределы обнаружения измеряемых показателей

Определяемый показатель	Предел обнаружения, ед. изм.	Метод определения	Нормативный документ
Цветность	град.	спектрофотометрический	РД 52.24.497-2005
Мутность	ЕМФ	спектрофотометрический	ГОСТ Р 57164-2016
O_2	0,01 мг/дм^3	потенциометрический	ГОСТ 22018-84
pH	–	потенциометрический	ГОСТ 33776-2016
Eh	–	потенциометрический	–
Ca^{2+}	0,01 мг/дм^3	спектрофотометрический	ФР.1.31.2011.09213
Mg^{2+}	0,01 мг/дм^3	спектрофотометрический	ФР.1.31.2011.09213
$HCO3^-$	–	расчетный	–
$\sum Na^+ + K^+$	–	расчетный	–
Cl^-	0,01 мг/дм^3	спектрофотометрический	ФР.1.31.2011.09216
SO_4^{2-}	0,01 мг/дм^3	спектрофотометрический	ФР.1.31.2011.09212
Fe(общее)	0,01 мг/дм^3	спектрофотометрический	ФР.1.31.2012.13736
Ag	0,05 мг/дм^3	колориметрический	ФР.1.31.2006.02430
Перманганатная окисляемость	O2, 0,5 мг/дм^3	колориметрический	ФР.1.31.2000.00148
Жесткость	ммоль-экв/дм^3	расчетный	ФР.1.31.2011.09213
Минерализация	мг/дм^3	кондуктометрический/ расчетный	РД 52.24.495-2005
Удельная электропроводность	мкСм/см	кондуктометрический	РД 52.24.495-2005

6.3. Паспортизация родников в рамках проекта «Чистые родники Алтая»

В процессе экспедиционных исследований проекта составлены экологические паспорта для всех выходов родниковых вод. В работе представлено описание пяти родников по предложенной схеме.

Родник «Иоанно-Предтеченский святой ключ»

Местоположение: Алтайский край, Первомайский район, 750 м на северо-запад от с. Сорочий Лог.

Координаты: 53°35’07.8″ с. ш. 84°07’41.3″ в. д.

Абсолютная отметка: 178 м.

Кадастровый участок: не установлен.

Краткое описание. Источник, вытекающий ручей и прилегающая территория имеют статус памятника природы краевого значения – родник «Святой ключ». Памятник природы создан Постановлением Администрации Алтайского края от 21.07.2000 № 568 «О памятниках природы краевого значения». В настоящее время действующие границы и режим охраны утверждены Постановлением администрации Алтайского края от 06.05.2014 № 220 «О памятниках природы краевого значения».

Ручей родника «Иоанно-Предтеченский святой ключ»

Родник расположен на участке прилегания долины р. Оби (пятой надпойменной террасы) к западному макросклону Бийско-Чумышской возвышенности. Выход подземных вод находится в тальвеге зарастающего оврага. Водовмещающими являются пески краснодубровской свиты, водоупор – суглинки и глины кочковской свиты. Недалеко от источника имеются и другие родники, но значительно меньшие по дебиту. На месте выхода источника отмечаются заболоченные участки с явными признаками окислов железа.

Родник нисходящий с дебитом более 60 л/мин.

Подземные воды по химическому составу гидрокарбонатные натриево-кальциевые пресные средней жесткости. Концентрация общего железа составляет 0,37 мг/л и незначительно превышает ПДК (табл. 18).

Таблица 18. Результаты исследования химического состава родника

Показатели	Результаты испытаний			ПДК для питьевых вод СанПиН 2.1.4.1074-01	Лимитирующий признак[1]
	мг/дм^3	мг-экв/дм^3	%-экв		
Минерализация	368	–	–	1000 (1500)[2]	орган.
Жесткость общая	–	4	–	7 (10)	орган.
pH, ед.	7,56			орган.	–
Гидрокарбонаты	269,6	4,42	94	–	–
Сульфаты	3,0	0,06	1	500	орган.
Хлориды	7,16	0,20	5	350	орган.
Кальций	52	2,60	54	–	–
Магний	17	1,40	29	–	–
Натрий	19	0,83	17	200	сан.-токс.
Вода по химическому составу гидрокарбонатная магниево-кальциевая пресная средней жесткости. Содержание железа незначительно превышает ПДК. Вода соответствует требованиям, предъявляемым к питьевым водам, по макрокомпонентному составу.					

Примечание: 1) лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив («сан.-токс.» – санитарно-токсикологический, «орган.» – органолептический); 2) величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.

Каптажное устройство – деревянный сруб шахтного типа. Вокруг водозабора сооружены деревянные помосты и дорожки. Зона санитарной охраны присутствует. Территория частично огорожена, у начала балки воздвигнуто распятие, у источника – православные иконы, лавочки, разбиты цветники, высажены кустарники. Также имеются временные сооружения – кабинка для омовения, сруб под навесом для забора воды. Санитарное состояние отличное.

Целевое значение и использование родника:

- водоохранное (разгрузка грунтовых вод, регулятор гидрологического режима территории и т. п.);
- научное (представляет интерес с точки зрения гидрогеологии и гидрологии);
- рекреационное (место отдыха);
- культовое (религиозное) – родник считается святым, является местом паломничества и оборудован атрибутами имеющими отношение к православной церкви (иконы, православный крест и распятие и др.).

Оценка допустимости использования воды для питьевых целей: использование ограничено при микробиологическом контроле.

Родник «Серебряный ключ»

Местоположение: Алтайский край, Локтевский район, в 8 км на северо-восток от с. Устьянка.

Координаты: 51°10’25.0″ с. ш. 81°32’30.1″ в. д.

Абсолютная отметка: 293 м.

Кадастровый участок: 22:26:010303:440. Земли сельскохозяйственного назначения, для сельскохозяйственного производства.

Краткое описание**.** Родник расположен на элювиально-делювиальной цокольной равнине, примыкающей к предгорной равнине Алтая. Источник и вытекающий ручей впадает в р. Сухая речка. Выход подземных вод находится на склоне речной долины. Водовмещающими являются отложения коры выветривания палеозоя. На участке выхода источника отмечаются заболоченные участки.

Родник нисходящий с дебитом 22 л/мин.

Подземные воды по химическому составу гидрокарбонатные магниево-кальциевые пресные мягкие (табл. 19).

Таблица 19. Результаты исследования химического состава родника

Показатели	Результаты испытаний			ПДК для питьевых вод СанПиН 2.1.4.1074-01	Лимитирующий признак[1]
	мг/дм^3	мг-экв/дм^3	%-экв		
Минерализация	226	–	–	1000 (1500)[2]	орган.
Жесткость общая	–	2,9	–	7 (10)	орган.
pH, ед.	7,89			–	орган.
Гидрокарбонаты	106,7	1,75	55	–	–
Сульфаты	33,0	0,67	21	500	орган.
Хлориды	26,6	0,76	24	350	орган.
Кальций	31,8	1,59	46	–	–
Магний	16,4	1,34	39	–	–
Натрий	11,5	0,5	15	200	сан.-токс.
Вода по химическому составу гидрокарбонатная магниево-кальциевая пресная мягкая. Вода соответствует требованиям, предъявляемым к питьевым водам, по макрокомпонентному составу.					

Примечание: 1) лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив («сан.-токс.» – санитарно-токсикологический, «орган.» – органолептический); 2) величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.

Выход родника «Серебряный ключ»

Зона санитарной охраны отсутствует. Территория не огорожена. Каптажное устройство – железобетонные кольца с отводной трубой. Санитарное состояние удовлетворительное.

Целевое значение и использование родника:

- водоохранное (разгрузка грунтовых вод, регулятор гидрологического режима территории и т.п.);
- научное (представляет интерес с точки зрения гидрогеологии и гидрологии);
- хозяйственно-питьевое;
- рекреационное (место отдыха).

Оценка допустимости использования воды для питьевых целей: использование допустимо при микробиологическом контроле.

Родник «Вознесенский»

Местоположение: Алтайский край, Косихинский район, в 1 км на юг от с. Налобиха.

Координаты: 53°10’30.6″ с. ш. 84°35’35.8″ в. д.

Абсолютная отметка: 220 м.

Кадастровый участок: не установлен.

Краткое описание. Родник расположен на участке прилегания долины реки Оби (пятой надпойменной террасы) к западному макросклону Бийско-Чумышской возвышенности. Выход подземных вод находится в основании уступа пологого склона. Водовмещающими являются пески краснодубровской свиты, водоупор – суглинки и глины кочковской свиты. На месте выхода источника отмечаются заболоченные участки.

Родник восходящий с дебитом 4 л/мин.

Подземные воды по химическому составу гидрокарбонатные кальциевые пресные средней жесткости (табл. 20).

Каптажное устройство – металлическое кольцо с крышкой в наземном павильоне. Зона санитарной охраны присутствует. Территория огорожена. Санитарное состояние хорошее.

Целевое значение и использование родника:

- водоохранное (разгрузка грунтовых вод, регулятор гидрологического режима территории и т. п.);
- научное (представляет интерес с точки зрения гидрогеологии и гидрологии);

- рекреационное (место отдыха);
- хозяйственно-питьевое;
- культовое (религиозное).

Оценка допустимости использования воды для питьевых целей – использование допустимо при микробиологическом контроле.

Таблица 20. Результаты исследования химического состава родника

Показатели	Результаты испытаний			ПДК для питьевых вод СанПиН 2.1.4.1074-01	Лимитирующий признак[1]
	мг/дм^3	мг-экв/дм^3	%-экв		
Минерализация	336	–	–	1000 (1500)[2]	орган.
Жесткость общая	–	4,2	–	7 (10)	орган.
pH, ед.	7,47			орган.	орган.
Гидрокарбонаты	248	4,06	96	–	–
Сульфаты	1,6	0,03	1	500	орган.
Хлориды	4,04	0,12	3	350	орган.
Кальций	77,0	3,85	91	–	–
Магний	3,7	0,30	7	–	–
Натрий	1,8	0,08	2	200	сан.-токс.
Вода по химическому составу гидрокарбонатная кальциевая пресная средней жесткости. Вода соответствует требованиям, предъявляемым к питьевым водам, по макрокомпонентному составу.					

Примечание: 1) лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив («сан.-токс.» – санитарно-токсикологический, «орган.» – органолептический); 2) величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.

Родник «Горный ключ»

Местоположение: Алтайский край, Краснощековский район, в 5 км к юго-западу (вниз по течению р. Чарыш) от с. Усть-Пустынка.

Координаты: 51°26’30.3″ с. ш. 83°06’33.7″ в. д.

Абсолютная отметка: 340 м.

Кадастровый участок: 22:21:030011:336 для сельскохозяйственного производства.

Краткое описание. Родник расположен на правом берегу р. Чарыш

выше впадения ручья Мельничного. Источник, формирующий постоянный водоток является памятником природы краевого значения. Особо охраняемая природная территория создана Постановлением администрации Алтайского края от 13.04.1998 № 234 «О памятниках природы краевого значения на территории Алтайского края». В настоящее время действующие границы и режим охраны утверждены Постановлением администрации Алтайского края от 06.05.2014 № 220 «О памятниках природы краевого значения». Множественные выходы подземных вод находятся в тальвеге закустаренного каньона.

Водовмещающими являются аллювиально-делювиальные отложения на уровне первой надпойменной террасы.

Родник восходящий со значительным дебитом.

Подземные воды по химическому составу гидрокарбонатные кальциевые пресные мягкие (табл. 21).

Каптаж – естественный выход. Санитарно-защитная зона отсутствует. Территория не огорожена. Санитарное состояние хорошее.

Целевое значение и использование родника:

- водоохранное (разгрузка грунтовых вод, регулятор гидрологического режима территории и т. п.);
- научное (представляет интерес с точки зрения гидрогеологии и гидрологии).

Оценка допустимости использования воды для питьевых целей: использование допустимо при микробиологическом контроле.

Ручей Горный ключ

Таблица 21. Результаты исследования химического состава родника

Показатели	Результаты испытаний			ПДК для питьевых вод СанПиН 2.1.4.1074-01	Лимитирующий признак[1]
	мг/дм^3	мг-экв/дм^3	%-экв		
Минерализация	160	—	—	1000 (1500)[2]	орган.
Жесткость общая	—	2,0	—	7 (10)	орган.
pH, ед.	7,72			–	орган.
Гидрокарбонаты	104,0	1,70	81	–	–
Сульфаты	16,0	0,33	16	500	орган.
Хлориды	2,44	0,07	3	350	орган.
Кальций	30,0	1,50	73	–	–
Магний	6,0	0,49	24	–	–
Натрий	1,4	0,06	3	200	сан.-токс.
Вода по химическому составу гидрокарбонатная кальциевая пресная мягкая. Вода соответствует требованиям, предъявляемым к питьевым водам, по макрокомпонентному составу.					

Примечание: 1) лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив («сан.-токс.»- санитарно-токсикологический, «орган.» – органолептический); 2) величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.

Родник «Ильинский»

Местоположение: Алтайский край, Топчихинский район, в 100 м на северо-восток от с. Володарка.

Координаты: 52°43’31.0″ с. ш. 83°37’12.4″ в. д.

Абсолютная отметка: 144 м.

Кадастровый участок: не установлен.

Краткое описание. Родник расположен на первой надпойменной террасе долины р. Оби. Выход подземных вод находится в основании уступа крутого склона террасы. Водовмещающими являются супеси краснодубровской свиты, водоупор – плотные глины кочковской свиты. На месте выхода источника отмечаются заболоченные участки.

Родник нисходящий (высачивание из связанных грунтов) с дебитом 3 л/мин.

Подземные воды по химическому составу сульфатно-гидрокарбо-

натные кальциевые солоноватые, очень жесткие. Содержание сульфатов в воде превышает значения ПДК, установленные для питьевых вод (табл. 22).

Каптажное устройство – деревянный сруб шахтного типа с крышкой под навесом, у источника установлены православные иконы.

Зона санитарной охраны присутствует. Территория огорожена. Санитарное состояние отличное.

Целевое значение и использование родника:

- водоохранное (разгрузка грунтовых вод, регулятор гидрологического режима территории и т. п.);
- научное (интерес с точки зрения гидрогеологии и гидрологии);
- рекреационное (место отдыха);
- хозяйственно-бытовое;
- культовое (религиозное).

Таблица 22. Результаты исследования химического состава родника

Показатели	Результаты испытаний			ПДК для питьевых вод СанПиН 2.1.4.1074-01	Лимитирующий признак[1]
	мг/дм^3	мг-экв/дм^3	%-экв		
Минерализация	2123	—	—	1000 (1500)[2]	орган.
Жесткость общая	—	25,5	—	7 (10)	орган.
pH, ед.	7,42			–	орган.
Гидрокарбонаты	903	14,8	49	–	–
Сульфаты	558	11,39	38	500	орган.
Хлориды	134	3,83	13	350	орган.
Кальций	457	22,85	84	–	–
Магний	32	2,65	10	–	–
Натрий	39	1,70	6	200	сан.-токс.
Вода по химическому составу сульфатно-гидрокарбонатная кальциевая солоноватая, очень жесткая. Вода не соответствует требованиям, предъявляемым к питьевым водам, по минерализации, жесткости и превышению концентрации сульфатов.					

Примечание: 1) лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив («сан.-токс.» – санитарно-токсикологический, «орган.» – органолептический); 2) величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.

Каптажное устройство родника «Ильинский»

Оценка допустимости использования воды для питьевых целей: использование недопустимо из-за повышенных минерализации, жесткости и концентрации сульфатов.

В целом проведенный анализ доказывает широкие возможности применения подземных вод в Алтайском крае. Важное условие хозяйственно-питьевого использования родниковых вод – регулярный мониторинг химического состава и санитарного состояния прилегающей к ним территории.

6.4. Обустройство источников и прилегающих территорий

За счет средств Фонда президентских грантов РФ были реализованы проекты по благоустройству родников в Алтайском, Змеиногорском, Ключевском, Курьинском, Косихинском, Краснощековском, Локтевском, Топчихинском, Целинном, Чарышском районах Алтайского края. Большинство родников, включенных в программу по обустройству, имеет рекреационное и хозяйственно-питьевое значение, представляет историческую и культурную ценность.

Одним из первых обустроенных объектов стал родник, расположенный в с. Налобиха Косихинского района. По словам местных жителей, в начале 2000-х годов его случайно нашел учитель географии А.В. Бражников. Источнику дали имя в честь села Вознесенского, которое когда-то стояло на его месте. В 2014 г. родник был обустроен:

установлены каптажное устройство (без крышки), защитный навес (павильон) со скамейками, тропинки и подходы выстелены деревянным настилом. Местными жителями регулярно проводилась уборка прилегающей территории, расчистка русла и промывка каптажного устройства. Со временем из-за высокой влагонасыщенности и неравномерного промерзания грунтов в зимний период произошло повреждение основания и деформация конструкции беседки. В рамках экспедиции проекта «Чистые родники Алтая», которая состоялась в мае 2020 г., даны рекомендации для снижения риска загрязнения и сохранения родника.

В результате инициативные жители с. Налобиха (В.А. Белоус, В.А. Шрейдер, Н.И. Кононов, Г.В. Стариченко, С.В. Жулин и др.) выровняли основание беседки, заменили каптажную камеру, установили крышку с целью защиты выхода подземных вод от поверхностного стока. Деревянные детали отделки взял на себя мастер по дереву Владимир Алексеевич Белоус, он изготовил табличку с названием источника и резные наличники для беседки. Территория родника радиусом около 3 м ограждена. На заключительном этапе к облагораживанию родника присоединились учащиеся МБОУ «Налобихинская

Родник «Вознесенский» после проведенных работ

СОШ им. А.И. Скурлатова». Школьники покрасили ограждение и обкосили траву по периметру источника.

В следующем году с целью предохранения водоприемной камеры от дождевых и талых вод предполагается отсыпка прилегающей территории гравием, обустройство рекреационной зоны.

Проект «Чистые родники Алтая» помог обратить внимание на проблему функционирования и охраны родников не только инициативных жителей, но и глав сельских администраций. Результатом успешного сотрудничества стало обустройство родников Целинного района. Благодаря предварительной организационной работе учителя географии МБОУ «Целинная СОШ № 1» Валентины Алексеевны Забродиной к инвентаризации родников присоединились практически все сельские советы района. В рамках экспедиции проекта «Чистые родники Алтая» определены приоритетные объекты – «Ямской ключ», «Таловский родник», «Воеводские родники».

«Ямской ключ», расположенный у подножия возвышенного правобережья р. Яминка, известен с середины XVIII в., т.к. здесь проходил Кузнецкий тракт. Родник популярен среди местных жителей, они ре-

Каптажное устройство родника «Ямской ключ»

гулярно используют воду для питьевых и бытовых целей. По инициативе местных жителей на протяжении последних лет ведется работа по обустройству родника: расчищена прилегающая территория, оборудован каптаж, проведена работа по защите источника от весенних паводковых вод, а также установлен информационный аншлаг с исторической справкой о роднике. Организаторы проекта отметили удовлетворительное состояние родника и рекомендовали ряд мер по его облагораживанию. При поддержке администрации Целинного района огорожена санитарно-защитная зона родника, площадка засыпана гравием и оборудован спуск к источнику.

Группа «Воеводских родников» расположена в пойме р. Чемровки. Самый популярный – родник «Излучный» – около 20-30 лет назад был заброшен, выход источника замусорен опадом и ветками кустарников, прилегающая территория загрязнена в результате выпаса скота. Местный житель Александр Александрович Аникеев очистил берег реки и обустроил прилегающую к роднику территорию, оборудовал водосборную и переливную камеру, регулярно проводит очистку каптажного устройства и русла водотока. В результате вода восстановила

Информационный аншлаг на роднике «Излучный»

свои природные свойства и стала отвечать нормативным требованиям, предъявляемым к питьевым водам источников нецентрализованного водоснабжения. Его работу поддержали и другие жители села. В экспедиционном обследовании родников принял участие глава администрации Воеводского сельсовета Целинного района Сергей Александрович Чирков, он выразил готовность оказать помощь в облагораживании родников. В рамках проекта на одном из «Воеводских родников» произведена замена каптажной камеры, руководил работами Александр Александрович Аникеев.

Одним из объектов проекта стал родник «Кипучий». Источник известен с конца XIX в. Впервые Кипучий ключ описан в 1895 г. исследователем Сибири В.В. Сапожниковым [56]. Вторично к изучению Кипучего ключа и других источников в долине р. Сарасы обратился Иван Петрович Комаров. В 1935 г. Иван Петрович опубликовал во втором выпуске «Вестника Западно-Сибирского геолого-гидрогеодезического треста» статью [32], в которой представил результаты своих исследований Кипучего ключа и нескольких близлежащих источников. В статье приводятся данные о роднике (температура воды, дебит родника и др.).

В настоящее время мониторинговые наблюдения и поддержание его экологического состояния осуществляется силами эколого-крае-

Родник «Кипучий» до обустройства

ведческого кружка «Юннат» под руководством учителя географии и биологии Сарасинской СОШ Виктории Николаевны Бердюгиной.

В 2020 г. произведена установка каптажного сруба с крышкой и защитным павильоном, отсыпка прилегающей к роднику территории гравием.

В дальнейшем планируется ограждение санитарно-защитной зоны, регулярный контроль за состоянием оборудования и крепления, проведение чистки каптажа.

Участниками экспедиционных выездов проведены работы по расчистке русла и облагораживанию прилегающей к источнику территории в Алтайском («Баранчинский родник», окрестности с. Никольского) и Краснощековском районах (21-й кордон, Чинетинский заказник); «Шоферского ключика» в Крутихинском районе.

По инициативе Татьяны Юрьевны и Олега Анатольевича Заречневых ведется обустройство рекреационной зоны, прилегающей к источнику «Курьинский ключик» в Кытмановском районе. Родник расположен в зоне уреза воды старицы р. Чумыш, и при высоком уровне воды в реке существует риск его подтопления паводковыми водами.

Для защиты прилегающей территории проведены дополнительные работы по обустройству каптажа и подхода к источнику – установка лестничного марша и помоста, ограждение металлического каптажа деревянным срубом из лиственницы с крытым навесом.

В Змеиногорском районе на роднике Сечина Поликарпа Алексеевича (с. Барановка), Топчихинском районе на «Ильинском роднике» (с. Володарка) и Локтевском районе на «Серебряном ключе» (с. Устьянка) на средства президентского гранта с целью формирования зоны отдыха изготовлены беседки.

В с. Алексеевка Чарышского района установлена металлическая конструкция для защиты родника «Восточного». В Алтайском районе на роднике «Светлом» в с. Верх-Ая установлены новые водозаборная и переливная трубы большего диаметра; в с. Тоурак огорожена прилегающая к роднику «У кедерки» территория, оформлена рекреационная зона: установлена лавочка с навесом, посажены деревья.

Проект «Чистые родники Алтая», реализуемый при поддержке Фонда президентских грантов, завершен в октябре 2020 г., организаторы и участники надеются на его дальнейшее продолжение.

Санитарное и техническое состояние родников Алтайского края

а

б

Родник «Кипучий» после обустройства:
а – павильон, *б* – каптажный сруб

Беседка возле родника «Курьинский ключик»

Обустройство родника «Ильинский»

Защитное устройство родника «У кедерки»

разное, от благоустроенных каптажей до примитивных устройств в виде выводной трубы. Около 80 % обследованных родников нуждается в реконструкции каптажа и защите от загрязнения, у большинства источников подземных вод отсутствуют зоны санитарной охраны. Главный аргумент в пользу необходимости продолжения работ по проекту – неравнодушное отношение к родникам жителей и гостей края. Ведь родники, особенно те, которые используются как источники водоснабжения, требуют постоянного контроля качества воды и санитарного состояния прилегающих территорий.

Заключение

В настоящее время наблюдается значительный рост интереса к изучению и сохранению родников как в России, так и в ряде зарубежных стран [26, 46, 49, 62-65]. В ряде регионов опубликованы монографии, посвященные родникам [3, 31, 35-36, 49], реализуются проекты, посвященные сбору информации, обследованию и обустройству родников [26, 46, 50-51]. Знакомство с литературой, посвященной родникам, показывает, что основными направлениями подобных исследований являются использование родников для питьевых целей и оценка качества родниковых вод.

Наши работы по родникам Алтайского края совпадают с названными выше направлениями: благодаря активному участию общественных сил систематизирована информация о географическом положении родников, современном состоянии и потребности в преобразовании с целью обеспечения безопасного водопотребления.

Мы надеемся, что данная работа будет полезна при изучении свойств родниковых вод, а также познакомит с правилами обустройства родников и прилегающих к ним территорий. В рамках проекта «Чистые родники Алтая» уже положено начало исследованию источников подземных вод, которое будет продолжено на регулярной основе. На интерактивной карте Алтайского края появятся новые родники, изучение и анализ экологического состояния которых будет способствовать привлечению общественных сил к проблеме сохранения и защите родников от загрязнения и исчезновения.

Список использованных терминов и понятий

Артезианский (напорный) водоносный горизонт – пласт горной породы, содержащий артезианские подземные воды.

Артезианские (напорные) воды – воды, обладающие напором и образующиеся при синклинальном, моноклинальном, флексуро- и грабенообразном залегании горных пород между водоупорными слоями.

Артезианский колодец – колодец, вскрывающий артезианские воды.

Верховодка – временное скопление подземных вод в зоне аэрации на водонепроницаемых или слабо проницаемых породах, залегающих в виде небольших линз и прослоев.

Водоем – скопление бессточных или с замедленным стоком вод в естественных или искусственных впадинах. При этом водная масса и вмещающая ее чаша представляют собой единый природный комплекс. Это океаны, моря, озера, водохранилища, пруды.

Водоносный горизонт – часть пласта или пласт, насыщенный водой.

Водопроницаемость – способность пород пропускать воду через имеющиеся в них поры и трещины. Оцениваются коэффициентом фильтрации в м/сут. или см/сут.

Водоупор – горная порода, практически не пропускающая через себя воду, или относительно (по сравнению с водопроницаемыми слоями пород) водонепроницаемый ее слой. Водоупор, покрывающий водоносную породу, образует водоупорную кровлю, а подстилающий водоносную породу – водоупорное ложе.

Водоупорные породы – породы, практически не пропускающие через себя воду.

Водоток – водный поток, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности. Может быть постоянным (с течением воды круглый год) и временным (пересыхающим, перемерзающим), естественным или искусственным. Это реки, ручьи, каналы, временные русла (балки, овраги, ложбины стока).

Гидробиология – наука, изучающая растительный и животный мир вод, их взаимоотношения друг с другом и с условиями обитания, биологическую продуктивность океанов, морей и внутренних вод.

Гидробионты – организмы, обитающие в водной среде.

Гидробиоценоз – водный биоценоз.

Гидрогеология – наука о подземных водах, изучающая их состав и свойства, происхождение, условия формирования ресурсов подземных вод, взаимодействие их с горными породами, поверхностными водами и атмосферой, а также возможности их хозяйственного использования.

Гидросфера – прерывистая водная оболочка земного шара, расположенная на поверхности и в толще земной коры и представляющая совокупность океанов, морей и водных объектов суши.

Гидрохимия – раздел геохимии, изучающий химический состав природных вод и его изменения во времени и пространстве в причинной взаимосвязи с химическими, физическими и биологическими процессами, протекающими как в воде, так и в окружающей среде.

Грунтовые воды – подземные воды, залегающие на первом от поверхности земли водоупоре и представляющие собой постоянный во времени и значительный по площади распространения водоносный горизонт.

Дебит – в гидрогеологии количество воды, выдаваемое источником в единицу времени.

Динамические запасы подземных вод – естественный расход потока подземных вод.

Жесткость воды – свойство природной воды, определяемое присутствием в ней растворенных солей кальция и магния.

Закарстованные породы – породы, в которых имеются каверны, каналы, пещеры и другие карстовые формы.

Запасы (ресурсы) подземных вод по видам подразделяются на естественные, эксплуатационные, искусственные и привлекаемые. *Естественные запасы* представляют собой объем подземных вод, находящихся в порах и трещинах водоносного пласта в спокойном состоянии (так называемые статические запасы), и расход движущихся подземных вод в естественных условиях (динамические запасы), не измененный искусственными факторами (водозаборами, откачками из горных выработок и др.). *Эксплуатационные запасы* характеризуют способность водоносного пласта (или системы пластов) в течение длительного времени при водоотборе давать неизменное количество воды нужного качества. *Искусственные запасы* образуются за счет

пополнения подземных вод поверхностными при возведении гидротехнических сооружений, бурении поглощающих скважин, проходке канав, создании фильтрационных бассейнов, а также задержке и перераспределении поверхностного стока.

Зеркало грунтовых вод – свободная поверхность грунтовых вод.

Зона аэрации – верхняя часть земной коры, расположенная выше уровня грунтовых вод.

Инфильтрация – просачивание воды через поры и трещины горных пород в толщу земной коры.

Источник (родник) – естественный выход подземной воды на поверхность земли.

Каптаж – сооружение для захвата в трубы, колодцы и другие устройства подземного источника жидкости или газа с целью наиболее полной выдачи их на дневную поверхность без загрязнения в выходных путях.

Карст – совокупность процессов, связанных с геологической деятельностью поверхностных и подземных вод. Выражается в растворении горных пород, образовании в них пустот, а также своеобразных форм рельефа (карры, колодцы, шахты, воронки, долины, полья, пещеры).

Межпластовые воды – воды, залегающие между пластами водоупорных пород.

Минерализация воды – количество (концентрация) растворенных в воде твердых минеральных веществ, находящихся в виде ионов, а также их коллоидов.

Модуль прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод – расход, который может быть получен с единицы площади (а в долинах рек – с единицы длины) водоносного горизонта. Оценка запасов определяется методом гидрогеологической аналогии. По рассчитанному модулю устанавливаются эксплуатационные запасы в соответствии с оцениваемой площадью или длиной рассматриваемого участка. Для использования метода аналогии необходимо доказать идентичность гидрогеологических условий и источников формирования запасов в пределах оцениваемой площади и участка-эталона.

Мочажины – постоянно мокрые, часто неравномерно поросшие камышом и осокой участки земной поверхности в местах выхода на поверхность подземных вод.

Нецентрализованное водоснабжение – использование для питьевых и хозяйственных нужд населения воды подземных источников, забираемой с помощью различных сооружений и устройств, открытых для общего пользования или находящихся в индивидуальном пользовании, без подачи ее к месту расходования.

Нисходящий источник – источник, питаемый безнапорными (грунтовыми, пластовыми) водами.

Область питания водоносного пласта – та часть земной поверхности, с которой атмосферные осадки и поверхностные воды стекают к области поглощения в пласт горных пород.

Область разгрузки подземных вод – место, где подземные воды выходят из водоносного пласта на поверхность земли.

Область распространения водоносного горизонта – площадь, в пределах которой распространены подземные воды водоносного горизонта.

Паводок – сравнительно кратковременное и непериодическое увеличение расхода воды рек и подъем уровня водных объектов в результате обильных дождей, быстрого таяния снега и ледников при оттепелях, пропусков воды из водохранилищ, прорывов плотин и дамб. В отличие от половодий может случаться в любое время года.

Питание водоносного горизонта – поступление в водоносный горизонт атмосферных, поверхностных, талых вод.

Пласт – геологическое тело, сложенное однородной по составу породой.

Поверхностные воды – воды суши, постоянно или временно находящиеся на земной поверхности в жидком (реки, ручьи, каналы, временные водотоки, озера, пруды, водохранилища, болота) или твердом (ледники и снежный покров) состоянии.

Подземные воды – воды, находящиеся в горных породах верхней части земной коры в жидком, твердом и парообразном состоянии.

Подземный сток – процесс перемещения подземных вод под действием гидравлического напора или силы тяжести. Составная часть влагооборота на Земле.

Половодье – одна из фаз водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон года, относительно длительное и значительное увеличение водности реки, вызывающее подъем ее уровня; обычно сопровождается выходом вод из меженного русла и затопле-

нием поймы. Вызывается усиленным продолжительным притоком воды, который может быть обусловлен: весенним таянием снега на равнинах; летним таянием снега и ледников в горах; обильными дождями (например летними муссонами).

Поровые воды (поровые растворы) – подземные воды, находящиеся в порах горных пород, почв и донных осадков океанов, морей и озер.

Привлекаемые ресурсы – это расход воды, поступающей в изучаемый водоносный пласт при усилении питания подземных вод за счет фильтрации из рек и озер, перетекания из смежных водоносных горизонтов и уменьшения испарения с поверхности грунтовых вод.

Разгрузка подземных вод – отток и расходование запасов подземных вод данного водоносного горизонта.

Река – водный поток значительных размеров, постоянно текущий в разработанном им русле и питающийся за счет поверхностного и подземного стока с его бассейна.

Родник (источник, ключ) – естественные выходы подземных вод на земную поверхность (на суше или под водой). Русло – наиболее пониженная часть речной долины, по которой происходит сток в периоды без половодий и паводков. Деформируется в результате эрозионной деятельности речного потока.

Ручей – небольшой постоянный или временный водоток, образующийся от стока снеговых, дождевых или при выходе на поверхность подземных вод.

Трещинные воды – подземные воды, залегающие и циркулирующие в плотных осадочных, магматических и метаморфических горных породах, нарушенных трещинами. Перемещаются по системе сопряженных трещин различных размеров, образующихся в горных породах под воздействием тектонических, климатических, геоморфологических и других факторов.

Эрозия, эрозионная деятельность – разрушение почв и горных пород текучими водами, один из факторов формирования рельефа земной поверхности.

Библиографический список

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии.–Л.:Гидрометеоиздат,1970.–444с.

2. Атлас Алтайского края. – М.-Барнаул: Главное упр-е геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1978. Т. 1. – 222 с.

3. Бабич Н.А., Марич С.Н., Копытов А.А., Помазкина Н.Л. Родники Поморья. – Архангельск: ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды», 2017. – 152 с.

4. Березин К.И. Особенности выделения родниковых ландшафтов на территории Краснощековского района в пределах переходной зоны Алтая // Молодежь в XXI в.: материалы XI краевой молодежной науч.-практ. конф., г. Рубцовск, 13-14 ноября 2009 г., – Барнаул, 2010. – С. 14-16.

5. Винокуров Ю.И. Наблюдения за грунтовыми водами // Как изучать свой край: сб. ст. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1973. – С. 68-75.

6. Воронина Ю. Комплексная характеристика родников Локтевского заказника // Червонное золото Локтя: страницы истории Локтевского района. – Барнаул, 2017. – Ч. 3. – С. 411-415.

7. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М.: Наука, 2004. – 677 с.

8. Гефер Г. Подземные воды и источники. – М.-Л.: ГИЗ, 1925. – 304 с.

9. Гидрогеология СССР. Т. XVII. Кемеровская область и Алтайский край. – М.: Недра, 1972. – 398 с.

10. Горбатова О.Н., Николаева О.П., Чебоксарова В.О. Организация рационального природопользования на территории локальной эколого-рекреационной системы (на примере окрестностей Свято-Никольского родника) // География и природопользование Сибири. – Барнаул, 2011. – Вып. 13. – С. 38-50

11. ГОСТ 22018-84 Анализаторы растворенного в воде кислорода амперометрические ГСП. Общие технические требования (с изменениями № 1, 2). – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 11 с.

12. ГОСТ 337762016 Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение pH, кислотности и щелочности. – М.: Стандартинформ, 2019 – 16 с.

13. ГОСТ Р 31861–2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Стадартинформ, 2013. – 36 с.

14. ГОСТ Р 57164-2016 Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности. – М.: Стандартинформ, 2019. – 28 с.

15. Гусев Н.И., Вовшин Ю.Е., Круглова А.А., Пушкин М.Г. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист M-44 – Рубцовск. Объяснительная записка. – СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 415 с.

16. Егиоя С.Н. Родники – уникальные объекты природы // Природа Алтая. – Барнаул, 2012. – 28 июня (№ 6). – Начни с дома своего. – С. 16-17.

17. Железникова Н.П. Барнаульский Свято-Никольский источник // Туристская энциклопедия регионов России. – Барнаул, 2017. – Т. 1: Алтайский край. – С. 86.

18. Заносова В.И. Гидроминеральные ресурсы степной Кулунды // Степи Северной Евразии: материалы VIII международного симпозиума. – Оренбург: ИС УрО РАН, 2018 – URL: http://orenpriroda.ru/steppene/sim2018/4175.

19. Заносова В.И., Папина Т.С. Исследования родниковых вод Алтая // Ползуновский вестник. – 2004. – № 2. – С. 59-62.

20. Заносова В.И. Химия и микробиология воды: метод. указания к практ. занятиям. – Барнаул: РИО АГАУ, 2015. – 51 с.

21. Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям пресных вод. – М., 1977. – URL: http://libussr.ru/doc_ussr/usr_8987.htm.

22. Информационная система «Родники Архангельской области». – URL: http://rodniki.eco29.ru/.

23. Информационный ресурс проекта «Чистые родники Алтая». – URL: http://spring.rgo-altay.ru/.

24. Кадастр подземных вод Алтайского края (актуализация за 2019 г.). Листы M-44-А, M-44-Б, N-44-В, N-44-Г, N-45-В. Алтайский филиал ФБУ «ТФГИ по СФО» / отв. исп. А.В. Фаркашева. – Барнаул, 2019. – 216 с. – URL: https://rfgf.ru/about/company-information.

25. Каменский И.Л., Скиба В.И. Возраст воды родников Тувы и Алтайского края // Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидроэкологии: материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию каф. гидрогеоэкологии ТПУ. – Томск, 2011. – С. 346-348.

26.Каталог родников Крыма.– URL:http://neizv-crimea.ru/Rodnik.htm.

27. Каткова Е.Г., Оборин М.С., Климова О.В. Рекреационный потенциал родников на территории Горного Алтая // Вестн. Северного (Арктического) федерального ун-та. Серия: Естественные науки. – 2013. – № 1. – С. 5-9.

28. Кауфман А.Л., Блинникова В.Д., Багнавец Н.Л. Гидрохимия: учмет. пособие. – М.: ООО «Проспект», 2018. – 168 с.

29. Киссин И.Г. Вода под землей. – М.: Наука, 1976. – 224 с.

30. Климентов П.П. Общая гидрогеология. – М.: Недра, 1971. – 224 с.

31. Ковешников А.И., Ковешникова Н.А., Северинова А.В., Северинов А.Б. Родники и святые источники Орловской области. – Орел: Изд-во Орловский гос. аграрн. ун-т, 2015. – 360 с.

32. Комаров И.П. К вопросу о генезисе Сарасинских газирующих источников // Вестник Западно-Сибирского геолого-гидрогеодезического треста. – 1939. – Вып. 2. – С. 56-59.

33. Корниевский Ф.И. Некоторые сведения о газирующих родниках северо-западной части Горного Алтая // Изв. Алт. отд-я Географического общества СССР. – 1965. – Вып. 5. – С. 64-66.

34. Крюков А.С., Чечегоева Е.В. Чулышманский Аржан // Изв. Алт. отд-я Географического общества СССР. – 1963. – Вып. 2. – С. 105-107.

35. Кузовлев В.В. Методические рекомендации по изучению и охране родников Тверской области. – Тверь, 2008. – 25 с.

36. Лапина Е.Е., Ахметьева Н.П., Кудряшова В.В. Родники долины верхней Волги и ее притоков: условия формирования, режим, охрана. – Тверь: Изд-во ООО «Купол», 2014. – 255 с. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467903.

37. Ларионов А.К. Занимательная гидрогеология. – М.: Букинист, 1979. – 160 с.

38. Маринин А.М. Источники подземных вод и их охрана на Алтае // Рациональное использование и охрана водных ресурсов: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Барнаул, 14-16 сентября 2017 г. – Барнаул, 2017. – С. 134-135.

39. Молодцова И.В. Свято-Тихвинский родник – памятник природы // Краеведение и туризм: материалы регион. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию историка и краеведа А.Д. Сергеева (г. Барнаул, 8 апреля 2010 г.). – Барнаул, 2010. – С. 273-277.

40. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. – СПб.: «Крисмас+», 2004. – 248 с.

41. Никаноров А.М. Гидрохимия. – СПб:. Гидрометеоиздат, 2001. – 444 с.

42. Новичихина С.А. Алтайская золотая вода // Этим гордится Алтайский край. – Барнаул, 2010. – С. 179.

43. Новых Л.Л., Орехова Г.А. К вопросу о соответствии родников Красноярского, Ракитянского и Новооскольского районов критериям памятников природы регионального значения // Научные ведомости. – 2010. – № 3 (74). – Вып. 10. – С. 123-130.

44. Овчинников А.М. Общая гидрогеология. – М.: Государственное научно-техн. изд-во лит-ры по геологии и охране недр, 1955. – 385 с.

45. Пименова Е.В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 138 с.

46. Проект «Родники» // Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области Родники Ленинградской области. – URL: https://mprso.midural.ru/ article/show/id/1090.

47. Рассказов Н.М., Букаты М.Б. Оценка ресурсов и запасов подземных вод: учеб. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 48 с. – URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/b/BUKATY_M/ucheb/Tab2/Tutorial_GW_resource.pdf.

48. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. – М.: Недра, 1991. – 259 с.

49. Петин А.Н., Новых Л.Л. Родники Белогорья. – Белгород: Изд-во «Константа», 2009 – 220 с.

50. Родники Ленинградской области. – URL: https://rodniki.kp.ru.

51. Родники Подмосковья. Интерактивная карта регионального информационного агентства Московской области (РИАМО). – URL: https://riamo.ru/article/219165/rodniki-podmoskovya.xl.

52. Купина И.В. Родники, реки и озера Курьинского района // Этим гордится Алтайский край. – Барнаул, 2010. – С. 56.

53. Руководство по анализу воды: Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / под ред. А.Г. Муравьева. – СПб.: Крисмас+ , 2011. – 264 с.

54. Руководство по проектированию сооружений для забора подземных вод. – М.: Стройиздат, 1978. – 209 с.

55. СанПиН 2.1.4.1175–02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана

источников. – М.: Госстандарт России, 2002. – 17 с.

56. Сапожников В.В. Пути по русскому Алтаю. – Томск, 1912. – 169 с.

57. Смирнов В.А. Родники – это жизнь // Природа Кулунды. – 1999. – Июнь (№ 6). – С. 3.

58. Справочное руководство гидрогеолога / под ред. М.Е. Альтовского. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 616 с.

59. Справочное руководство гидрогеолога / под ред. В.М. Максимова. – Т. 1. – Л.: Недра, 1979. – 512 с.

60. Федеральный закон «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 г. № 416-ФЗ. – URL: https://consultant.ru›document/cons_doc_LAW_122867.

61. Харламов С.В. Выпад – мощный родник в долине р. Усть-Убы Алтайского района // Туристская энциклопедия регионов России. – Барнаул, 2017. – Т. 1: Алтайский край. – С. 147.

62. Cantonati M., Gerecke R., Bertuzzi E. Springs of the Alps – Sensitive Ecosystems to Environmental Change: From Biodiversity Assessments to Long-term Studies // Hydrobiologia. – 2006. – 562(1). – P. 59-96. – URL:https://www.academia.edu/3057591/Springs_of_the_Alps Sensitive_Ecosystems_to_Environmental_Change_From_Biodiversity_Assessments_to_Long_term_Studies.

63. Chelmicki W., Jokiel P., Michalczyk Z., Moniewski P. Distribution, discharge and regional characteristics of springs in Poland // Episodes. – 2011. – Vol. 34. – № 4. – P. 244-256.

64. Lami A., Boggero A. Ecology of High Altitude Aquatic Systems in the Alps // Hydrobiologia. – 2006. – June, 562 (1). – P. 195-216. – URL: https://www.researchgate.net/publication/225681910_Benthic_Algae_in_High_Altitude_Streams_of_the_Alps_-_a_Neglected_Component_of_the_Aquatic_Biota.

65. Mohammed A., Al-Manmi D.A. Hide details Environmental isotopes and stochastic modeling study to evaluate Tabin and Sarchnar springs, Kurdistan region-Iraq // J. of African Earth Sciences. – 2018. – Vol. 147. – P. 312-321.

АКТ №
отбора проб воды

от "__" _____ г.

Точка отбора _____
Цель отбора _____
НД, согласно которой произведен отбор _____
Дата отбора _____ время отбора _____
Дата доставки _____ время доставки _____
Адрес, наименование лаборатории _____
Условия транспортировки хранения _____
Методы консервации _____

№ пробы	Наименование объекта	Адрес	Место отбора глубина отбора расстояние от берега	Упаковка, объем пробы

Вид пробы (разовая, средняя и др.) _____
Особые условия отбора _____
(метеоусловия при отборе, температра воды в °С и др.)

Дополнительные сведения _____

Должность сотрудника, в присутствии которого произведен отбор

_____
(Ф. И. О., подпись)

Должность проводившего отбор проб

_____
(Ф. И. О., подпись)

Программа санитарно-гигиенического обследования каптажа родника [55]

1. Область, район, населенный пункт.

2. Место расположения каптажа. Не заливает ли каптаж во время половодья, сильных дождей, таяния снега.

3. Кому принадлежит каптаж.

4. Сколько домов и жителей обслуживает каптаж, радиус обслуживания.

5. Характер родника.

5.1. Родник восходящий или нисходящий, из какого водоносного горизонта выклинивается родник, степень защищенности от поверхностных загрязнений.

5.2. Количество воды, получаемой с помощью каптажа в сутки.

5.3. Наблюдается ли колебание уровня воды по сезонам года, во время половодья, сильных дождей.

6. Год постройки.

7. Год последнего ремонта.

8. Когда и кем последний раз очищался и дезинфицировался каптаж.

9. Состояние поверхности почвы вокруг каптажа (наличие замощения, водоотводной канавы, ограждения).

10. Наличие павильона или будки.

11. Устройство каптажа:

11.1. Конструкция каптажной камеры, материал и герметичность стен, наличие глиняного замка.

11.2. Возможность осветления воды (наличие переливной стенки).

11.3. Наличие переливной и грязевой труб; место отвода воды из переливной и грязевой труб, его замощение, наличие лотка.

11.4. Наличие вентиляционной трубы, ее высота над уровнем грунта, защита вентиляционной трубы.

11.5. Наличие двери и люка с крышкой, возможность чистки.

12. Защита от замерзания (вид и характер утепления).

13. Источники возможного загрязнения, их расстояние от каптажа, расположение по рельефу по отношению к каптажу.

14. Данные лабораторных анализов воды. Когда и кем проводился последний анализ.

15. Данные о распространении инфекционных заболеваний в населенном месте.

16. Данные о других заболеваниях населения, связанных с водным фактором (интоксикации).

17. Данные об эпизоотии грызунов и домашних животных в районе, на территории населенного места.

18. Кто осуществляет санитарный надзор и отвечает за санитарное состояние каптажа.

19. Общее заключение о санитарно-гигиеническом состоянии каптажа и необходимых мероприятиях.

Форма регистрации природного подземного источника воды

Для регистрации родника доступна электронная форма по адресу http://spring.rgo-altay.ru/newspring/

1. Название источника _____

2. Географическое положение

широта_____долгота_____

местоположение_____

_____

_____

3. Название ООПТ _____

при расположении в зоне ООПТ

4. Является ли родник истоком реки или ручья _____

Если ответ ДА, известно ли Вам название ручья или реки _____

_____

5. Функционирование родника_____

круглый год, перемерзает зимой, функционирует нерегулярно и т.п.

6. Использование родника _____

Источник воды для населения, религиозное значение и.т.п.

7. Транспортная доступность_____

8. Сезонная доступность_____

9. Обустроенность родника и прилегающей территории _____

_____

10. Кем ведется работа по обустройству родника и прилегающей территории? _____

_____

11. Дополнительная информация_____

_____

_____

_____

12. ФИО, контактные данные регистратора

_____

e-mail:_____

моб.тел:_____

R_ _ _

ПАСПОРТ родника

Дата составления_____

1. Название родника _____
2. Местоположение родника _____
3. Кадастровый номер земельного участка и категория земель, на которой родник расположен_____
4. Координаты родника Широта_____Долгота_____Высота (н.у.м.)_____
5. Элементы рельефа_____
6. Расстояние от родника до ближайшего водного объекта_____
7. Название водного объекта, в который впадает ручей из родника_____
8. Дебит родника _____
9. Химический состав воды

T ^{0}C	pH	ORP (mv)	TDS$^{0.7}$	$O_{2\ (мг.лит)}$

10. Обустройство родника _____
11. Наличие водопользования _____
12. Органолептические характеристики

Мутность	Вкус	Запах

13. Характеристики стока родника

Тип субстрата (каменистое, илистое ит.д.)	Наличие дейтрита в стоке (ст.листва, ветки)	Наличие заводей

14. Гидробиология

Gammarus	Дополнительно

Об авторах

Архипова Ирина Владимировна, кандидат географических наук, научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН, председатель Алтайского краевого отделения Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество».

Заносова Валентина Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий специалист Центра инженерных технологий.

Платонова Софья Григорьевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН.

Смирнов Валентин Валентинович, координатор информационных и экспедиционных проектов Алтайского краевого отделения Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество».

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ 360°

ОТКРОЕМ КРАЙ ЗАНОВО.ВМЕСТЕ!

http://altay-360.ru/

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ
АЛТАЙСКОГО КРАЕВОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

iGEOGRAPHY

ИНТЕРАКТИВНАЯ ГЕОГРАФИЯ

https://education.igeography.ru/

#ЯГЕОГРАФ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ
ДЛЯ УВЛЕЧЕННЫХ ГЕОГРАФИЕЙ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОДНИКОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Научно-популярное издание

И.В. Архипова, В.И. Заносова,
С.Г. Платонова, В.В. Смирнов

Корректура: Вера Дитятева, Любовь Пестова
Фото: Валентин Смирнов
Верстка: Наталия Вещева

Подписано в печать 16.10.2020 г.
Формат 210х148 офсетная бумага – 128 г/кв.м.
Тираж 300 экз. Усл. печ. л. 6,4
Заказ №178
Отпечатано в типографии ООО «ПЯТЬ ПЛЮС»
г. Барнаул, ул. Крупской, 93А, офис 7
тел.: (385-2) 62-32-07, e-mail: fiveplus07@mail.ru
www.five-plus.ru