

Санкт-Петербургский государственный университет

УШАКОВА Любовь Васильевна

Выпускная квалификационная работа

**ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВЫХ ВОД
НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ ГОРНОГО КРЫМА**

Уровень образования: бакалавриат

Направление 05.03.01 «Геология»

Основная образовательная программа СВ.5018 «Геология»

Научный руководитель:
доц. каф. гидрогеологии
Институт наук о Земле СПбГУ,
к.г.-м.н. Е.П. Каюкова

Рецензент:
доц. каф. инж. и экол. геологии
МГУ им. М.В. Ломоносова
доцент /с.н.с. Т.А. Барабошкина

Санкт-Петербург, 2020

Содержание

Введение	3
Глава 1. История гидрогеологических исследований	4
Глава 2. Физико-географический очерк	6
2.1. Геоморфология	6
2.2. Климат	7
2.3. Гидрография.....	10
Глава 3. Геолого-гидрогеологические условия	12
3.1. Основные черты и концепции геологического строения Горного Крыма.....	12
3.2. Гидрогеологическое районирование	13
3.3. Геолого-гидрогеологические условия.....	15
Глава 4. Методы гидрогеологических исследований	18
4.1. Полевые работы и гидрохимическое опробование	18
4.2. Методика определения химического состава природных вод	20
Глава 5. Результаты исследований	23
5.1. Химический состав природных вод.....	23
Глава 6. Качество питьевых вод	27
6.1. Качество природных вод исследуемого участка.....	27
6.2. Эссенциальные элементы питьевых вод.....	30
Выводы	34
Заключение	35
Список литературы	36

Введение

Актуальность работы. Крымский полуостров во все времена испытывал дефицит пресных вод. Нехватка пресной воды в Крыму обусловлена физическо-географическими факторами его расположения. Данной проблеме способствует засушливый климат региона, при котором основной тип питания природных вод – атмосферные осадки (зимний период – снеготаяние, весенне-осенний период – дожди). При таком климате природные резервуары могут долгое время не заполняться водой в полной мере. Централизованное водоснабжение в полной мере не удовлетворяет потребностям местных жителей в силу того, что поступление вод напрямую зависит от количества выпавших осадков, которые питают природные резервуары.

Цель работы - оценка качества питьевых вод некоторых районов Горного Крыма и изучение химического состава вод этого района. Для выполнения цели потребуется выполнить **ряд основных задач**, а именно:

- 1) Полевое опробование;
- 2) Изучение химического состава пресных вод и атмосферных осадков;
- 3) Оценка качества пресных вод, используемых в питьевых целях.

Объектом исследования выступают природные воды в районе Горного Крыма, включая атмосферные осадки. **Предметом исследования** является химический состав природных вод Горного Крыма.

Работа проводилась в районе Горного Крыма. Отбирались пробы питьевой воды из мест общего пользования питьевой водой (колодцы, реки, ставки, ручьи, источники, родники и т.д.)

Глава 1. История гидрогеологических исследований

Изучение формирования подземных вод и гидрогеологических условий развивалось одновременно с освоением земель Крымского полуострова в хозяйственных целях. Первая основательная работа по этой теме – это Гидрогеология СССР, 8 том, под редакцией Ткачук, в которой рассматриваются 4 фундаментальных этапа изученности в вопросе формирования подземных вод Горного Крыма.

В 60-е – 90-е годы XIX столетия А. Конради, Н.А. Головкинский и др., впервые обосновывают особенности формирования подземных вод Крыма на основе результатов, полученных при бурении и опробовании первых скважин на воду в Равнинном Крыму и изучения источников в Горном Крыму. В течение 1906 – 1922 гг. в работах П.А. Двойченко рассматриваются отдельные аспекты влияния водоотбора на формирование подземных вод. После 1920 г., в связи с развитием хозяйственной деятельности в Крыму, подземные воды исследуются различными организациями. С 1925 г. по 1940 г. проводятся гидрогеологические съемки. Накопленный большой фактический материал по результатам гидрогеологических исследований в Крыму обобщил К.И. Маков и впервые рассматривает особенности взаимосвязи и качества подземных вод напорных водоносных горизонтов и основы гидрогеологического районирования. В период 1947 – 1965 гг. выполнялись специализированные гидрогеологические съемки в масштабах 1:200 000 – 1:50 000 в Горном Крыму при поисково-разведочных работах на твердые полезные ископаемые и для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Результаты этих исследований были использованы для составления первой фундаментальной работы ([Гидрогеология...,1970](#)), где рассматривались: региональные условия формирования подземных вод, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения; перспективы использования минеральных и термальных вод (В.Г. Ткачук, С.В. Альбов, Е.А. Ришес, В.А. Куришко, Е.В. Львова, О.Е. Фесюнова, Н.М. Заезжев, В.И. Самулева), а также приводятся результаты впервые выполненного гидрогеологического районирования, на основе геолого-структурного принципа, согласно которому в пределах Крыма выделены области, районы (Е.А. Ришес, М.В. Чуринов). Данная работа стала фундаментом для продолжения гидрогеологических исследований в Крыму в последующие годы. В период 1965 – 1990 гг. были представлены работы, посвященные рассмотрению особенностей формирования подземных вод под преобладающим влиянием техногенных факторов, которые не потеряли актуальности до настоящего времени.

Огромный вклад в развитие гидрогеологии Крыма внес С.В. Альбов, посвятив множество работ изучению химического состава пресных вод и атмосферных осадков Крыма в период с 1955 г. по 1968 г.

В период с начала 90 годов XX столетия продолжалось изучение режима подземных вод основных эксплуатируемых горизонтов, балансе подземных вод карстовых верхнеюрских отложений Горного Крыма (Лущик, 2016 г.).

Глава 2. Физико-географический очерк

2.1. Геоморфология

Горный Крым протягивается вдоль Черного моря полосой до 150 км в длину и до 50 км в ширину тремя субпараллельными горными грядами, разделенными продольными долинами.

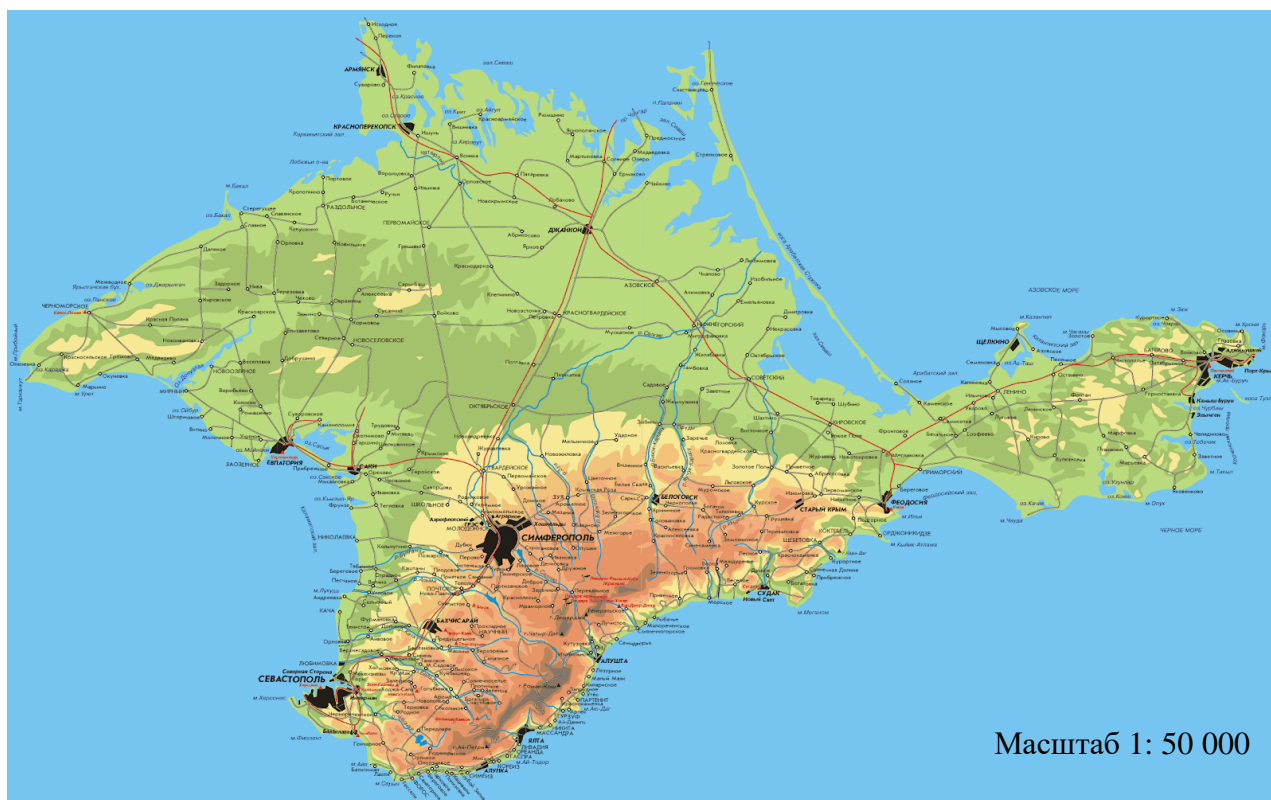


Рис. 2.1.1 Физическая карта Крыма

Первая (Главная) гряда Крымских гор наиболее высокая и состоит из цепи столовых массивов, в некоторых местах очень круто обрывающихся к морю, и системы горных хребтов. Плоские, едва холмистые поверхности массивов, покрытые травянистой растительностью, называются яйлами (пастбищами). Наиболее высокий массив Бабуган располагает в себе наивысшую точку Крыма – гору Роман-Кош (1545 м).

С северной части Главную гряду окаймляет пояс предгорий, который состоит из двух гряд куэстового типа с крутыми южными и пологими северными склонами. Пространство между Первой и Второй грядами называется продольной долиной и представляет собой всхолмленное пространство, местами сильно

расчлененное оврагами. Вторая гряда (внутренняя куэста) имеет абсолютные отметки 450 – 650 м. самая высокая точка Второй гряды – гора Кубалач, район города Белогорска. Южный край характеризуется скалистыми обрывами, а к северу пласты пород опускаются относительно полого – 8-10°. Вторая продольная долина (между второй и третьей грядами) составляет 3-5 км и не особо выражена в рельефе. Третья гряда (внешняя куэста) в среднем имеет высоты 150-250 м, а самый пик – 342 м. Южный склон этой куэсты крутой, северный очень полого спускается к равнине (Гидрогеология..., 1970).

2.2. Климат

Полуостров Крым располагается в умеренной климатической зоне и омывается Черным и Азовским морями. Влияние на климат данного региона оказывают Горные массивы и близость двух морей к данному полуострову. По данным 30-летнего ежедневного наблюдения за погодными условиями в г. Симферополь был составлен график (рис.2.2.1). самыми жаркими месяцами являются июнь и июль со средней температурой воздуха 28°C. Также данные месяцы отличаются самым малым количеством выпадающих осадков – не более 35 мм в месяц. Самая низкая средняя температура за 30 лет исследования – (-1°C) в зимние месяцы (декабрь – январь).

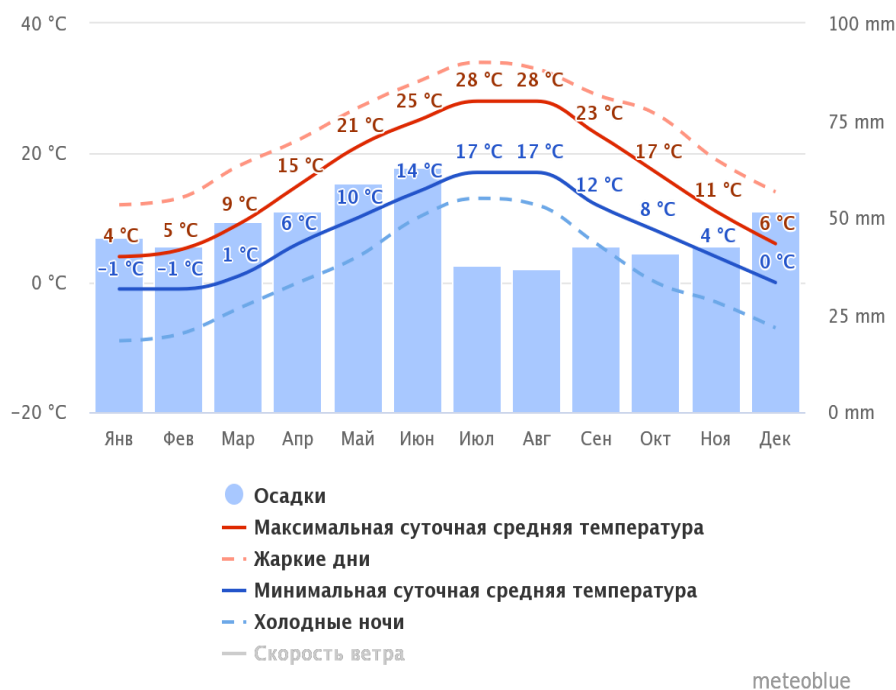


Рис.2.2.1 Среднегодовые температуры г. Симферополь (данные наблюдения 1985-2015 гг.) (meteoblue, 06.05.2020)

Направление и скорость ветров также тщательно зафиксированы в течение 30 лет ежедневных наблюдений (рис.2.2.2). Наибольшее влияние оказывают северо-восточные и западные ветра, порой доходящие по скорости до 38 км/ч.

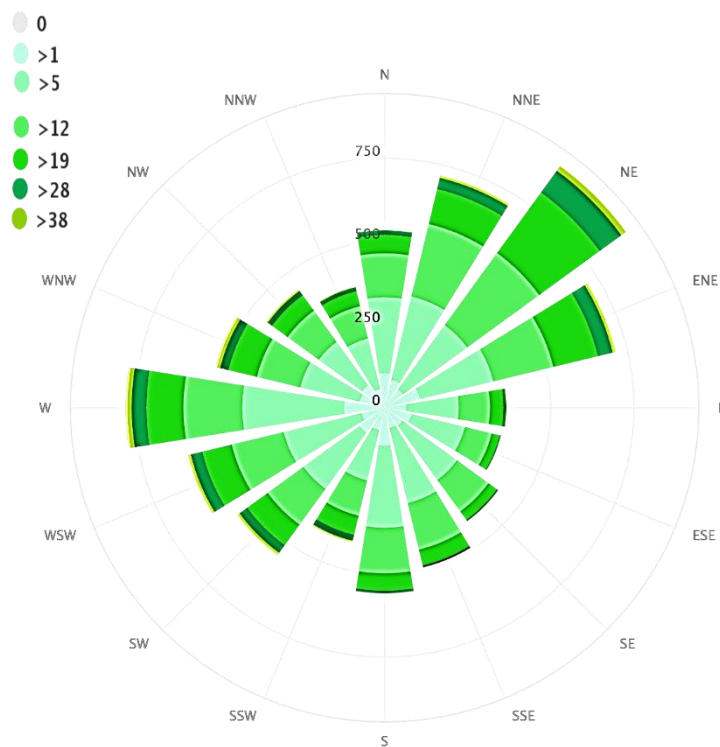


Рис. 2.2.2 Роза ветров, г. Симферополь (средние за период 1985-2015 гг.) (meteoblue, 06.05.2020)

Изучив данные климатических показателей за последние 30 лет перед отбором проб для исследования, сравним их с показателями 2017 и 2018 годов (за год до исследования и в год исследования, соответственно) (рис. 2.2.3 и 2.2.4). Как показано на графике 2017 г. средние летние показатели температуры были на 4-6° выше нормы (32-34°C). Основная доля осадков пришлась на месяц ноябрь, достигнув отметки 50 мм. На графике 2018 г. первая половина года (берется именно первая половина года до июля, т.к. именно эти погодные условия сыграли роль в формировании химического состава подземных вод) оказалось засушливой, по сравнению со средним количеством осадков за предыдущие года. Температура летнего периода так же была чуть выше нормы на 2 - 4°C.

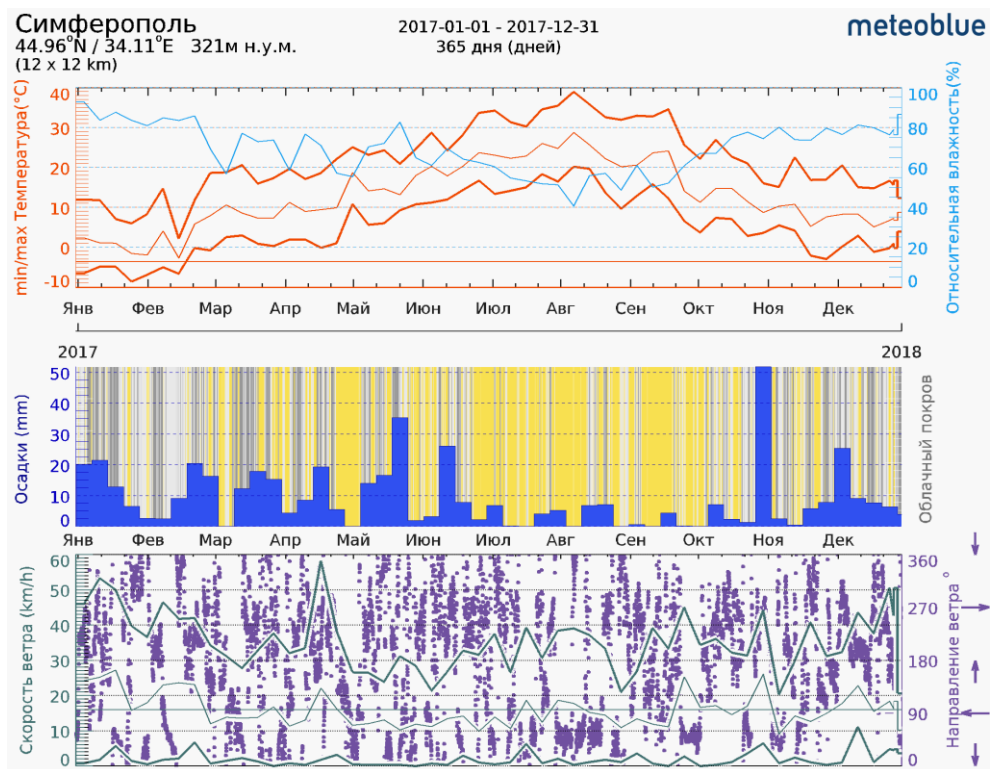


Рис. 2.2.3 Климатические параметры за 2017 г., г. Симферополь (meteoblue, 06.05.2020)

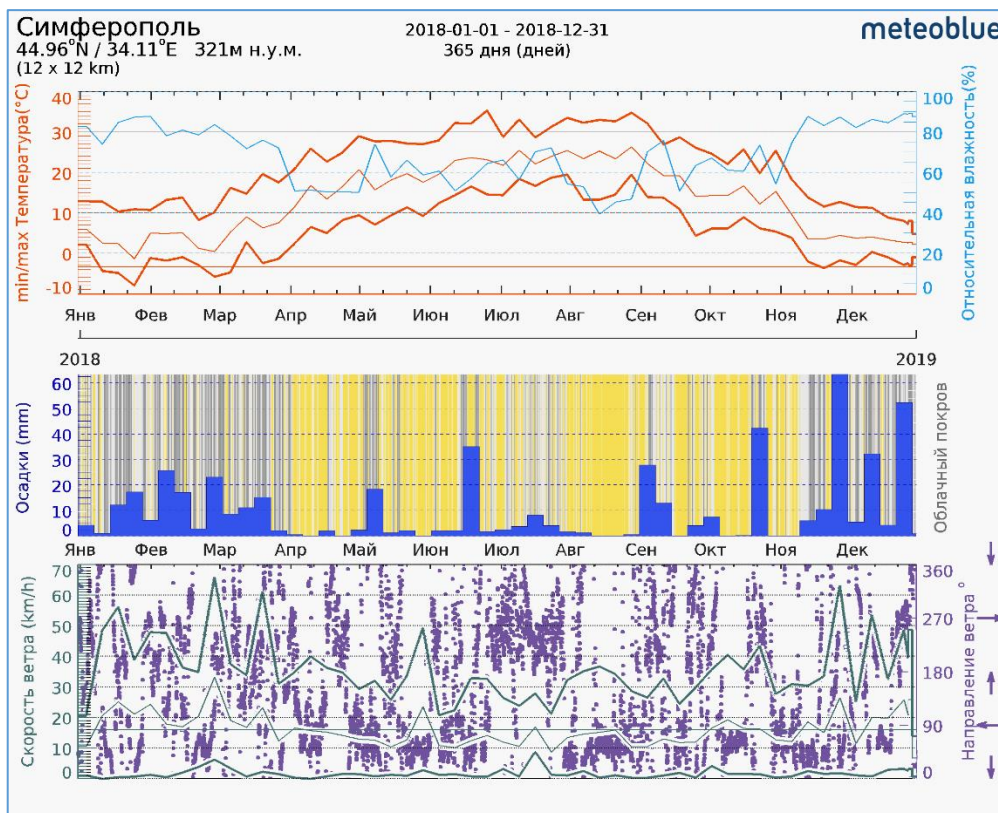


Рис.2.2.4 Данные климатических параметров 2018 г. в г. Симферополь (meteoblue, 06.05.2020)

2.3. Гидрография

На Крымском полуострове существует около 1650 временных и постоянных водотоков (реки, ручьи, балки, крупные овраги) суммарной протяженностью около 6 тыс. км. Среди них около 150 рек, которые относятся к бассейнам Черного и Азовского морей. Длины 92,1% рек составляют менее 10 км. Летом крымские реки часто пересыхают, зато при выпадении обильных осадков превращаются в бурные потоки. Средняя густота речной сети (длина всех водотоков на единицу площади) для всего Крыма составляет 0,22 км/км². Но по территории Крыма реки распределены крайне неравномерно, что связано с особенностями рельефа.

Горный Крым – это основная область питания рек, и характеризуется густо развитой речной сетью. Здесь берут свое начало почти все реки Крымского полуострова. Самый высокий коэффициент густоты речной сети (отношение длины всех рек бассейна к его площади, определяется по формуле $D = L / F$, где D – густота речной сети; L – длина всех водотоков бассейна, км; F – площадь водосборного бассейна, км²) отмечается в западной части южного склона Главной гряды. На северном склоне Главной гряды густота речной сети меньше, чем на южном.

Реки северо-западных склонов Крымских гор, впадающих в Черное море (наиболее водообильные из них – Альма, Кача) берут начало на северном склоне Главной гряды и текут почти параллельно друг другу, впадая в Черное море. В верхних течениях – это типичные горные реки, характеризующиеся значительными уклонами. Пересечение этими реками второй и третьей гряд, а также участков, сложенных водопроницаемыми горными породами, данные реки теряют часть своих вод на инфильтрацию, восполняя запасы подземных вод. Продольный профиль данных рек выполаживается после их выхода на равнину ([Гидрогеология..., 1970](#)).

Река Альма длиной 79 км является одной из самых длинных рек Крыма (площадь водосбора 635 км²). Одним из истоков Альмы является целебный источник Савлух-Су, - памятник местного значения. Ниже по течению воды реки Альма низвергаются по огромным каменным глыбам, образуя водопад Форель. Ниже по течению образовано целое форелевое хозяйство с проточными прудами, наполняемыми чистой альминской водой. В верховьях в Альму впадают значительные притоки длиной до 11 км. Ещё ниже по течению, слева в Альму впадает очень бурная во время паводков река Бодрак (длина - 17 км, площадь водосбора - 74,4 км²). В нижнем течении уклон р. Альма к морю небольшой. Морская вода заходит в реку и делает ее воду солёной. Только после ливней и паводков пресная вода вытесняет солёную. Впадает

Альма в Каламитский залив Черного моря севернее мыса Керменчик, вблизи села Песчаное.

Реки Бодрак на севере и Кача на юге принадлежат к бассейну Чёрного моря. Линейная эрозия постоянных (р.р. Бодрак, Кача) и многочисленных временных водотоков разнообразят рельеф квест наличием многократно террасированных (8-9 террас) долин. Бодрак – самый длинный и многоводный приток Альмы. Берет начало он на западных склонах хребта Азыпсырт, на высоте около 400 метров. Впадает слева в Альму в среднем течении, на пересечении речной долины с продольной впадиной между грядами Крымских Гор у пгт. Почтовое.

Река Кача несёт свои воды параллельно Альме, имеет длину 64 км и площадь водосборного бассейна 573 км². Кача начинается слиянием двух небольших рек под горой Роман-Кош (около 600 м над уровнем моря). Верховья Качи так же, как и Альмы, находятся на территории Крымского природного заповедника. Все притоки впадают в Качу в верхнем ее течении. Ниже в Качу впадает река Чурук-Су, в долине которой расположен город Бахчисарай. После пересечения Внешней гряды, Кача выходит на равнинную местность и затем впадает в Черное море южнее посёлка Кача (Олиферов, 2005; Берёзкин и Барабошкина, 2011).

Глава 3. Геолого-гидрогеологические условия

3.1. Основные черты и концепции геологического строения Горного Крыма

Горный Крым является частью крупной антиклинальной структуры, южное крыло которой и часть ядра на данный момент погружены под уровень Черного моря. Главная гряда Горного Крыма составляет ядро антиклинальной структуры, которое сложено верхнетриасовыми-нижнеюрскими (таврическая серия), средне- и верхнеюрскими и нижнемеловыми отложениями. В строении северного крыла принимают участие верхнемеловые, палеогеновые и неогеновые породы.

В строении Горного Крыма можно выделить два структурных этажа. Таврическая серия с породами средней юры образует систему сильно сжатых складок нижнего структурного этажа. На поверхности этих размытых складок залегают верхнеюрские и нижнемеловые породы, образующие более просто построенные и уже более крупные складчатые структуры второго структурного этажа (Геология, 1969).

За долгий период изучения геологии Крыма, на его территории работали многие исследователи, которые составили очень разные модели строения и развития полуострова в целом, а также отдельных его объектов.

Работы под редакцией М. В. Муратова (1937–1969) по отрицанию значительных горизонтальных перемещений отражают представления концепции *фиксизма*. На основе представлений о разломно-блоковой тектонике была составлена литостратиграфическая шкала региона с выделением многочисленных свит и серий, которые картируются до настоящего времени. В 1925–1935 годах при изучении Крыма геологи Геологического комитета А.Д. Архангельский, Д. В. Соколов и другие обосновывали в Горном Крыму отдельные надвиги и шарьяжи. Позже в научных работах отдельные надвиги выделялись многими другими геологами, которые основали концепцию *структурного мобилизма*.

В последние десятилетия в представлениях о геологическом строении Крыма продолжают сосуществовать основные группы концепций – *фиксистская* и *структурно-мобилистская* (Юдин, 2011).

Геологические модели, основанные на концепциях фиксизма, отличаются непохожей друг на друга рисовкой разно ориентированных прямолинейных крутопадающих разломов, сформированных преимущественно вертикальными движениями блоков земной коры. Для Горного Крыма структуры «битой тарелки» отражены почти на всех изданных государственных геологических картах. Отличия в

отображении тектонических объектов сводились к разному пониманию расположения разрывных и складчатых структур, их взаимоотношений. Если допустить, что такая планетарная сеть существовала и влияла на макроструктуры региона, то она проявлялась бы на всей поверхности Земли. При этом горные системы и современная сейсмичность распределялись бы равномерно, что противоречит действительности. Выбрать одну правильную модель из многих было невозможно. Кроме того, субвертикальные разрывы не позволяли привести в доскладчатое положение интенсивно смятые породы, что свидетельствует о геометрической невозможности разломно-блоковых моделей.

Блочные модели не допускают приведение дислоцированных толщ в первоначальное доскладчатое положение, что является одним из главных требований правильности тектонических построений (Юдин, 2011).

Структурно-мобилистская концепция Крыма возникла раньше и развивалась одновременно с фиксистской с 30-х годов прошлого века. 30 лет назад надвиговая модель строения Крыма была возрождена известным тектонистом из Башкирского филиала Академии наук, доктором Ю. В. Казанцевыми.

Согласно представлениям Ю. В. Казанцева, Крым сложен серией шарьяжных пластин и чешуй, разделенных надвигами преимущественно южного падения. Структуры сформированы горизонтальным сжатием земной коры, как это было доказано в расположенных по простиранию от Горного Крыма районах Карпат. Ю. В. Казанцев полагал, что основное надвигание в Крыму происходило на север, в сторону континента и корневая зона шарьяжей находится на дне Черного моря. “Массивы яйлинских известняков либо таврических толщ представляли собой крупные пластины, переместившиеся с юга из геосинклинали на край платформы“, после чего они дробились на блоки вертикальными нарушениями, разворачивались и размывались с образованием клиппов и тектонических окон. Под шарьяжными пластинами, сложенными породами юры и таврического флиша, в глубоком поднадвиге Ю. В. Казанцев предполагал автохтон, сложенный палеозойско-мезозойскими и палеогеновыми отложениями (Юдин, 2011).

3.2. Гидрогеологическое районирование

За распространение подземных вод отвечает гидрогеологическое районирование. Согласно этому в Крыму выделяют артезианский бассейн равнинной части Крыма и гидрогеологическую область Горного Крыма (гидрогеологический массив Горного Крыма).

Артезианский бассейн состоит из фундамента и перекрывающего его водоносного чехла, в котором распространены пластовые артезианские и грунтовые воды, а также трещинно-жильные воды в разломах. Границы артезианского бассейна проводят по контакту отложений чехла и выходящему на поверхность фундаменту, если же выход фундамента не наблюдается, то граница проходит по наиболее приподнятой поверхности. Чехол артезианского бассейна Горного Крыма является системой водоносных горизонтов антропогеновых, неогеновых, палеогеновых и меловых отложений. Питание атмосферных вод осуществляется по большей части инфильтрацией атмосферных осадков. Мощность активного водообмена данной области оценивается примерно в 200 м. Воды антропогеновых отложений грунтовые и залегают на глубине в среднем до 20 м. Воды неогеновых отложений выявлены на глубинах до 200 м и связаны с закарстованными карбонатными породами, чаще всего такие воды являются напорными. Воды антропогеновых и неогеновых отложений представляют собой практический интерес для хозяйственно-питьевых целей, но возможности отбора не отвечают данным запросам в полной мере.

Гидрогеологическая область (гидрогеологический массив) представляет собой складчато-глыбовое основание, состоящее из одного или нескольких водоносных комплексов пород, смятыми в складки и расчлененными тектоническими разломами. Гидрогеологический массив Горного Крыма по своим границам повторяет очертания Крымских гор. Основные запасы представляют собой преимущественно трещинно-карстовые (связаны в основном с известняками верхнеюрского периода и безнапорные) и поровые воды. Питание подземных вод осуществляется благодаря атмосферным осадкам, а движение вод идет по направлению речных долин, где воды выходят в виде различных источников. Спорадичные водоносные горизонты трещинных безнапорных вод в флишевой толще триасово-мелового периода размещаются в верхней части зоны выветривания (глубина до 70-80 м) и в зонах тектонических разломов (глубина достигает несколько сотен метров) (Устойчивый..., 2003; Кирюхин и Толстихин, 1987).

Исследуемая территория (рис. 3.2.1) - бассейн р. Бодрак находится в южной краевой части Альминского артезианского бассейна, в пределах Внутренней предгорной гряды Крымских гор на северо-западном крыле Качинского антиклинального поднятия. Рельеф в верховьях р. Бодрак овражно-балочный сложнорасчленённый, в районе Второй (Внутренней) гряды — куэстовый.

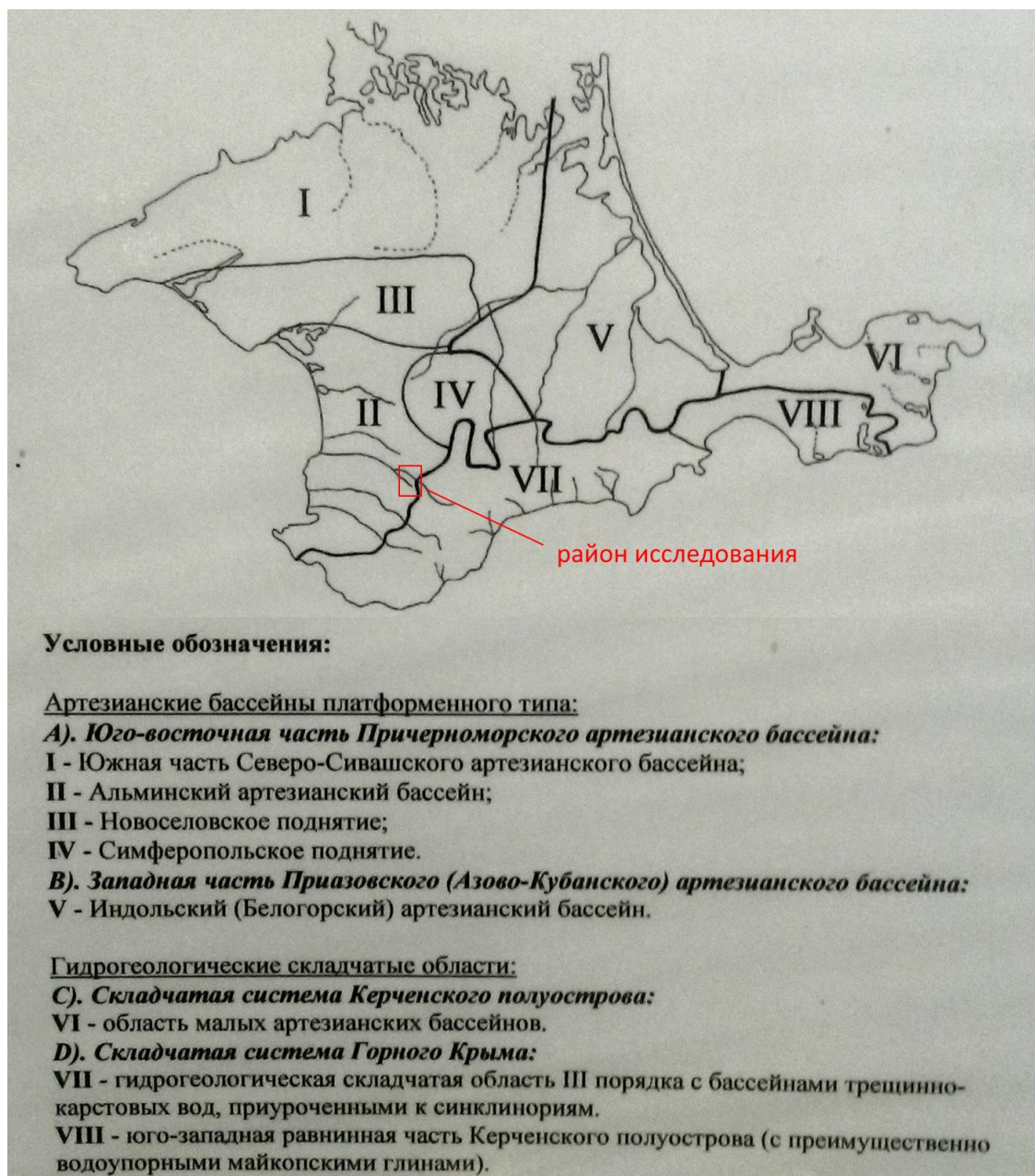


Рис. 3.2.1 Схема гидрогеологического районирования Крымского полуострова (по Е.А.Ришес)

3.3. Гидрогеологические условия

В геологическом строении исследуемой в территории выделяются два структурных этажа: нижний и верхний. Нижний структурный этаж сложен триасово-юрскими интенсивно дислоцированными комплексами, в его составе выделяют три структурных яруса:

— первый представлен сложно дислоцированными флишами таврической серии (Т₃-J₁tv);

— второй — тектонически раздробленными флишоидами эскиординской серии (Т₃-J₁es);

— третий — вулканогенно-осадочным комплексом (J_2b) мощностью более 1500 м, образующим крутопадающую моноклиналичную структуру восток-северо-восточного простирания.

Верхний структурный этаж является пологой моноклиналию, сложенной терригенно-карбонатными отложениями мелового и палеогенового возраста, перекрывающей с резким угловым несогласием триасово-юрские комплексы и падающую на северо-запад под углами 8–12°. Граница между зонами пресных и солоноватых вод достаточно условна. Так, на территории развития вулканогенно-осадочной толщи (J_2b) она связана с областью экзогенной трещиноватости. На изучаемой территории широко развиты подземные воды инфильтрационного генезиса, движение которых осуществляется в направлении уклона поверхности под воздействием сил гравитации. Вынос солей преобладает над их привносом. Питание грунтовых вод в бассейне р. Бодрак осуществляется за счет атмосферных осадков (около 600 мм в год), конденсации влаги в зоне аэрации, поверхностного стока и отчасти за счет транзитных подземных вод (Каюкова и Котова, 2017).

С гидрогеологической точки зрения на территории полигона выделяются: четвертичный водоносный горизонт (долина р. Бодрак), сложенный аллювиальными и пролювиальными отложениями соответственно (Q); водоносный горизонт верхнего эоцена лютетского яруса (P_{2in}), представленный нуммулитовыми известняками; вниз по разрезу расположены ипрско-лютетские (P_{2mn}) нуммулитовые мергели, глинистые у подошвы, и танетские (P_{1gs}) глинистые известняки, являющиеся водоупорами; еще ниже водоносный горизонт нижнего палеоцена датского яруса (P_{1mk}), сложенный трещиноватыми известняками, разбивающими породы на отдельные блоки; верхнемеловые преимущественно водоупорные горизонты сложены известняками с песчаным цементом маастрихтского яруса (K_{2ps}), известняками с прослоями глин кампанского яруса (K_{2mg}), известняками, содержащими кремнистые конкреции, туронского яруса (K_{2mp}) и известняками глинистыми (мергели) сеноманского яруса (K_{2ig}); далее нижнемеловые водоносные горизонты рыхлых песчаников альбского яруса (K_{1-2gr}) и известняки с неравномерной цементацией валанжин-готеривского яруса (K_{1dt}); в самом низу разреза региональные водоупоры базальтов, туфопесчаников, туфоаргиллитов байосского яруса (J_2tb) и глинистых сланцев с прослоями песчаников триасово-юрской толщи (T_3-J_2ra).

В зоне бассейна р. Бодрак широко развиты флишевые отложения таврической (T_3-J_1tv) и эскиординской (T_3-J_1es) серий. Рельеф терригенно-глинистых сланцев таврической серии способствует интенсивному поверхностному стоку: во время

выпадения осадков вода стремительно стекает по склонам гор в естественные понижения, размывая флишевые отложения. Трещинные воды зон экзогенной трещиноватости вулканогенно-осадочной толщи (J_{2b}) добываются в центре Трудюлюбовки. Соответственно, колодцы и скважины на изучаемой территории в большинстве своём приурочены к аллювиальным отложениям р. Бодрак и пролювиальным отложениям водотоков, а также к коре выветривания вулканогенно-осадочных пород байосского яруса. Грунтовые воды экзогенной трещиноватости, приуроченные к верхней части разреза. Для отложений нижнего структурного этажа (Т₃-J₁tv, Т₃-J₁es, J_{2b}) определяющее значение водоносности имеют дизъюнктивные тектонические нарушения и зоны трещиноватости. Воды, связанные с корой выветривания сланцев таврической серии, выходят на поверхность в виде маломощных родников или вскрываются колодцами с очень низким дебитом.

Подземные воды активного водообмена данного участка от пресных до слабо солоноватых, от жестких до очень жёстких; от нейтральных до слабощелочных. По химическому составу они преимущественно гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, хотя возможны вариации в пользу преобладания магния, натрия или сульфатов, что зависит и от вещественного состава вмещающих отложений, и от метеорологических условий года (количества выпавших осадков, средней температуры воздуха, испарения и т. п.) (Каюкова и Котова 2017).

Глава 4. Методы гидрогеологических исследований

4.1. Полевые работы и гидрохимическое опробование

В ходе изучения территории было отобрано и изучено 38 проб природных вод. Отбор происходил из различных источников: водопроводы (6 проб), колодцы (9 проб) и скважины (3 пробы) местных жителей Горного Крыма – рис 4.1, также родники (8 проб), поверхностные водотоки (6 проб) и ставки (2 пробы) – рис. 4.2, а также атмосферные осадки (координаты отбора проб - N44°47'01,05" E33°59'34,82"). При полевом опробовании на месте определялись – температура воды (°C), водородный показатель (pH), удельная электропроводимость УЭП (mS) и отмечались на карте координаты проб отбора воды, после чего были перенесены на электронный вариант карты (программа SAS Planet).

4.1.1. Методика отбора проб воды

Перед проведением химического анализа воды осуществляется пробоотбор. Объем пробы задается в зависимости от типа анализа и количеством анализируемых показателей. Некоторые из показателей определяются непосредственно на месте отбора пробы.

Во время каждого подготовительного этапа должны соблюдаться определенные требования согласно государственным стандартам, чтобы минимизировать изменение состава проб. Пробы должны быть отобраны и проанализированы в соответствии с ГОСТ 31862-2012 «Вода питьевая. Отбор проб» для грунтовых вод из колодцев, скважин, родников.

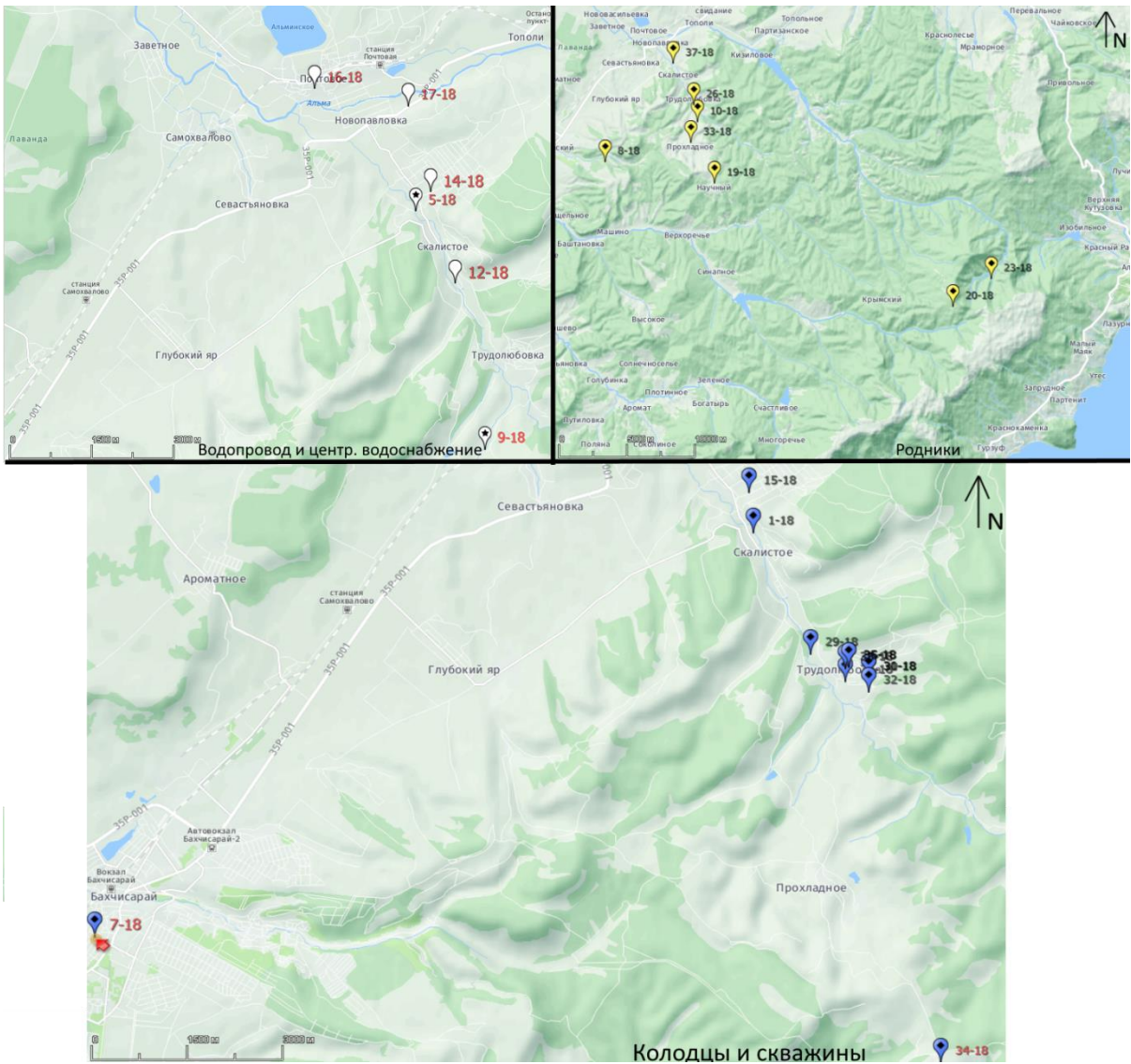


Рис.4.1.1 Места отбора проб подземных вод (данные 2018 г.)

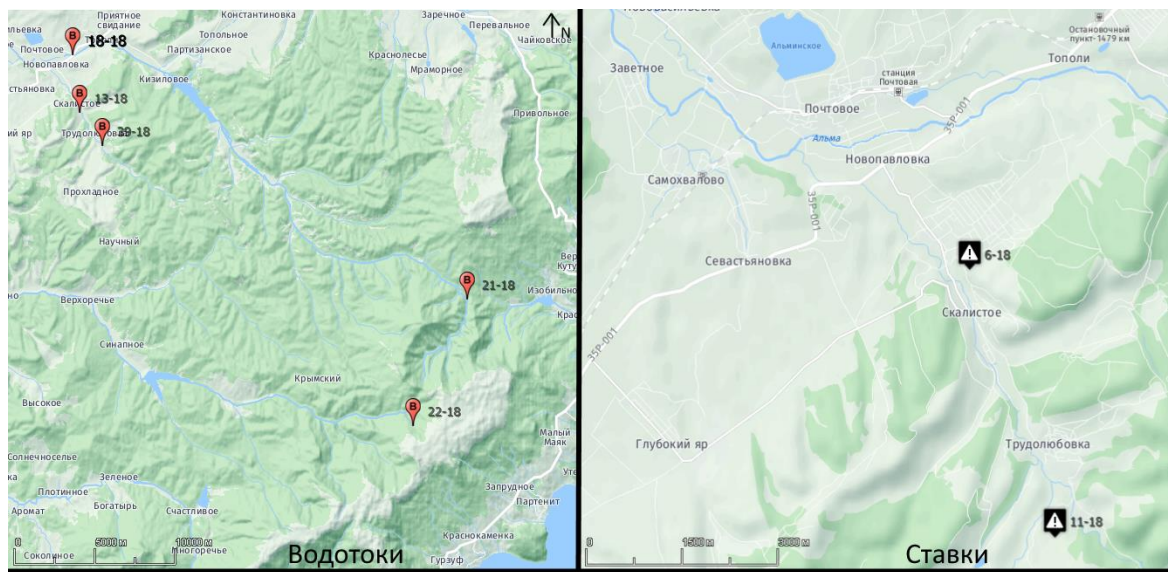


Рис. 4.1.2 Места отбора проб воды из поверхностных водотоков (данные 2018 г.)

4.2. Методика определения химического состава природных вод

Для определения химического состава грунтовых вод производился отбор проб воды. Анализ производился в гидрохимической лаборатории кафедры гидрогеологии СПбГУ. В лаборатории определялись содержания макрокомпонентов (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$) и соединений азота (NO_2^- , NH_4^+ , NO_3^-), а также жесткость, удельная электропроводность и водородный показатель. Для определения макрокомпонентов и жесткости использованы титриметрические (объемные) методы химического анализа, для Eh, pH, NO_3^- – потенциометрические, NH_4^+ , NO_2^- – колориметрическим. Расчетным путем определены макрокомпоненты – Mg^{2+} и суммарно ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$). В ходе исследований в 2018 году было отобрано и проанализировано 38 проб.

Титриметрический (объемный) анализ основан на законе эквивалентов, законе сохранения массы вещества при химических реакциях, законе постоянства состава. Реактив известной концентрации (рабочий раствор) называется титрант. Концентрация рабочего раствора выражается нормальностью, или титром.

Нормальность – концентрация раствора, выраженная количеством химических эквивалентов растворенного вещества, содержащегося в 1 л раствора (г-ион/дм^3 или г-экв/дм^3). Во всех методах объемного анализа расчет результатов основан на том, что титрование проводится до точки эквивалентности. В момент окончания реакции (точка эквивалентности) затраченное на титрование количество титранта равно и химически эквивалентно количеству определяемого компонента. Точку эквивалентности устанавливают с помощью индикатора.

При определении основных макрокомпонентов в природных водах используются *методы титриметрического анализа*, основанные на следующих типах реакций – нейтрализации, осаждении и комплексообразовании.

Метод нейтрализации основан на кислотно-щелочных реакциях с использованием кислотно-основных индикаторов, изменение цвета которых происходит в зависимости от pH среды. Наиболее распространенные индикаторы метода нейтрализации – метиловый оранжевый, фенолфталеин.

Методы комплексообразования основаны на применении реакций, при которых происходит связывание ионов в прочные комплексные соединения, для чего применяются комплексоны, например, трилон Б, образующий устойчивые растворимые комплексные соединения с большинством катионов. Чтобы сохранить равновесие

реакции, необходимо поддерживать постоянную рН среды. Для этого используют буферные растворы, которые способны сохранять постоянную рН среды при разбавлении или добавлении небольших количеств кислот или щелочей. Титрование проводят в присутствии металлоиндикаторов (слабые органические кислоты), которые при образовании комплексов с ионами металлов меняют окраску.

Методы осаждения основаны на титровании веществ, образующих в определенной среде нерастворимые соединения. Например, при титровании хлоридов раствором нитрата серебра выпадает белый осадок хлорида серебра.

Обработка результатов титрования:

$$X = \frac{N_p * V_p}{V_{пр}} * 1000,$$

где X – искомый компонент, мг-экв/л;

V_p – объем титранта, потраченный на титрование, мл;

N_p – нормальность титранта, мл;

$V_{пр}$ – объем пробы, мл.

При пересчете содержания компонентов в мг/л, необходимо концентрацию компонента в мг-экв/л умножить на его эквивалентную массу в г/моль.

Определение гидрокарбонат-ионов (HCO_3^-) велось методом нейтрализации, содержания хлоридов (Cl^-) – осадительным титрованием. Определение величины общей жесткости ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) и содержания ионов кальция (Ca^{2+}) методом комплексообразования. Mg^{2+} определяется расчетным способом в мг-экв/л из разницы концентрации общей жесткости и кальция и переводим результат в мг/л. Определение содержания ионов натрия ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) также идет расчетным методом с помощью анионов и катионов. Определение содержания сульфат-ионов (SO_4^{2-}) определялись турбидиметрическим методом с помощью фотоколориметра DR-890 фирма-производитель НАСН в полевой лаборатории, после этого использовался весовой метод.

Далее все результаты заносятся в сводную таблицу.

Потенциометрический метод основан на электродной реакции, в результате которой на границе раздела устанавливается равновесный потенциал, величина которого зависит от активности анализируемых ионов в растворе. Приборы для измерения рН растворов строятся по принципу вольтметра с высоким сопротивлением.

Определение содержания нитратов (NO_3^-) проводилось с помощью иономера И-500 (производитель ЗАО «Аквилон»). Использовались электрод сравнения ЭСП-10100 и нитрат-селективный электрод ЭЛИС - 121 NO_3 . Измерительный электрод был

откалиброван в диапазоне от 0 до 200 мг/л содержания NO_3^- . Результат получали в мг/л.

Колориметрический метод – визуальный метод фотометрического анализа, основанный на установлении концентрации растворимого окрашенного соединения по интенсивности или оттенку его окраски. Этим методом определялось содержание иона аммония и нитритов.

Измерение проводилось с помощью колориметра HACH DR-890. Использовались не готовые программы, встроенные производителем для стандартных реактивов, а программировались свободные каналы согласно рекомендациям нормативных документов.

Определение содержания йода (I)

Для определения содержания йодид-ионов в отобранных пробах был использован ускоренный вариант кинетического роданидно-нитритного метода определения макроколичеств йода в водах и других объектах (Проскурякова, 1976). Измерения йода осуществлялись в Москве, в лаборатории биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН, на фотометре КФК 301. Чувствительность метода – 1-4 нг/мл, воспроизводимость – 7-15% (Берёзкин, 2019).

Глава 5. Результаты исследований

5.1. Химический состав природных вод

Обработано 26 проб воды подземных вод (табл. 5.1.1), 4 пробы атмосферных осадков (табл. 5.1.2) и 8 проб поверхностных вод (табл. 5.1.3)

Таблица 5.1.1

Химический состав подземных вод (отбор проб 2018 г. – количество проб 26)

	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	pH
	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	
минимум	4,66	0,00	0,00	8,51	16,72	195,20	6,39
медиана	46,99	87,17	20,06	27,65	76,05	353,80	7,50
среднее	71,25	78,31	29,44	31,18	78,17	363,65	7,46
максимум	231,92	128,26	104,54	85,10	165,06	622,20	8,18
Среднее отклонение	45,10	27,89	20,67	16,39	32,60	87,57	0,28
дисперсия	3404,86	1037,65	701,46	415,08	1481,72	13727,85	0,13
Стандартное отклонение	58,35	32,21	26,49	20,37	38,49	117,17	0,37
Коэффициент вариации	0,82	0,41	0,90	0,65	0,49	0,32	0,05
стандартная ошибка	12,53	3,07	4,42	3,42	3,00	7,50	0,13

Таблица 5.1.2

Химический состав атмосферных осадков (отбор проб 2018 г. – количество проб 4)

	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	pH
	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	
минимум	3,76	0,00	1,52	1,42	12,50	7,32	6,50
медиана	11,74	3,01	2,43	5,32	18,83	12,20	8,17
среднее	11,10	2,51	2,89	4,79	17,78	14,03	7,91
максимум	17,17	4,01	5,17	7,09	20,95	24,40	8,79
Среднее отклонение	3,67	1,50	1,14	2,30	3,17	5,19	0,70
дисперсия	22,91	2,76	1,87	5,88	12,29	39,81	0,74
Стандартное отклонение	4,79	1,66	1,37	2,42	3,51	6,31	0,86
Коэффициент вариации	0,43	0,66	0,47	0,51	0,20	0,45	0,11
стандартная ошибка	2,39	0,83	0,68	1,21	1,75	3,15	0,43

**Химический состав поверхностных вод
(отбор проб 2018 г. – количество проб 8)**

	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	pH
	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	
минимум	7,96	40,08	3,04	7,09	20,95	85,40	7,65
медиана	45,44	77,15	17,02	20,57	97,25	231,80	7,98
среднее	40,60	79,41	21,20	21,81	124,27	228,75	7,96
максимум	69,77	124,25	46,19	46,79	385,46	390,40	8,20
Среднее отклонение	15,71	22,80	9,78	10,24	76,16	67,10	0,14
дисперсия	341,02	716,80	150,03	163,47	11672,13	7469,91	0,03
Стандартное отклонение	18,47	26,77	12,25	12,79	108,04	86,43	0,17
коэффициент вариации	0,45	0,34	0,58	0,59	0,87	0,38	0,02
стандартная ошибка	6,53	9,47	4,33	4,52	38,20	30,56	0,06

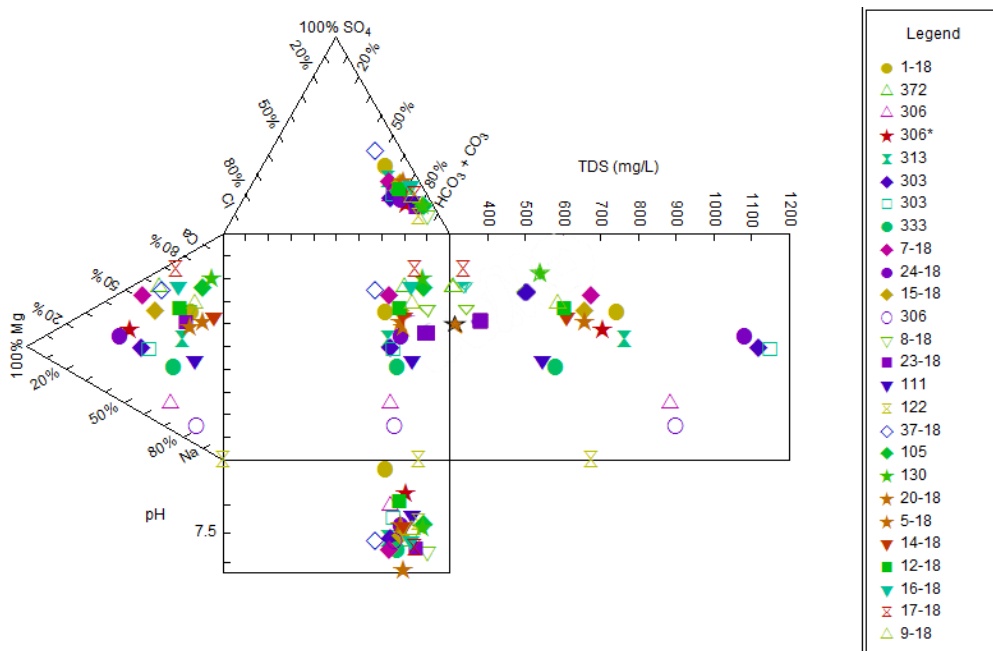


Рис. 5.1.1 Диаграмма Дурова для подземных вод (данные 2018 г.)

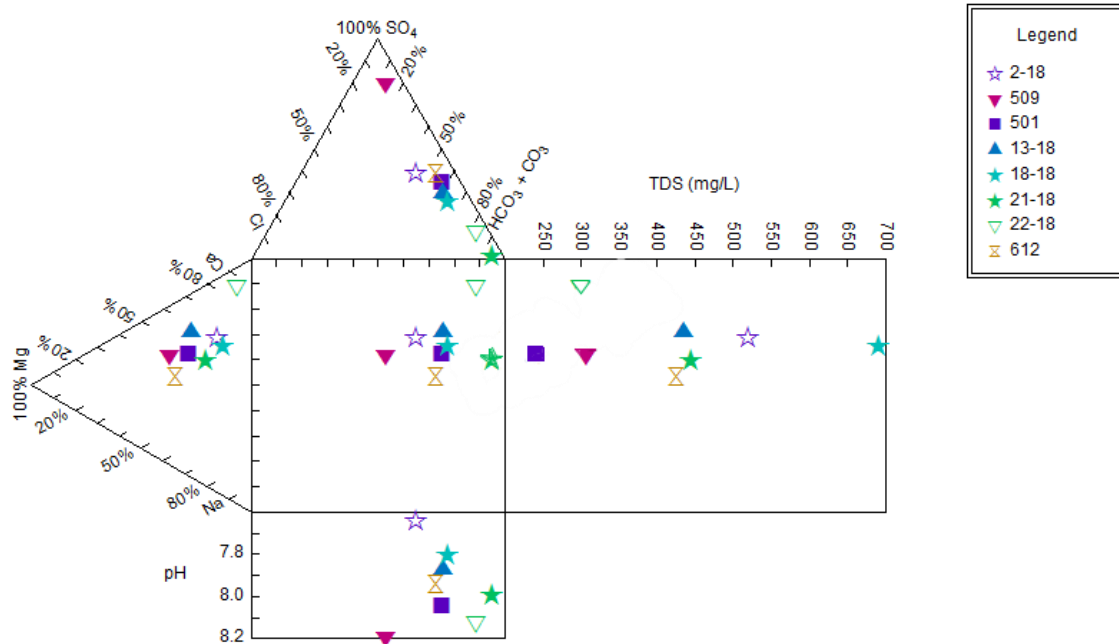


Рис. 5.1.2 Диаграмма Дурова для поверхностных вод (данные 2018 г.)

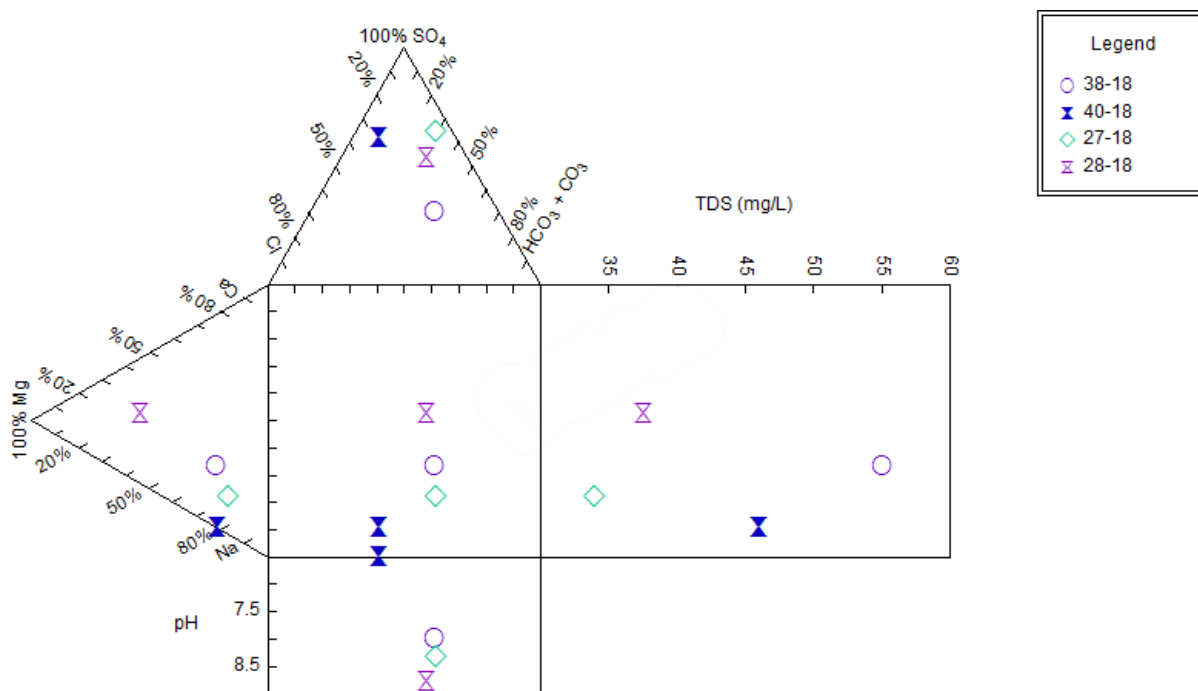


Рис. 5.1.3 Диаграмма Дурова для атмосферных осадков (данные 2018 г.)

Таблица 5.1.1

**Химический состав проб воды разного типа источников
Горного Крыма (данные 2018 г.)**

Формула химического состава Курлова		
Подземные воды	$M_{0.7-1,1} \frac{HCO_3^-(57-77) SO_4^{2-}(11-14) Cl^-(11-14)}{Mg^{2+}(37-52) Ca^{2+}(27-33) (Na^++K^+)(19-32)}$ <p align="center">pH 7,2 Скважины, колодцы (4 пробы) – д.Трулодобовка</p>	
	$M_{0.3-0.6} \frac{HCO_3^-(42-72) SO_4^{2-}(17-36) NO_3^-(5-16) Cl^-(5-11)}{Ca^{2+}(48-72) Mg^{2+}(22-40) (Na^++K^+)(4-17)}$ <p align="center">, pH 7,6 Водопровод (5 проб) – пгт. Научный, п. Скалистое, с.Новопавловка,с.Почтовое</p>	
	$M_{0.5} \frac{HCO_3^- 76}{(Na^++K^+) 50 Ca^{2+} 37}$ <p align="center">pH 7,2 T15,2° Источник Эмиров (код 111)</p>	
Поверхностные воды	$M_{0.2-0,7} \frac{HCO_3^-(43-78) SO_4^{2-}(11-37)}{Ca^{2+}(36-85)(Na^++K^+)(8-31) Mg^{2+}(6-34)}$ <p align="center">, pH 7,9 T18° Общая формула (8 проб)</p>	
	$M_{0.3} \frac{SO_4^{2-} 78}{Ca^{2+} 43 Mg^{2+} 37 (Na^++K^+) 20}$ <p align="center">, pH 8,2 T 26° Мраморный ставок (код 509)</p>	$M_{0.4} \frac{HCO_3^- 49 SO_4^{2-} 23}{Ca^{2+} 57 Mg^{2+} 27}$ <p align="center">pH 7,9 T 17,7° р. Бодрак (код 6)</p>
	$M_{0.03-0,05} \frac{SO_4^{2-}(29-65) HCO_3^-(25-45) Cl^-(5-21)}{(Na^++K^+)(55-70) Mg^{2+}(17-40) Ca^{2+}(13-25)}$ <p align="center">, pH 8.4 T 20.4 Обобщенная формула (4 пробы)</p>	
Атмосферные осадки		

Глава 6. Качество питьевых вод

Качество питьевой воды оценивается по нормам предельно допустимых концентраций, которые устанавливаются по органолептическим и санитарно-токсикологическим показателям. Действующий документ для оценки качества питьевых вод СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.

6.1. Качество природных вод исследуемого участка

Химический и минеральный составы горных пород и процессы выветривания являются основными факторами, определяющими химический состав природных вод Горного Крыма. Центральная система водоснабжения исследуемой территории осуществляет откачку вод, приуроченных к аллювиальным отложениям р. Бодрак и пролювиальным отложениям водотоков. По составу данные воды сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые (табл.5.1.1). Соответственно, в летний период централизованная система водопроводов неспособна в полной мере обеспечить потребности местных жителей в питьевой воде. Кроме того, вода хлорируется, что также понижает качество поставляемой в дома воды.

В данных обстоятельствах люди вынуждены пользоваться собственными колодцами и скважинами, где качество воды далеко не всегда отвечает санитарным нормам. Например, водоносный участок экзогенной трещиноватости, приуроченный к вулканогенно-осадочной толще в центре д. Трудолюбовка, фиксирует устойчивое нитратное загрязнение (водоносная зона коры выветривания вулканогенно-осадочных пород байосского яруса), что связано с хозяйственной деятельностью населения, отсутствием канализации и незащищенностью водоносного горизонта. Воды в данном водоносном горизонте сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые-магниевые (табл. 5.1.1). Употребление человеком загрязненных азотными соединениями природных вод приводит к серьезным последствиям для его здоровья. Во-первых, повышенное содержание нитратов, поступившее в организм человека негативно влияет на желудочно-кишечный тракт. Также страдает кровеносная система, что может привести к заболеваниям сердца, почек и печени. Постоянная интоксикация организма человека приводит к нарушению обмена веществ и онкологическим заболеваниям. Кроме того, повышенное содержание нитратов в поверхностных водоемах способствует росту

водорослей и бактерий, что в дальнейшем может привести к гибели фауны водоема (Косинова, 2016).

Предельно допустимая концентрация (ПДК) в мг/л согласно «СанПиН 2.1.4.1074-01: нитраты (NO_3^-) - 45 мг/л; нитриты (NO_2^-) - 3,3 мг/л (по нитрит-иону), или 1 мг/л в пересчете на азот аммонийный; ионы аммония (NH_4^+) - 2,5 мг/л. Почти 1/3 проанализированных проб (12 из 38) обладает повышенной концентрацией нитратов (46,5 - 185,0 мг/л). Предельно допустимые концентрации нитритов и ионов аммония не были выявлены, таким образом, можно утверждать, что с момента загрязнения природных вод прошло продолжительное время.

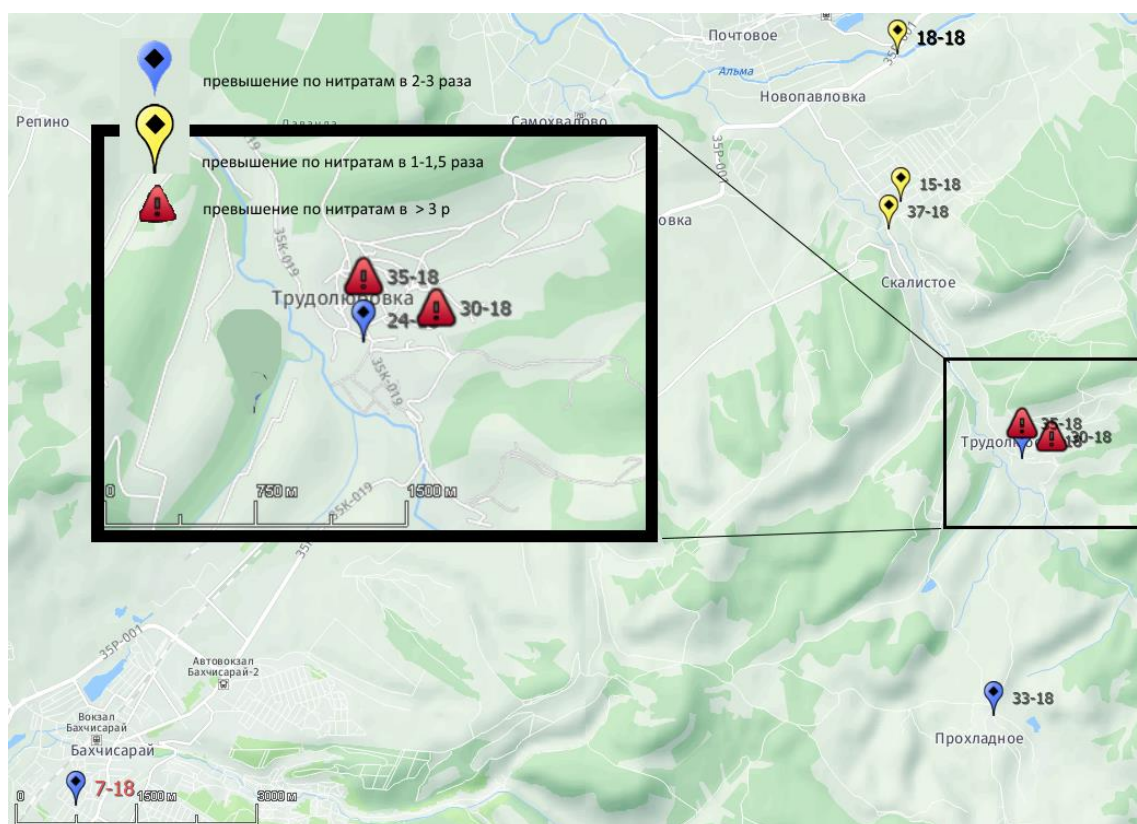


Рис. 6.1.1 Пробы отбора вод с превышением концентрации нитрат-ионов

Содержание и превышение допустимой нормы нитратных ионов в водах могут быть связаны с:

1. Промышленными хозяйственно-бытовыми сточными водами;
2. Стоком сельскохозяйственных угодий и со сбросными водами с орошаемых полей, где применяются азотные удобрения;
3. Атмосферными осадками, которые поглощают образующиеся при атмосферных электрических разрядах оксиды азота;
4. Процессами нитрификации аммонийных ионов в присутствии кислорода под действием нитрифицирующих бактерий (Косинова, 2016).

Используя данные в работе по изучению микрокомпонентов природных вод (Каюкова и Чарыкова, 2010) отметим, что в подземных водах данной территории обнаруживается равномерное распределение концентрации Si. В подземных водах меловых отложений аналогично ведут себя Ba и Sb. Для вод четвертичного водоносного горизонта лишь концентрации Se, Sr и U характеризуются коэффициентом вариации от 30 до 60%, остальные же микроэлемента весьма неоднородны. Здесь оказывают влияние и антропогенные, и природные факторы. Воды зон обводнения вулканогенно-осадочной толщи и пород таврической и эскиординской серий содержат повышенные относительно остальных вод концентрации V, что связано с химическим составом горных пород. Крайне неравномерное распределение (коэффициент вариации больше 100%) здесь наблюдается для содержаний Ag, B, Cd, Cr, Li, Mn, Mo, Se, V и Zn. Серебро и цинк, имеющие наибольший коэффициент вариации концентраций являются индикаторами антропогенного загрязнения. Микрокомпонентный состав поверхностных вод отличается большей однородностью. Наиболее равномерным является пространственное распределение Cu (коэффициент вариации содержаний менее 30%). Элементы с относительно равномерным пространственным распределением: Al, Ba, Co, Cr, Fe, Li, Ni, Si, Sn, Sr, Zn — в водах ставков; Al, As, Co, Cr, Li, Mo, Ni, Rb, Sb, Si, Sn, Sr, Zn (в водах р. Бодрак). Для остальных элементов распределение неравномерное, причем особенно большой коэффициент вариации и в этом случае наблюдается для содержаний Ag, B (в ставках и реках), Mo, Pb, Sb (в водах ставков), Ba, Mn (в водах р. Бодрак).

В подземных водах, связанных с аллювиальными отложениями р. Бодрак, также с некоторой периодичностью отмечаются очаги нитратного загрязнения, но значения концентраций хоть и превышают ПДК, в целом ниже, чем в колодцах центра д. Трудолюбовка. В отдельных пробах наблюдались эпизодические превышения (до 2–3 ПДК) содержаний Fe, B, Li, Mn, Al, Ag. Сравнение ПДК химических элементов в водных объектах (хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования) с их средним содержанием показало, что для ряда элементов значения ПДК достаточно высоки, и некоторые геохимические аномалии природных вод не могут быть охарактеризованы с точки зрения превышения этих концентраций (Каюкова и Чарыкова, 2010).

6.2 Эссенциальные элементы питьевых вод

При оценке качества воды необходимо обращать внимание на содержание и концентрации биологически активных (эссенциальных) элементов, которые участвуют во всех физиологических процессах. К таким элементам относятся K, Na, Ca, Mg, Li, Rb, Fe, Cu, Zn, Ga, Co, Ni, Mn, Mo, Cd, Cr, Ti, V, Sr, Ba, Cl, I, F, Se, As (Ковальский, 1976). Замещая биологически значимые элементы в физиологически значимых соединениях (белки, нуклеиновые кислоты, гормоны) и структурных образованиях (оболочки клеток, матрица костной ткани и др.), они могут существенно влиять на протекание биохимических и физиологических процессов и вызвать множество заболеваний. Повышенное содержание в пищевом рационе любого элемента вызывает пагубные последствия. Однако низкие содержания целого ряда элементов также представляют опасность для организма человека. Таким элементом является йод (Шварц, 1996).

6.2.1 История изучения свойств йода

Йод является рассеянным элементом земной коры. Биогеохимический цикл йода в природе определяется особенностями его физико-химических свойств. Довольно известна необходимость йода для организмов животных и людей. Недостаток йода в рационе может вызвать общие нарушения обмена веществ и заболевания зобом и проявляется такое в районах высокогорий, коим и является Горный Крым. Дефицит йода в окружающей среде свидетельствует о том, что данной проблеме нужно уделять большое внимание.

Свойства йода были хорошо известны людям за тысячи лет до того, как был открыт этот химический элемент. Например, в китайском кодексе 1567 г. до н.э. содержатся весьма разумные рекомендации по использованию морских водорослей при зубной болезни. Еще около 500 лет после продолжались эмпирические изучения йода до того момента, пока французский химик Шатен не положил начало точным исследованиям исследованию зоба и его связь с йододефицитом. Шатен обнаружил, что йод находится во всех водных источниках и в принципе во всей атмосфере, а не только в морской воде, как считалось ранее. Идея взаимосвязи всех живых существ и химического состава среды обитания получила дальнейшее обобщение спустя век в работах А.П. Виноградова и его школы. Влияние на организм разных химических

элементов заметно проявляется в областях с резким избытком и недостатком какого-нибудь элемента – геохимических провинциях.

В зонах йодной недостаточности наблюдаются признаки недоразвития организмов, биологического вырождения, различных уродств, вызванных дисфункцией ДНК на фоне йододефицита (Мохнач, 1974). Клинические исследования показывают, что нарушения функции щитовидной железы имеют большое значение в развитии атеросклероза (Трангейзер, 1965).

В.О. Мохнач проводил исследования по поводу создания пригодных полимеров йода для применения их в витаминах и добавках для животных и человека для предотвращения йододефицита, о чем написана его работа «Йод и проблемы жизни» в 1974 году.

В 1987 г. вышли труды Кашина В.К. «Биогеохимия, физиология и агрохимия йода». Акцент данного исследования поставлен именно на миграцию йода и накопления в природных средах, а также продолжена тема обогащения питания людей животных добавками, содержащими йод.

По данной теме у меня уже получилось внести вклад в науку совместными работами с Е. Каюковой и В. Берёзкиным на тему «Содержание йода в водах питьевого назначения Горного Крыма как один из возможных факторов и индикаторов йододефицита». В работе рассматривается связь содержания йода в природных водах Горного Крыма и попытки найти взаимосвязь проблем недостаточности йода в организме человека и условий его проживания.

6.2.2. Недостаток йода в Горном Крыму

Низкое содержание йода в окружающей среде может выступать одним из главных факторов йододефицита. Хронический дефицит йода в организме человека часто является скрытой причиной многих заболеваний. По данным статистики йододефицит – одна из наиболее распространенных причин поражения головного мозга и нарушения психического развития. Республика Крым входит в первую десятку регионов Российской Федерации по угрозе йододефицитных заболеваний. С этой точки зрения, наиболее актуальна проблема йододефицита в Горном Крыму, отличающимся наибольшей высотой над уровнем моря и высокой контрастностью горных ландшафтов.

**Основные статистические характеристики содержания йода в водах Горного
Крыма (мкг/л) (данные 2018 г.) (Берёзкин, 2019)**

Тип источника	Количество проб	Минимум	Медиана	Среднее	Максимум
Водопровод	7	1,11	1,74	4,04	12,45
Родник	8	0,99	5,34	5,77	11,21
Колодец	8	0,89	4,05	6,59	17,54
Ставок	2	1,04	1,64	1,64	2,24
Река	6	3,48	6,77	11,05	24,38
Скважина	3	1,75	4,64	5,16	9,08
Осадки	4	0,31	2,22	1,90	2,88

Согласно СанПиН 2.1.4.1116-02 концентрация йода не должна превышать 125 мкг/л для воды «Первой категории» качества и находиться в диапазоне 40-60 мкг/л для воды «Высшей категории». Всемирная организация здравоохранения рекомендует потреблять от 120 до 150 мкг йода в сутки ежедневно.

Максимальное содержание йода можно отметить для поверхностных вод (рек – 24,4 мкг/л; колодцев – 17,5 мкг/л). Здесь же отмечаются наиболее высокие средние и медианные значения, то есть содержание йода в речных водах Горного Крыма варьирует весьма в широких пределах. Содержание йода в родниках варьирует в пределах от 0,99 до 11,2 мкг/л, при этом, как средние 5,77 мкг/л, так и медианные значения 5,34 мкг/л находятся в пределах нормы (от 2 до 10 мкг/л). Высокие значения йода отмечаются в водопроводных водах посёлка Скалистое (Бахчисарайский район, 12,5 мкг/л). Однако для большинства водопроводных вод характерны содержание йода 1 – 3 мкг/л, что и подтверждается весьма низким значением медианы (1,74 мкг/л). Сходные цифры наблюдаются и для вод из индивидуальных скважин: максимальное содержание в скважине в районе п. Скалистое (9,08 мкг/л) и значительно меньшее в районе с. Трудюлюбовки и г. Бахчисарай, что по-видимому можно объяснить особенностью водовмещающих пород. в поверхностных водоемах можно отметить довольно невысокое содержание йода. На миграцию йода оказывают влияние такие характеристики вод, как рН и минерализация. Поскольку в Горном Крыму главный источник формирования питьевых вод – атмосферные осадки, им уделено отдельное внимание. Отмечены существенные вариации йода в дождевых водах, что, скорее всего, связано с розой ветров и сезонными изменениями (Берёзкин, 2019).

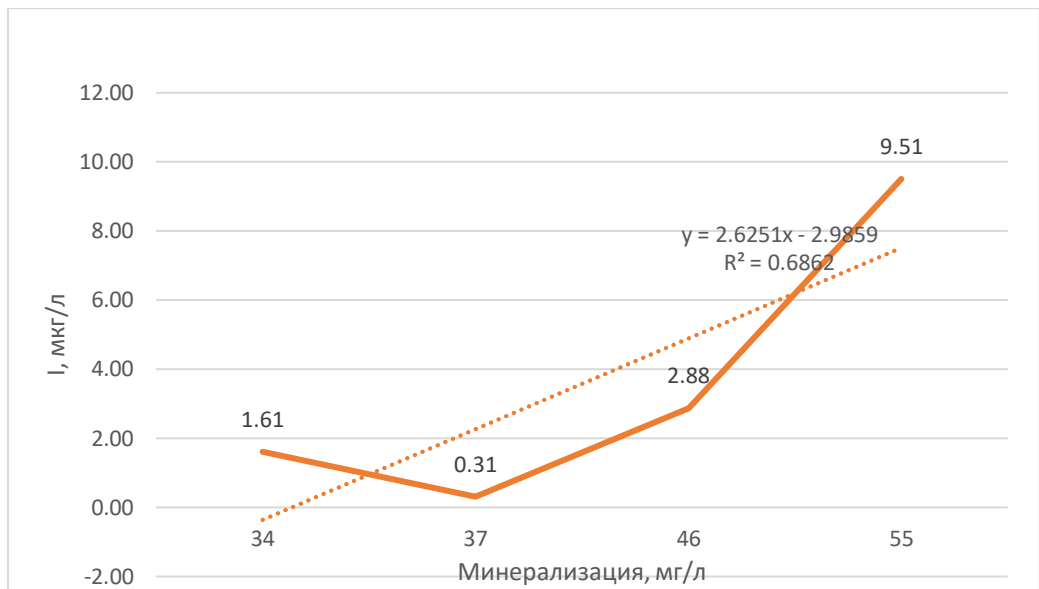


Рис. 6.3.2.1 Зависимость содержания йода (мкг/л) от минерализации (мг/л) атмосферных осадков (данные 2018 г.)

Выводы

На основе изученного материала и проведенных исследований природных вод в бассейне р. Бодрак, сделаны следующие выводы:

1. Подземные воды бассейна среднего течения р. Бодрак приурочены к четвертичным породам, к терригенно-карбонатным породам мела и палеогена, к коре выветривания вулканогенно-осадочной толщи средней юры.
2. Воды централизованного водоснабжения жесткие сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые; воды колодцев и скважин, приуроченных к коре выветривания (центр д. Трудюлюбовки), отличаются высокой минерализацией, по составу сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые, содержание нитратов превышает ПДК в 2-3 раза.
3. Состав атмосферных осадков – гидрокарбонатно-сульфатный магниевый с очень низкой минерализацией (менее 0,06 г/л). Они являются основным источником питания подземных и поверхностных вод.
4. Состав поверхностных вод (ставков и рек) - сульфатно-гидрокарбонатный натрово-кальциевый.
5. Максимальное содержание йода можно отметить для поверхностных вод (рек – 24,4 мкг/л; колодцев – 17,5 мкг/л), что объясняется питанием атмосферными осадками, а в атмосферных осадках, в свою очередь, отмечены существенные вариации йода, что скорее всего связано с розой ветров и сезонными изменениями

Заключение

Крымский полуостров испытывает недостаток пресных вод, пригодных для хозяйственно-питьевого назначения. В данной работе изучен химический состав природных вод Горного Крыма и проведена оценка их качества.

Воды подземных источников приурочены к разным водоносным комплексам и имеют различный химический состав. Местные жители используют воды центрального водоснабжения, но при их недостатке используют колодцы и скважины, где вода поступает из других водоносных горизонтов. Помимо центрального водоснабжения используются природные источники, в которых вода мягче водопроводной, по составу она гидрокарбонатная кальциево-натровая. Высокая жесткость воды может пагубно влиять на организм человека. Существуют превентивные меры для уменьшения жесткости (фильтры и др.).

В засушливые годы при недостатке вод центрального водоснабжения используются искусственные водоемы (ставки), которые пользуются большой популярностью у местных жителей.

Высокие значения нитратов связываются с сельскохозяйственной деятельностью человека (выпас скота, выгребные ямы, сельскохозяйственные удобрения и тд.). Из-за малой мощности почв и близости с коренными породами азотные соединения довольно легко проникают в подземные воды. По ПДК превышения нитритов и ионов аммония не были выявлены, значит с момента загрязнения природных вод данными азотными соединениями прошло много времени.

Изучены содержания йода в природных водах, недостаток которого может привести к серьезным заболеваниям.

Список литературы

1. Берёзкин В. Ю. и др., Содержание йода в водах питьевого назначения Горного Крыма как один из возможных факторов и индикаторов йододефицита / В. Ю. Берёзкин, Е. П. Каюкова, Л. В. Ушакова // XI Международная биогеохимическая школа (Тула, 13–15 июня 2019 г.) – С.125 – 128.
2. Берёзкин и Барабошкина, Эколого-геологическое картографирование территории бассейна р.Бодрак (Крымско-Кавказская горная зона), 2011
3. Геология СССР. Т.8. Крым. Часть 1. Геологическое описание/ под ре. Муратова М.В. и Сидоренко А.В., Москва, 1969, 576 с.
4. Гидрогеология СССР. Т. 8. Крым / Под ред. В.Г. Ткачук. М.: Недра. 1970. - 351 с.
5. Гольм М.А. и др., Качество питьевых вод Бахчисарайского района Крыма / Гольм М.А., Ушакова Л.В., Каюкова Е.П.// Экологические проблемы природо- и недропользования: Труды международной молодежной научной конференции. Том XIX / Под ред. В. В. Куриленко – СПб.: СПбГУ, 2019. – С. 110-113
6. ГОСТ 31862-2012 «Вода питьевая. Отбор проб» для грунтовых вод из колодцев, скважин, родников, Москва, 2013
7. ГОСТ 52963-2008 «Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов», Москва, 2010
8. ГОСТ 4389-72 «Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов», Москва, 2010
9. ГОСТ 33045-2014 «Вода. Методы определения азотсодержащих веществ (с Поправкой)» Москва, 2019.
10. Грачева Т.Д., Мартюшин В.А., Проблема водообеспеченности республики Крым / Актуальные вопросы естественных и технических наук / www.nauch-misl.ru / 2017 – С. 19- 25.
11. Гришина Е.А., Крымская культура водопользования // Проблемы рационального природопользования и экологический мониторинг / УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ РОССИИ
12. Каюкова Е. П., Котова И. К., Особенности формирования химического состава подземных вод зоны активного водообмена бассейна реки Бодрак (Юго-Западный Крым)// Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2017. Т. 62. Вып. 4 – С.343 – 356.

13. Каюкова Е.П., Оценка подземного стока как элемента водного баланса при комплексных гидрогеологических исследованиях (северо-западные склоны крымских гор)// Автореф...на кандидата геол.-минер.наук. – СПб, 2018. 20 с.
14. Каюкова Е.П. и Чарыкова М.В., Особенности химического состава подземных и поверхностных вод полигона крымской учебной практики геологического факультета СПбГУ, Вестник СПбГУ.Сер. 7, 2010, вып. 3- с. 29-47
15. Кашин В. К. Биогеохимия, физиология и агрохимия йода. – Л.: Наука, 1987
16. Косинова И.И. и др.. Мониторинг загрязненности нитрат-ионами подземных вод территории городов Севастополь и Бахчисарай / И. И. Косинова , Г. А. Сигора, Л. А. Ничкова , Е. В. Добровольская , Е. С. Симонова // ВЕСТНИК ВГУ, Серия: Геология,2016. №3. С. – 123-127.
17. Кирюхин В.А и Толстихин Н.И., Региональная геология: учебник для вузов – М.Недра, 1987. – 382 с.
18. Ковальский В.В. Геохимическая среда, здоровье, болезни//Физиологическая роль и практическое применение микроэлементов. Рига, 1976.
19. Лущик А.В и др., Водоотбор и его влияние на подземные воды пригодные для хозяйственно-питьевого водоснабжения в Крыму /Лущик А.В., Горбатюк Н.В., Морозов В.И. / Строительство и техногенная безопасность №2 (54) 2016г. – с. 83-91.
20. <https://www.meteoblue.com/ru> , официальный сайт наблюдения за погодными условиями, дата посещения 06.05.2020
21. Олиферов А.Н., Тимченко З.В. Реки и озёра Крыма. Симферополь: Доля, 2005. - 216 с.
22. ПНД Ф 14.1:2.98-97 «Методика выполнения измерений жесткости в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом», Москва, 2004
23. ПНД Ф 14.1:2.96-97 «Методика выполнения измерений массовой концентрации хлоридов в пробах природных и очищенных сточных вод аргентометрическим методом», Москва, 2004
24. ПНД Ф 14.1:2.98-97 «Методика выполнения измерений жесткости в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом», Москва, 2009
25. ПНД Ф 14.1:2.1-95 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера», Москва, 2017

26. Проскуракова Г. Ф., Никитина О. Н. Ускоренный вариант кинетического роданиднитритного метода определения микроколичеств йода в биологических объектах // *Агрехимия*. – 1976. – № 7. – С. 140–143.
27. Репинская И.Н. и др., Проблема дефицита йода среди жителей республики Крым// 19. *Фундаментальная наука и современные подходы к диагностике и лечению заболеваний щитовидной и околощитовидных желез. Высокодифференцированный рак щитовидной железы*. – С.367-368.
28. СанПиН 2.1.4.1074-01 *Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества*. Москва, 2002.
29. Трангейзер В.А., *Предупреждение атеросклероза*. М., 1965
30. *Устойчивый Крым. Водные ресурсы*. /под ред. Тарасенко В.С.- Симферополь: “Таврида”, 2003.- 413 с.
31. Шварц А.А., *Экологическая гидрогеология / Учебное пособие*. 1996. -34 с.
32. Шумигай И.В. Влияние нитратов подземных вод на состояние здоровья населения // *Агрехологичний журнал* № 4. С.53-58. 2015.
33. Юдин В. В., *Геодинамика Крыма / Монография*. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2011. – 336 с.
34. Юдин В. В., *Геология Крыма на основе геодинамики / (Научно-методическое пособие для учебной геологической практики) Сыктывкар, РАН, Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкарский госуниверситет*. 2000. - 43 с.
35. Юдин В.В., Юдин С.В., *Становление мобилизма в Крыму // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ*. 2015. № 21. – С.16-22.
36. Юровский Ю.Г., Каюкова Е.П., *Пресные воды Крыма (современные реалии) // Труды Крымской Академии наук*. Симферополь, ИТ «АРИАЛ», 2015. – С. 13-22.
37. Ясенева Е.В., Ясенева И.А., *Особенности экологической составляющей устойчивого развития Крыма / DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24.– С. 54-67*.