

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

УДК 556.38 (574.52)

На правах рукописи

ТАЖИЕВ СУЛТАН РЫСНИЯЗОВИЧ

**Ресурсы подземных вод Казахстанской части предгорий Киргизского
Алатау: формирование, состояние и перспективы использования**

6D075500 - Гидрогеология и инженерная геология

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научный консультант
кандидат геол.-мин. наук,
Е.Ж. Муртазин

Зарубежный научный
консультант
доктор геол.-мин. наук,
профессор
А.П. Хаустов (г. Москва, РФ)

Республика Казахстан
Алматы, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	3
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД, КРАТКИЙ ОБЗОР ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ	12
2 ОСНОВНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	18
2.1 Гидрометеорологические факторы	18
2.2 Геоморфологические факторы	32
2.3 Геолого-структурные факторы	34
3 ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ	41
3.1 Принципы гидрогеологического районирования и стратификации	41
3.2 Характеристика подземных вод	44
3.3 Трансграничные водоносные горизонты	55
3.4 Особенности формирования ресурсов подземных вод	63
3.5 Гидрогеохимическая характеристика	71
4 РЕСУРСЫ И ЗАПАСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	84
4.1 Естественные запасы и возобновляемые ресурсы подземных вод	84
4.2 Прогнозные ресурсы подземных вод	90
4.3 Разведанные эксплуатационные запасы подземных вод	93
4.4 Состояние и перспективы использования ресурсного потенциала подземных вод	98
4.5 Оценка перспектив фонтанной (на самоизливе) эксплуатации подземных вод	102
5 ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕСУРСОВ И ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	106
5.1 Международный и отечественный опыт создания гидрогеологических информационно-аналитических систем	106
5.2 Информационно-аналитическая гидрогеологическая модель Жамбылской области	108
5.3 Разработка управленческих решений по рациональному использованию подземных вод	119
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	125
ПРИЛОЖЕНИЕ А - Результаты наземных маршрутных исследований Казахстана части предгорий Киргизского Алатау	132
ПРИЛОЖЕНИЕ Б- Акт внедрения № 1 от 7 августа 2023 г.	189

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:
Правила присуждения ученых степеней, утвержденных приказом МОН РК от 31 марта 2011 года №127.

Закон Республики Казахстан от 18 февраля 2011 года № 407-IV «О науке» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 04.07.2018 г.);

Закон Республики Казахстан от 27 июля 2007 года № 319-III «Об образовании» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 04.07.2018 г.);

Кодекс Республики Казахстан «Водный кодекс Республики Казахстан» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.06.2018 г.);

ГОСО РК 5.04.034-2011 Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан. Послевузовское образование. Докторантура. Основные положения (изменения от 23 августа 2012 г. № 1080);

ГОСТ Р 7.0.4-2006 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Издания. Выходные сведения. Общие требования и правила оформления;

ГОСТ Р 7.0.5-2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления;

ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам;

ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления;

ГОСТ 7.11-2004 (ИСО 832:1994) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на иностранных европейских языках;

ГОСТ 7.12-93 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила;

ГОСТ 7.80-2000 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Подземные воды – воды, находящиеся в толще горных пород верхней части земной коры в жидком, твёрдом и газообразном состоянии.

Гидрогеологические условия – совокупность признаков, характеризующих условия залегания подземных вод; литологический состав и водные свойства водоносных пород, движение, качество и количество подземных вод и особенности их режима в природной обстановке и под влиянием искусственных факторов.

Водоносный горизонт – относительно выдержанная и единая в гидравлическом отношении толща (слой, пласт и т. д.) водопроницаемых горных пород, поры, трещины или пустоты которых заполнены подземными водами.

Напорные воды – подземные воды, находящиеся под давлением, значительно превышающим атмосферное, и приуроченные к водоносным горизонтам, залегающим между водоупорными (слабопроницаемыми) пластами в пределах сравнительно крупных геологических структур (синеклиз, моноклиналей и др.).

Водозабор – инженерное сооружение по захвату подземных вод или воды из реки и водохранилища в водопроводные, оросительные, гидроэнергетические и другие системы.

Геоинформационная система (географическая информационная система, ГИС) – система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных.

Гидрогеологическое районирование – деление территории на районы, отличающиеся условиями формирования (питания, накопления, разгрузки), залегания, распространения или характером использования подземных вод.

Естественные запасы – масса гравитационной воды в пласте в естественных условиях. Для безнапорных вод выделяются *емкостные запасы* – объем воды, высвобождающийся из пласта при его осушении.

Естественные ресурсы – величина питания подземных вод в естественных условиях. Естественные ресурсы равны сумме всех природных элементов баланса данного горизонта (перетекание из смежных горизонтов, инфильтрация атмосферных осадков, фильтрация из рек и водоемов).

Прогнозные ресурсы – количество подземных вод определенного качества и целевого назначения, которое может быть получено в границах оцениваемого продуктивного горизонта, перспективного для дальнейшего хозяйственного использования, и характеризующего потенциальные возможности использования подземных вод, в том числе применительно к существующей проектной или условной схемам расположения водопотребителей. Они являются основой для постановки поисковых и разведочных работ на территориях, перспективных для выявления

месторождений подземных вод, а также для составления схем комплексного использования и охраны водных ресурсов, водохозяйственных балансов.

Эксплуатационные запасы (ресурсы) – количество подземных вод, которое может быть получено рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и при качестве воды, удовлетворяющем требованиям в течение всего расчетного срока водопотребления.

Конус выноса – форма рельефа, имеющая вид слабовыпуклого полуконуса, образованного скоплением рыхлого обломочного материала в устьевой части временных водных потоков и небольших рек при выходе их из гор на предгорные равнины или из ущелий в более широкую долину. Возникает вследствие отложения взвешенного в воде материала при уменьшении скорости течения воды, связанном с изменением уклонов поверхности.

Месторождение подземных вод – пространственно ограниченная часть водоносной системы, в пределах которой под влиянием комплекса геолого-экономических факторов создаются благоприятные условия для отбора подземных вод, в количестве, достаточном для их целевого использования.

Предгорная равнина – приуроченная к подножию гор. Имеет хорошо выраженный наклон в сторону прилегающих равнин, образована, главным образом, слившимися конусами выносов (сухими дельтами), что придает им легкую волнистость, подчеркиваемую фестончатым рисунком горизонталей. Равнинная поверхность, сложенная флювиогляциальным материалом, имеет обычно более круто наклоненную поверхность (благодаря интенсивному выносу материала тальными водами) и называется наклонной или косой. Синоним: шлейф аллювиально-пролювиальный.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ООН – Организация Объединенных Наций

UNESCO (ЮНЕСКО) – Специальное учреждение Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры, включающее достопримечательности в список Всемирного наследия

IAH – Международная Ассоциация Гидрологов

FAO – Продовольственная и Сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций

GEF – Глобальный Экологический Фонд

ЕЭК ООН – Европейская экономическая комиссия - Организаций Объединенных Наций

МГП ЮНЕСКО – Межправительственная гидрологическая программа ЮНЕСКО

IGRAC – Международный центр ЮНЕСКО по оценке ресурсов подземных вод

IUCN – Международный союз охраны природы

ТГВГ – Трансграничный водоносный горизонт

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Важной составляющей национальной безопасности Республики Казахстан является проблема обеспечения водной безопасности в условиях ограниченности и уязвимости водных ресурсов. В Стратегии «Казахстан 2050»: новый политический курс состоявшегося государства отмечено: *«Вода – крайне ограниченный ресурс и борьба за обладание источниками уже становится важнейшим фактором геополитики, являясь одной из причин напряженности и конфликтов на планете».*

В Послании Главы Государства народу Казахстана «ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КУРС СПРАВЕДЛИВОГО КАЗАХСТАНА» от 01 сентября 2023 г., К.К. Токаев отмечает, что «Серьезным барьером для устойчивого экономического развития страны является нехватка водных ресурсов. В текущих реалиях эта тема переходит в разряд вопросов национальной безопасности».

Территория исследований приурочена к южной части Жамбылской области, для которой отмечается развитие промышленности и сельского хозяйства, требующее привлечение значительных объемов водных ресурсов. В «Основных положениях Генеральной схемы организации территории Республики Казахстан», утвержденных постановлением Правительства Республики Казахстан от 30.12.2013 г. № 1434, заложена необходимость обеспечения условий, способствующие сохранению жизни и здоровья населения государства. В основных направлениях развития регионов страны, для Жамбылской области, в качестве приоритетов аграрного комплекса до 2050 года, предусматривается развитие плодоовощной продукции, сахарной свеклы, животноводства и мясомолочного производства. Акиматом области реализуется ряд практических мероприятий, направленных на увеличения объема орошаемых земель и площадей обводненных пастбищ.

В последние годы наблюдается нарастающий дефицит речных вод, связанный с климатическими изменениями и нарастающим водоотбором на сопредельной территории соседнего государства – Кыргызстан. В данных условиях, при уменьшающемся поверхностном стоке, основным и надежным источником воды для развивающегося аграрного сектора территории являются подземные воды.

Таким образом, исследования проблем формирования, состояния и перспектив рационального использования и охраны ресурсного потенциала подземных вод представляются весьма актуальными.

Объектом исследований являются подземные воды предгорий Киргизского Алатау на территории Жамбылской области Южного Казахстана.

Предмет исследований включает региональные особенности формирования и распространения, количественные и качественные показатели, естественные запасы, возобновляемые и прогнозные ресурсы, разведанные эксплуатационные запасы подземных вод предгорий Киргизского Алатау в Жамбылской области Южного Казахстана.

Основной целью работы является научное обоснование эффективного освоения ресурсов подземных вод казахстанской части предгорий Киргизского Алатау для разработки рациональных управленческих решений по использованию их ресурсного потенциала для устойчивого развития городских и сельских территорий Жамбылской области.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1) уточнены гидрогеологические особенности территории исследований на основе сбора, анализа и систематизации результатов ранее проведенных работ;

2) оценены современное состояние эксплуатации разведанных месторождений подземных вод и самоизливающихся гидрогеологических скважин, а также гидрогеохимические показатели подземных вод на основе проведения наземных маршрутных обследований с опробованием и проведением лабораторных анализов;

3) охарактеризованы трансграничные водоносные горизонты и уточнены категории риска опасности возникновения трансграничных проблем, затрагивающих ресурсы подземных вод казахстанской части предгорий Киргизского Алатау;

4) уточнены естественные (емкостные и упругие) запасы, естественные (возобновляемые) и прогнозные ресурсы подземных вод предгорий Киргизского Алатау Жамбылской области;

5) оценены перспективы использования ресурсного потенциала подземных вод предгорий Киргизского Алатау для обеспечения социально-экономического развития южной части Жамбылской области.

6) сформирована геоинформационная база данных и разработана информационно-аналитическая модель ресурсов и запасов подземных вод предгорий Киргизского Алатау Жамбылской области;

Методы исследования. В диссертации использованы комплексные методы исследований, включающие современные методы и методологии геологии, гидрогеологии и гидрологии, а также программные средства и геоинформационно-аналитические технологии сбора и обработки информации.

Проведены наземные маршрутные, химико-аналитические лабораторные исследования для изучения существующей гидрогеологической и водохозяйственной обстановки территории и оценки состояния разведанных месторождений подземных вод и самоизливающихся гидрогеологических скважин.

Методика автоматизированного формирования геоинформационно-аналитической системы ресурсов подземных вод территории исследований включает не только сбор и хранение первичных гидрогеологических данных, но и возможность их обобщения и анализа, а также использования в качестве информационной основой для решения различных управленческих и практических гидрогеологических задач.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- оценены современное состояние эксплуатации разведанных месторождений подземных вод и самоизливающихся гидрогеологических

скважин, а также гидрогеохимические показатели подземных вод предгорий Кыргызского Алатау в Жамбылской области;

- проведена категоризация рисков возникновения трансграничных проблем, связанных с ресурсами подземных вод при интенсификации водоотбора или возникновения источников загрязнения на территории Кыргызстана;

- оценены ресурсный потенциал подземных вод предгорий Кыргызского Алатау Жамбылской области и перспективы использования для водообеспечения городов и сельских населенных пунктов, нужд аграрного сектора южной части Жамбылской области.

- разработана и создана система интегрированных разномасштабных информационно-аналитических моделей Жамбылской области для оценки, прогнозирования и принятия управленческих решений по рациональному использованию и охране ресурсов и запасов подземных вод;

Основные положения, выносимые на защиту. В работе обоснованы и защищаются следующие основные положения:

1) По результатам анализа и проведения современных исследований гидрогеологических условий в Жамбылской области на границе Казахстана и Кыргызстана, для выделенных на этой территории Шуйского и Северо-Таласского трансграничных водоносных горизонтов, установлены типы потоков и проведена категоризация рисков возникновения проблем при их хозяйственном освоении. Уточненный расчет ресурсного потенциала пресных подземных вод этой территории позволил оценить прогнозные ресурсы по трем вариантам в объеме 21,7-31,4 м³/с, а по эксплуатационным запасам в объеме 13,9 м³/с по категориям А+В и 19,7 м³/с по категориям А+В+С₁, при разведанности территории в 44-64%. Доказано, что эксплуатационные запасы подземных вод этой территории по категориям А+В+С₁ не превышают оптимистичный вариант прогнозных ресурсов, учитывающие 70% ежегодно восполняемых ресурсов подземных вод, тем самым снижения водоносных горизонтов не ожидается.

2) По результатам исследований доказано, что регулирование и управление эксплуатацией подземных вод самоизливающихся гидрогеологических скважин на этой предгорной территории, позволит увеличить объем располагаемых водных ресурсов для расширения площади орошаемых земель, привлечь новые инвестиции, повысить экономические показатели и занятость местного населения этой территории.

3) На основе применения современных ГИС технологий и программных продуктов разработана информационно-аналитическая гидрогеологическая модель Жамбылской области, как составная часть гидрогеологических моделей Казахстана. Модель включает атрибутивную и пространственную гидрогеологическую информацию о подземных водах по предгорным равнинам Кыргызского Алатау, Шуйского, Северо-Таласского и Южно-Таласского трансграничных водоносных горизонтов, крупным месторождениям подземных вод и участки самоизливающихся скважин. Созданная модель позволяет проводить пространственный анализ

гидрогеологической информации в связи с изменяющимися водохозяйственными факторами и на ее основе принимать различные управленческие решения для рационального использования и охраны подземных водных ресурсов.

Практическая значимость выполненных исследований связана с научным обоснованием повышения объема располагаемых водных ресурсов, направленного на устойчивое социально-экономическое развитие Жамбылской области, в том числе аграрного сектора в условиях климатических изменений и антропогенных нагрузок. Устойчивое развитие сельских территорий способствует трудовой занятости населения региона и увеличению ассортимента продовольственной корзины. Результаты исследований внедрены (Акт внедрения № 1 от 7 августа 2023 г.).

Дальнейшие исследования должны быть направлены на развитие системы мониторинга подземных вод для оценки состояния их эксплуатации и предотвращения истощения и загрязнения, возникновения трансграничных угроз, на создание гидродинамических моделей для принятия управленческих решений.

Работа над диссертацией выполнена в Институте гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина в рамках грантового и программно-целевого финансирования научных исследований.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач диссертации; обработке и анализе результатов ранее выполненных исследований; в проведении экспедиционных наземных маршрутных работ с обследованием и опробованием эксплуатационных и самоизливающихся гидрогеологических скважин; обобщении и анализе результатов полевых и лабораторных исследований; формулировании выводов и основных положений, выносимых на защиту; подготовке и публикации научных статей по теме диссертации.

Автор диссертации участвовал в качестве основного исполнителя в реализации грантового проекта «Оценка перспективной фонтанной (на самоизливе) эксплуатации подземных вод для устойчивого развития территорий Жамбылской области» (2021-2023 гг.). Принимал участие в исследованиях по целевым программам: «Оценка ресурсов пресных подземных вод, как основного источника и долгосрочного резерва устойчивого питьевого водоснабжения населения Республики Казахстан» и «Тепло-энергетический, минерально-сырьевой и лечебно-оздоровительный потенциал термоминеральных и промышленных подземных вод Казахстана. Оценка состояния и тенденций изменения гидрогеохимических показателей подземных вод под влиянием природно-климатических изменений и антропогенных нагрузок» (2021-2023 гг.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 статей. В том числе: 2 статьи в международном журнале, входящем в базу данных Scopus (NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences); 6 докладов опубликованы в материалах

международных конференций; 2 доклада опубликованы в материалах региональных конференций

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованных источников. Объем работы составляет 131 страницу текста, 32 рисунка, 21 таблиц, список использованных источников из 101 наименований.

Благодарности. Автор выражает особую признательность и благодарность своему научному руководителю, к.г.-м.н. Муртазину Е. Ж. за неоценимую помощь, научную и моральную поддержку, содействие в процессе выполнения и написания диссертации. Постоянные консультации и ценные советы при написании работы предоставляли сотрудники лаборатории моделирования гидродинамических и геоэкологических процессов к.г.-м.н. Л. Ю. Трушель, к.т.н. О. Л. Мирошниченко, PhD Е.В. Сотников, PhD Д.К. Аденова

Отдельная благодарность зарубежному руководителю д.г.-м.н., профессору кафедры прикладной экологии Экологического факультета РУДН, академику Российской экологической академии А.П. Хаустову.

Автор признателен: профессорско-преподавательскому составу кафедры гидрогеологии и инженерной геологии (ныне кафедра гидрогеология, инженерная и нефтегазовая геология) КазНИТУ имени К.И. Сатпаева за полученные научно-практические знания; научным сотрудникам Института гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина за сформированное системное научное мышление и навыки работы.

Также, отдельно автор выражает свою благодарность директору института, академику НАН РК, профессору Абсаметову М.К.

1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД, КРАТКИЙ ОБЗОР ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Прогноз перспектив использования подземных вод для водоснабжения, орошения и обводнения пастбищ является одной из важнейших научно-прикладных проблем. Гидрогеологическое обоснование целесообразного использования подземных вод заключается в оценке их прогнозных ресурсов, которые рассматриваются на основе общих гидрогеологических представлений, специализированных площадных и региональных исследований.

В «Классификации эксплуатационных запасов и ресурсов подземных вод Республики Казахстан» [1] под *прогнозными ресурсами* понимается количество подземных вод определенного качества и целевого назначения, которое может быть получено в пределах гидрогеологического региона, бассейна реки или административного района и отражает потенциальные возможности их использования.

На территории Казахстана работы по оценке прогнозных ресурсов подземных вод в площадном аспекте проводились преимущественно двумя организациями: Институтом гидрогеологии и гидрофизики НАН РК (в настоящее время Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина) и территориальными геологическими (гидрогеологическими) организациями Министерства геологии и охраны недр Казахстана.

Академиком НАН РК У.М. Ахмедсафиным разработана следующая классификация ресурсов подземных вод. [2-3].

Вековые региональные ресурсы (включая упругие) представляют собой объем гравитационной воды, сформировавшейся в порах и пустотах пород большой емкости в определенных природно-гидрогеологических условиях в течение многих сотен лет и тысячелетий (крупные и средние артезианские бассейны, широко распространенные мощные безнапорные потоки).

Многолетние региональные ресурсы – объем гравитационной воды, сформировавшейся в порах и пустотах пород средней емкости в определенных природно-гидрогеологических условиях в течение многих лет и десятилетий (небольшие артезианские бассейны, безнапорные потоки долин рек и т.д.).

Ежегодно возобновляемые (восполняемые) региональные ресурсы – часть естественных вековых или многолетних, которая формируется в порах и пустотах пород в определенных природно-гидрогеологических условиях в течение одного гидрологического года в основном в результате инфильтрации зимне-весенних атмосферных осадков, фильтрации снеготалых и ледниковых вод, потери воды из рек, озер и отчасти подземного стока.

Прогнозные региональные эксплуатационные ресурсы – ресурсы подземных вод, включающие часть вековых и ежегодно возобновляемых ресурсов подземных вод, доступные к извлечению современными техническими средствами.

Многолетние исследования ученых Института гидрогеологии и гидрофизики НАН РК по изучению прогнозных ресурсов подземных вод и

перспектив их рационального использования позволили на основе разработки принципиально новых методов и всестороннего изучения закономерностей формирования и размещения артезианских и безнапорных вод составить специальные карты ресурсов подземных вод Казахстана. При расчете прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных использована формула:

$$Q_p = \frac{V_e}{2 \cdot 100 \cdot 31.5 \cdot 10^6} + 0.7Q_e \quad (1.1),$$

где: Q_p – прогнозные региональные эксплуатационные ресурсы подземных вод, м³/с; V_e – естественные запасы подземных вод, м³; Q_e – естественные ресурсы подземных вод, м³/с.

При практических гидрогеологических исследованиях использовалась классификация Н.Н.Биндемана, который разделил запасы и ресурсы подземных вод по их генезису на естественные запасы, естественные ресурсы, искусственные запасы, искусственные ресурсы, привлекаемые ресурсы [4-5].

Естественные запасы – масса гравитационной воды в пласте в естественных условиях, в составе которых выделяются: *емкостные* запасы – объем воды, высвобождающийся из пласта при его осушении, и *упругие* запасы – объем воды, извлекаемый в напорных условиях без осушения пласта за счет проявления его упругих свойств при понижении давления (уровня).

Естественные ресурсы – величина питания подземных вод в естественных условиях. Естественные ресурсы равны сумме всех природных элементов баланса данного горизонта (перетекание из смежных горизонтов, инфильтрация атмосферных осадков, фильтрация из рек и водоемов).

Искусственные запасы – объем подземных вод, образующихся в пласте под влиянием искусственных факторов, в частности в результате орошения, подпора поверхностными водоемами, искусственного заводнения пласта. По своей сути они аналогичны естественным запасам.

Искусственные ресурсы – расход воды, идущий на пополнение подземных вод за счет инфильтрации на полях орошения, потерь из водохранилищ и каналов или в результате проведения специальных мероприятий по усилению питания водоносных горизонтов.

Привлекаемые ресурсы – дополнительное питание подземных вод, формирующееся при образовании депрессионных воронок в районах водозаборов за счет возникновения или усиления фильтрации из рек, увеличения питания атмосферными осадками вследствие уменьшения испарения с поверхности грунтовых вод при росте глубины их зеркала, усиления или возникновения процессов перетекания.

В приведенной классификации в самостоятельный вид выделяются *эксплуатационные запасы подземных вод* – количество подземных вод, которое может быть получено рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и при качестве воды, удовлетворяющем требованиям в течение всего расчетного срока водопотребления.

При прогнозных оценках в региональном плане применяется термин «эксплуатационные ресурсы» – как характеристика потенциальных

возможностей эксплуатации подземных вод в том или ином крупном регионе [5].

Таким образом, под *эксплуатационными запасами (ресурсами)* предлагается понимать средний за расчетный период расход подземных вод, который может быть получен на месторождении (участке) с помощью геолого-экономически обоснованных водозаборных сооружений при заданных режиме, условиях эксплуатации и качестве, удовлетворяющем требованиям целевого использования подземных вод с учетом природоохранных ограничений. Эксплуатационные запасы (ресурсы) подземных вод связаны с другими видами запасов и ресурсов следующим балансовым уравнением:

$$Q_{\text{э}} = a_1 Q_{\text{е}} + a_2 \frac{V_{\text{е}}}{t} + a_3 \frac{V_{\text{и}}}{t} + a_4 Q_{\text{и}} + Q_{\text{п}} \quad (1.2),$$

где $Q_{\text{э}}$ – эксплуатационные запасы (ресурсы); $Q_{\text{е}}$ – естественные ресурсы; $V_{\text{е}}$ – естественные запасы; $Q_{\text{и}}$ – искусственные ресурсы; $V_{\text{и}}$ – искусственные запасы; $Q_{\text{п}}$ – привлекаемые ресурсы; t – время эксплуатации; a_1, a_2, a_3, a_4 – коэффициенты использования, соответственно естественных ресурсов, естественных запасов, искусственных запасов, искусственных ресурсов.

В зарубежной практике подземные воды рассматриваются как природный ресурс, что определяется как нечто, встречающееся в природе (обычно вещество или «сырье») и необходимое или полезное для человека [6]. В общем смысле подземные воды являются природным ресурсом. Однако это не означает, что все подземные воды на Земле обладают реальным потенциалом для удовлетворения человеческих потребностей или желаний. Во-первых, часть ее приходится выбрасывать, потому что ее качество не соответствует стандартам качества воды для ее предполагаемого использования даже после обычной очистки. Во-вторых, эксплуатация некоторых объектов подземных вод может быть технически или экономически невыгодной. В-третьих, эксплуатация подземных вод может быть сопряжена со значительными экологическими ограничениями, обусловленными стремлением сохранить поверхностные воды, защитить экосистемы или сохранить стабильность поверхности земли. Следовательно, только часть «теоретических» ресурсов подземных вод, представленных общими потоками и запасами, может рассматриваться как «эксплуатируемые» ресурсы подземных вод. Концепция эксплуатационных ресурсов подземных вод обеспечивает реалистичную основу для планирования эксплуатации и управления подземными водами [6].

На практике подземные воды обеспечивают главным образом возобновляемые ресурсы и, в более исключительных случаях, невозобновляемые ресурсы (естественные запасы подземных вод, которые могут эксплуатироваться и истощаться). Естественные запасы подземных вод также служат важным буфером, делая режим эксплуатации возобновляемых ресурсов менее зависимым от естественного ритма пополнения. Разнообразие размеров, структуры, потоков и запасов водоносных горизонтов, их связей с атмосферными и поверхностными водами, а также качества их воды отражается в огромной изменчивости ресурсов подземных вод. Это также приводит к

большим различиям в доступности, удобстве использования и конкурентоспособности по сравнению с поверхностными водными ресурсами. Тем не менее, оценка пригодных для эксплуатации ресурсов подземных вод водоносного горизонта, т. е. ресурсов, которые действительно имеют значение на практике, во многом зависит от выбранных стратегий эксплуатации, другими словами, от управления ресурсами подземных вод.

Развитие ресурсов подземных вод рассматривается как последовательный процесс, состоящий из трех основных фаз [7]. Во-первых, существует этап разведки, на котором наземные и подземные геологические и геофизические методы используются для поиска подходящих водоносных горизонтов. Во-вторых, есть этап оценки, который включает в себя измерение гидрогеологических параметров, проектирование и анализ скважин, а также расчет дебитов водоносных горизонтов. В-третьих, существует фаза эксплуатации или управления, которая должна включать рассмотрение оптимальных стратегий развития и оценку взаимодействия между эксплуатацией подземных вод и региональной гидрологической системой.

Методы оценки ресурсов подземных вод требуют понимания концепции добычи подземных вод [7]. Данная концепция, безусловно, уместна, поскольку одной из основных целей большинства исследований ресурсов подземных вод является определение максимально возможного водоотбора, совместимого с гидрогеологической средой, из которой будет браться вода. Эта потребность в совместимости означает, что ресурсы подземных вод следует рассматривать с точки зрения баланса между преимуществами добычи подземных вод и нежелательными изменениями, которые могут быть вызваны. Наиболее распространенным изменением, которое происходит в результате подземного водоотбора, является снижение уровня воды, поэтому в простейших случаях объем добычи подземных вод можно определить с точки зрения максимального водоотбора, который может быть разрешен при обеспечении того, чтобы падение уровня воды удерживается в допустимых пределах. Ресурсы подземных вод определяются как максимальный водоотбор, который может поддерживаться всей гидрогеологической системой бассейна, не вызывая неприемлемого снижения гидравлического напора в системе или неприемлемых изменений любого другого компонента гидрологического цикла в бассейне.

В последние годы широкое распространение получил термин *«ресурсный потенциал подземных вод»*. Так, ресурсный потенциал в России представляется как сумма прогнозных ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод [8].

Методика оценки прогнозных ресурсов подземных вод в Казахстане нацелена на получение возможного значения отбора подземных вод в гидрогеологических районах, речных бассейнах, административных областях и пр. Отношение величины эксплуатационных запасов подземных вод к величине прогнозных ресурсов определенной гидрогеологической структуры расценивается как степень ее разведанности [9]. Тем самым, ресурсный потенциал подземных вод характеризуется, с одной стороны, прогнозными

ресурсами как потенциальной возможностью использования подземных вод, а с другой – эксплуатационными запасами, разведанными на конкретных участках.

«Под прогнозными эксплуатационными ресурсами в настоящее время предлагается понимать возможный суммарный отбор подземных вод в пределах того или иного региона (района, территории) при заданных гидрогеологических, природоохранных и других ограничениях. Этот расход отражает потенциальные возможности использования подземных вод и подсчитывается по величине площадного или линейного модуля прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод либо применительно к существующей, проектируемой и (или) условной схеме размещения водозаборных сооружений, прежде всего в тех случаях, когда оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов выполняется гидродинамическим методом, в том числе моделированием» [9]. Тем самым, прогнозные ресурсы являются понятием геологическим, а эксплуатационные запасы – геолого-экономическим.

Краткий обзор гидрогеологической изученности территории исследований. Первые гидрогеологические исследования относятся ко второй половине XIX века и связаны с изысканиями под строительство железных дорог. Работы обычно проводились экспедициями геологического комитета и отделом земельных улучшений переселенческого управления. В процессе их реализации собирался фактический материал о литологическом составе и мощностях водовмещающих пород, степени их обводненности, а также о химическом составе подземных и поверхностных вод.

Целевые изыскания для выявления возможностей хозяйственного освоения долины р. Шу проведены в 1910-1913 гг., по результатам которых обосновано строительство Шуйского оросительного канала (В.А. Васильев). В монографии Д.А. Яковлева, 1941 «Голодная степь Казахстана» представлены результаты экспедиционного изучения гидрогеологических условий Шу-Балкаш-Илейского водораздела и песков Мойынкум.

В период Великой Отечественной войны гидрогеологические исследования были направлены на цели водоснабжения промышленных центров (А.А. Флеров – водоснабжения г. Тараз) и обводнения пастбищ (У.М. Ахмедсафин, И.Я. Давыдов). При исследовании песчаных массивов юга Казахстана установлена их повсеместная обводненность и предложена схема расчленения четвертичных отложений [10].

Среди гидрогеологических работ последующего периода важное значение приобретают гидрогеологические съемки различного масштаба Шу-Таласской впадины, которые сопровождались выполнением больших объемов буровых и опытных работ, что способствовало изучению водоносных пород и качества подземных вод. Начиная с 1958 года съемки проводятся в районах расположения крупных населенных пунктов и участках сельскохозяйственного освоения. Характерной особенностью работ являлось широкое применение геофизических методов, значительное увеличение глубины бурения скважин. Одновременно проводились детальные исследования, связанные с изысканием источников хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, оазисного

орошения. По результатам этих исследований подсчитаны и утверждены запасы подземных вод предгорного шлейфа левобережья Шуйской впадины, аллювиальных отложений южной части Талас-Ассинского междуречья, конусов выноса малых рек. Сводные результаты производственных гидрогеологических работ в пределах Южного Казахстана обобщены в XXXVI томе «Гидрогеология СССР» [11].

По мере накопления фактического гидрогеологического материала возникла необходимость научного анализа результатов исследований для установления региональных закономерностей формирования и накопления подземных вод, их распределения по площади и в вертикальном разрезе. Учеными Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР опубликован ряд монографий и региональных гидрогеологических карт. При гидрогеологическом районировании и региональной оценки ресурсов подземных Казахстана выделена предгорная равнина Киргизского Алатау [2]. При описании напорных вод Южного Казахстана охарактеризован артезианский бассейн предгорий Киргизского Алатау [12]. В последующем исследованы формирование и гидродинамика напорных вод Муюнкум-Бетпакалинского артезианского бассейна [13] и напорные воды Чу-Сарысуйской впадины [14]. В диссертациях М.Ш. Батабергеновой [15] и Б.А. Некрасова [16] исследованы вопросы накопления, транзита и разгрузки подземных вод четвертичных отложений предгорий, а также закономерности формирования эксплуатационных запасов подземных вод конусов выноса Киргизского Алатау. Результаты многолетних полевых и экспериментальных исследований подземных вод Чу-Сарысуйского артезианского бассейна изложены в монографии А.К. Джакелова [17]. На основе детального изучения условий формирования подземных вод оцениваются их ресурсы, перспективы использования для нужд населения и промышленности, орошения земель и обводнения пастбищ.

На территории исследований разведаны 8 крупных месторождений подземных вод, по которым утверждены эксплуатационные запасы [18]. Их характеристика приводится ниже в соответствующем разделе. В последние годы различными организациями проводятся поисково-разведочные работы с целью оценки запасов подземных вод для водоснабжения сельских населенных пунктов административных районов Жамбылской области.

В целом по Казахстану, результаты оценки ресурсов и запасов подземных вод, современное состояние их количественных и качественных показателей, состояние и перспективы их использования для устойчивого социально-экономического развития государства отражены в последних монографиях ученых Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина [9,19-21].

2 ОСНОВНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Территория исследования расположена в Жамбылской области площадью 144,3 тыс. км² (5,3% от территории страны). Границами являются 4 области Казахстана: на севере Карагандинская и Улытау, на западе Туркестанская, на востоке Алматинская области, а на юге и юго-востоке – Республика Кыргызстан (рисунок 1.1). В пределах области выделены 10 административных районов с населением около 1,14 млн. человек, из которых 60,1% составляет сельское население. При этом, область заселена крайне неравномерно, плотность населения на юге достигает до 100 чел. на км², в то же время в центральной (пески Мойынкум) и северной (плато Бетпакдала) частях области населенных пунктов практически нет.

Предгорья Киргизского Алатау площадью до 10,45 тыс. км² (7,2% от территории области) вытянуты субширотной полосой протяженностью более 200 км вдоль горных сооружений, от долины реки Шу на востоке до долины реки Талас на западе. С севера примыкают песчаные массивы Мойынкум. Ширина полосы предгорий колеблется в пределах 10-45 км. В административном отношении территория исследований пересекает 6 районов: Жамбылский, Байзакский, Турара Рыскулова, Меркенский, Шуйский и Кордайский. В пределах предгорий расположены областной центр – г. Тараз с населением 0,56 млн. чел., крупные районные центры, железнодорожные и автомобильные трассы. Ведущая отрасль экономики – сельское хозяйство (рисунок 2.1).

Водоснабжение городского и сельского населения осуществляется в основном за счет подземных вод. Орошаемое земледелие базируется на поверхностных водоисточниках. В последние годы наблюдается значительный дефицит поливной воды. Ресурсы подземных вод предгорий Киргизского Алатау представляются надежным источником для устойчивого развития хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения земель.

Формирование ресурсов подземных вод территории исследований определяется сложным взаимодействием природно-климатических и геолого-геоморфологических факторов. Особое значение играют литологический состав водовмещающих пород, интенсивность и глубина расчлененности рельефа, соотношения элементов водного баланса, взаимосвязь с поверхностными водами [11, 17, 19, 22].

2.1 Гидрометеорологические факторы

Гидрометеорологические факторы формирования подземных вод тесно связаны с климатическими и гидрологическими условиями территории исследований.

Климат

Климатические факторы оказывают важное влияние на формирования ресурсов подземных вод, определяя не только приходную часть водного баланса, но и расходные статьи. Климатические особенности предгорий

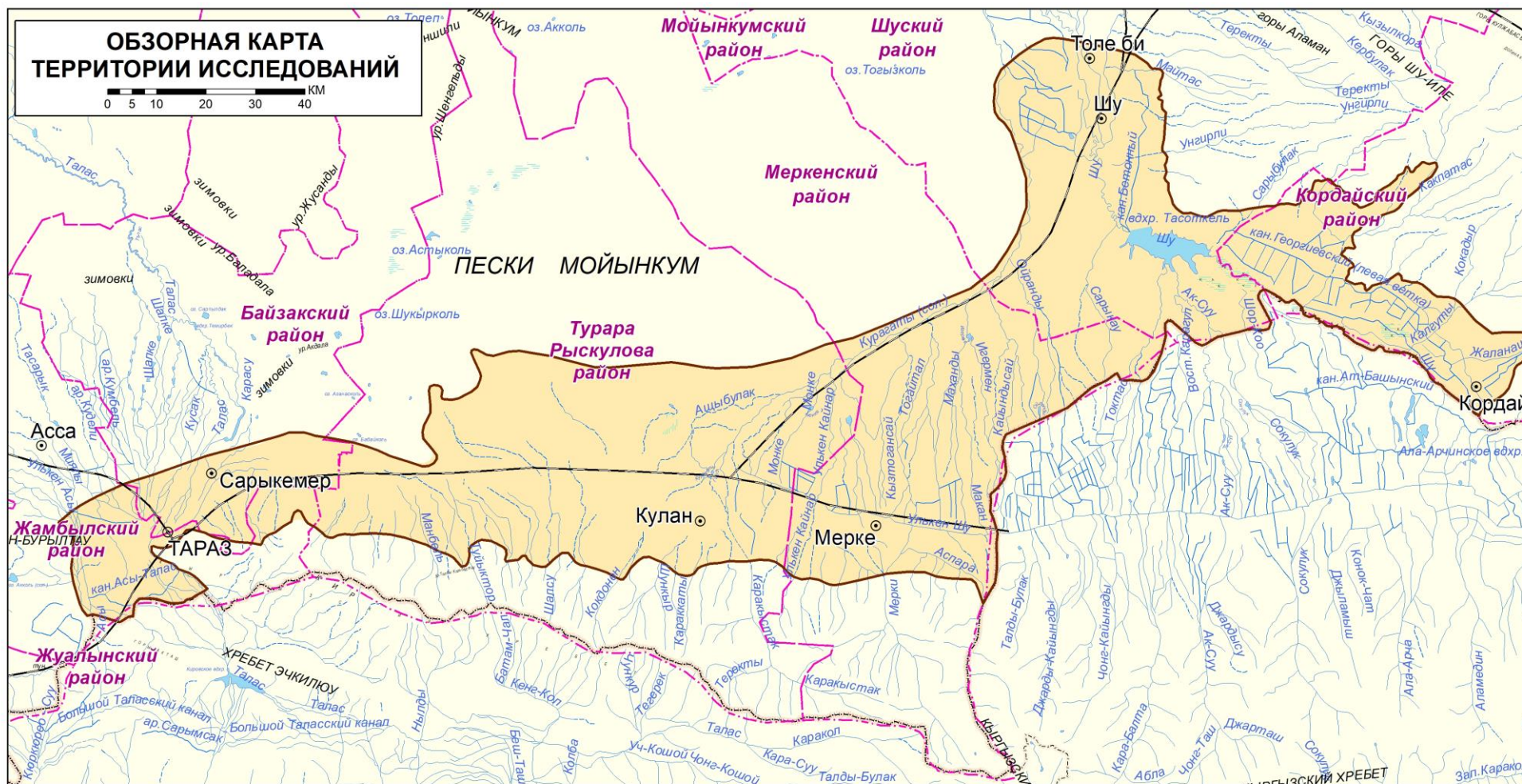


Рисунок 2.1 – Обзорная карта территории исследований

Киргизского Алатау определяются влиянием сухих жарких пустынь (песчаные массивы Мойынкум), которые примыкают с севера, и горных сооружений с юга. В региональном плане влияние также оказывают внутриматериковое положение и влияние арктических воздушных масс.

В целом, преобладает континентальный климат, от резко континентального пустынного (зона скудного увлажнения) до умеренно континентального (зона недостаточного увлажнения) ближе к горному хребту (рисунок 2.2). Он характеризуется высокой солнечной радиацией, резкими сезонными и суточными колебаниями температуры воздуха, жарким засушливым летом и холодной зимой, короткими переходными периодами от зимы к лету и от лета к зиме, сравнительно невысоким годовым, но весьма изменчивым количеством осадков.

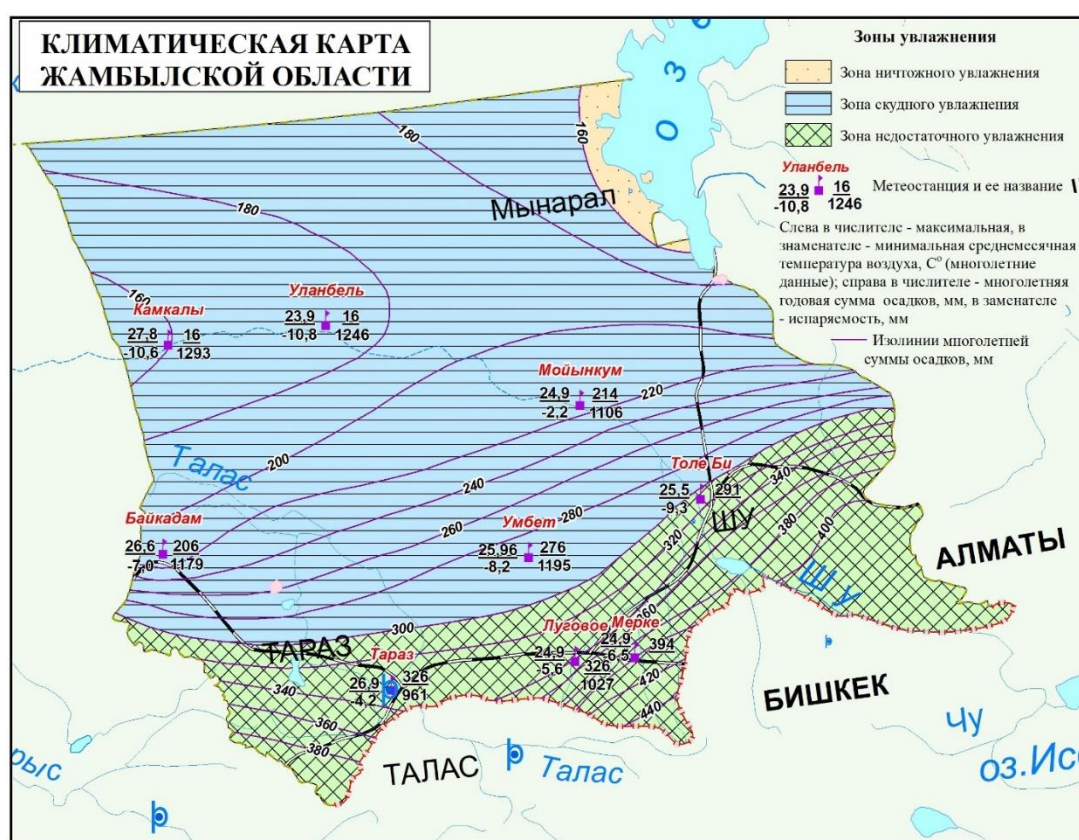


Рисунок 2.2 – Схематическая климатическая карта Жамбылской области

В основу характеристики климатических условий территории положены многолетние метеорологические наблюдения по метеостанциям Жамбыл (Тараз), Кулан (Луговое) и Мерке, которые непосредственно размещены в полосе предгорий [23-25].

Температура воздуха. Среднегодовая температура воздуха положительная и составляет 9,7-10,1°С. Годовой ход среднемесячных температур воздуха отражает четкое деление на холодный и теплый периоды года (таблица 2.1, рисунок 2.3).

Таблица 2.1 – Среднемноголетняя месячная и годовая температуры воздуха, °С

№№ пп	Период наблюдений	Месяцы												Средне- годовая
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
МС Мерке (Абс. отм. 690 м)														
1	1937-2000	-5,1	-3,6	3,1	11,5	16,8	21,7	24,7	22,8	17,3	10,0	2,1	-3,1	9,9
2	2001-2021	-4,7	-1,0	5,9	12,6	17,9	23,0	25,4	24,0	18,2	10,6	3,1	-2,7	11,0
3	1937-2021	-5,4	-3,3	3,7	12,0	17,0	21,8	24,7	23,1	17,6	10,2	2,5	-3,0	10,1
МС Кулан (Луговое) (Абс. отм. 682 м)														
1	1934-2000	-6,4	-4,3	2,7	11,1	16,6	21,7	24,6	22,8	16,7	9,2	1,0	-4,2	9,3
2	2001-2021	-4,5	-1,9	6,0	12,2	17,8	23,0	25,2	23,6	17,8	10,2	2,7	-3,3	10,7
3	1934-2021	-5,7	-3,4	3,7	11,4	16,9	21,9	24,7	22,9	16,9	9,5	1,1	-3,9	9,7
МС Жамбыл (Тараз) (Абс. отм. 650 м)														
1	1870-2000	-4,8	-3	3,3	11,4	17,1	21,9	24,2	22,1	16,4	9,5	2,2	-2,7	9,8
2	2001-2021	-3,1	-1,0	6,4	12,4	18,5	23,7	25,8	24,1	18,0	10,9	3,6	-2,0	11,4
3	1870-2021	-4,5	-2,8	3,8	11,6	17,4	22,1	24,2	22,2	16,6	9,7	2,5	-2,4	10,0

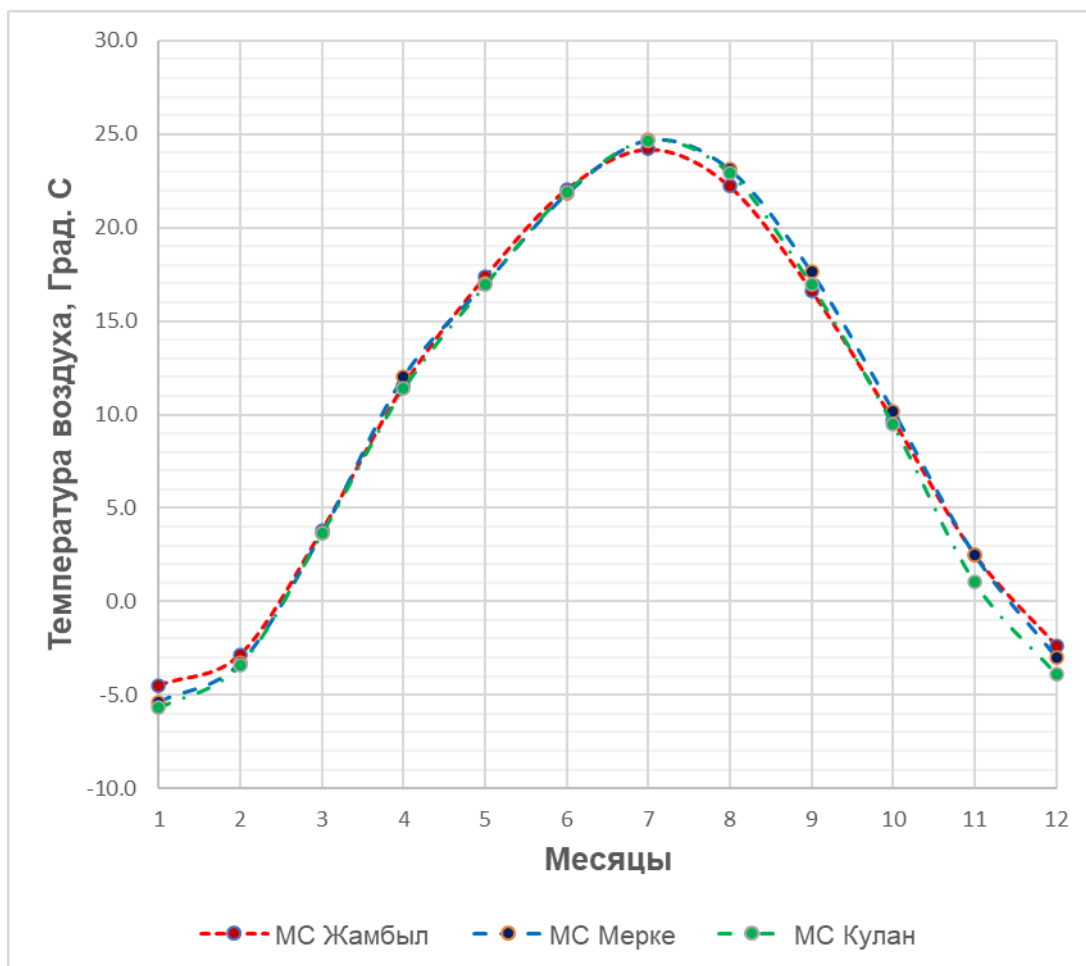


Рисунок 2.3 – Среднемноголетнее месячное распределение температуры воздуха по метеостанциям предгорий Киргизского Алатау

Отрицательные среднемесячные температуры воздуха отмечаются зимние месяцы. Самым холодным месяцем является январь, со среднемесячной температурой минус 4,5-5,7°С и абсолютным минимумом – минус 41°С. Для холодного периода характерными являются такие природные явления, как оттепели. Переход температуры от отрицательных значений к положительным происходит в первой декаде марта, а осенью переход температуры через 0°С отмечается в середине ноября. Средняя продолжительность холодного периода с температурой ниже 0°С составляет 88-98 дней.

Весна наступает быстро, особенно резко возрастает температура воздуха в марте-апреле. Самым жарким летним месяцем является июль со среднемесячной температурой 24,2-24,7°С с абсолютным максимумом 44-45°С. Похолодания отмечаются в октябре-ноябре.

В многолетнем периоде положительный тренд среднегодовых температур воздуха наблюдается с середины прошлого века (рисунок 2.4).

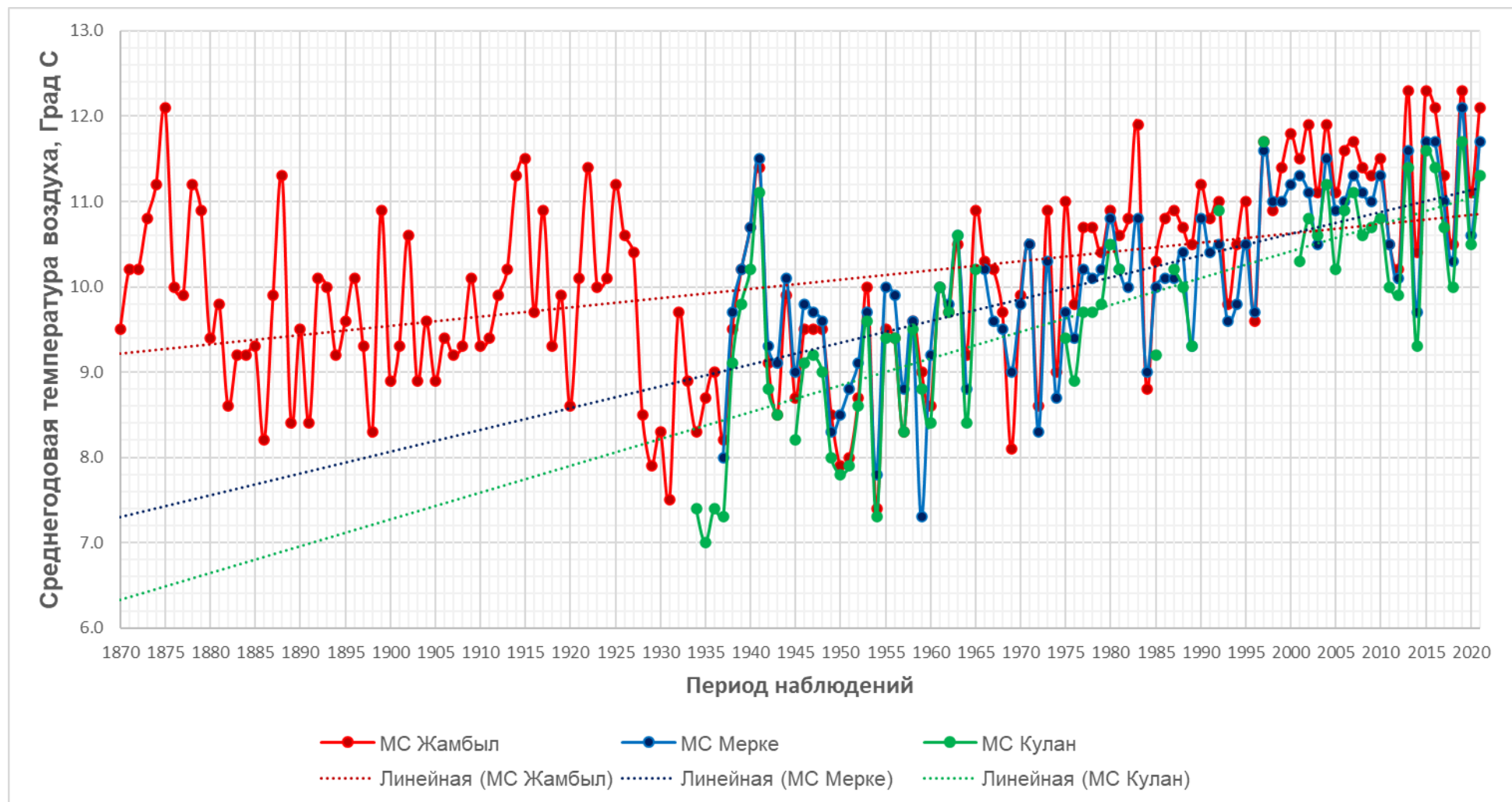


Рисунок 2.4 – Динамика изменений среднегодовых температур воздуха по метеостанциям предгорий Киргизского Алатау

Абсолютная влажность. Годовой ход абсолютной влажности совпадает с годовым ходом среднемесячных температур воздуха. Наибольшая абсолютная влажность наблюдается в теплый период года, достигая максимума в июне-июле – до 11,2 мб. В зимние месяцы абсолютная влажность имеет минимальные значения – до 2,8 мб. Средняя годовая величина достигает 7,9 мб.

Относительная влажность. Годовой ход относительной влажности противоположен абсолютной влажности, большие значения приурочены к зимним месяцам, а меньшие к летним. Колебания ее среднемесячных значений от 52-56% - летом и 80-84% в зимний период.

Дефицит влажности. Наибольшие значения дефицита влажности воздуха (13,9-21,3 гПа) отмечаются в летний период, наименьшие (0,9-1,7 гПа) - приходятся на зимние месяцы (рисунок 2.5). Средний годовой дефицит влажности воздуха 7,5-8,1 гПа.

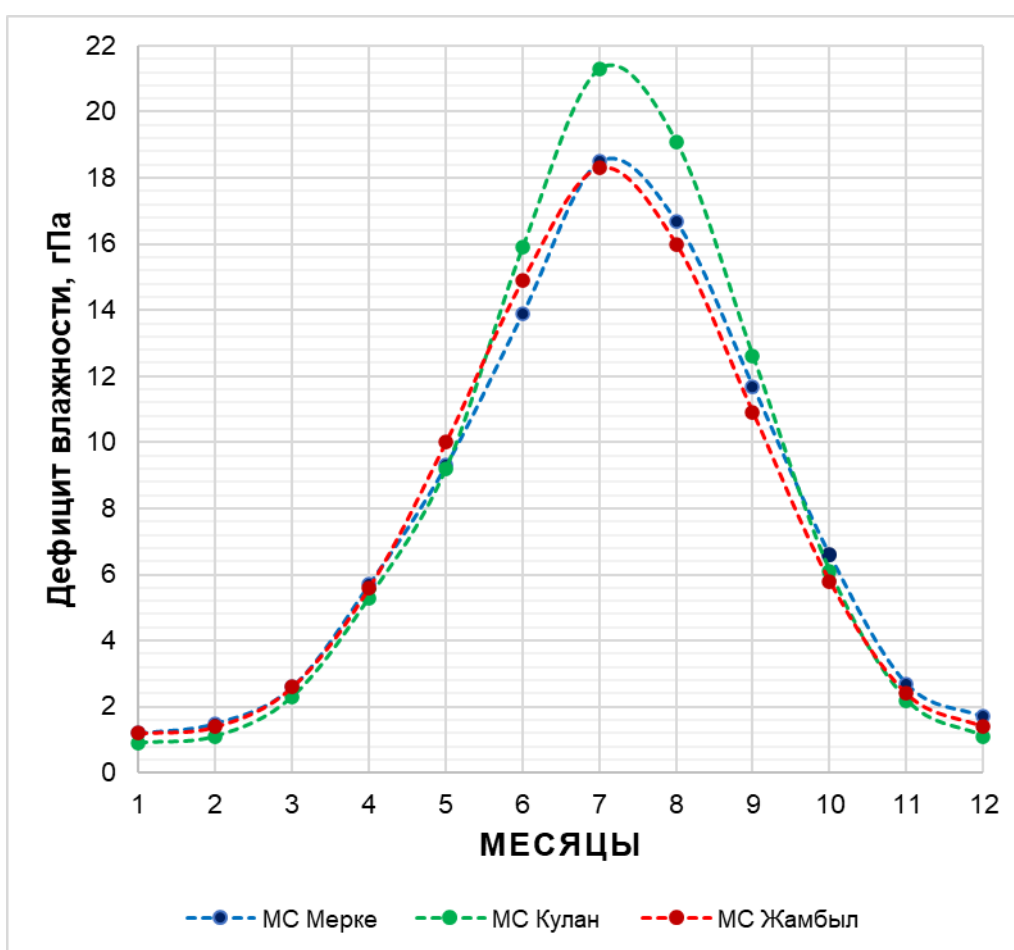


Рисунок 2.5 – Среднемноголетние месячные значения дефицита влажности по метеостанциям предгорий Киргизского Алатау

Испаряемость. Испаряемость (испарение с водной поверхности) на равнине при наличии сильных ветров и значительного дефицита влажности достигает до 1000 мм. Наибольшая ее величина приходится на июль, наименьшая – на ноябрь. Величина испарения с поверхности горной местности в зависимости от абсолютных отметок изменяется от 480-500 мм на высоте 2000-2500 м до 230-290 мм на высоте до 3300 м, а испарение с поверхности предгорной равнины составляет 630-790 мм, при среднем значении 570 мм [15-16].

Атмосферные осадки. В горах Киргизского Алатау среднемноголетнее годовое количество атмосферных осадков варьирует в пределах 600-800 мм. На предгорной равнине за многолетие годовое количество осадков изменяется от 129-240 мм до 555-610 мм, при средних значениях 327-397 мм (таблица 2.2, рисунок 2.6). Внутригодовое соотношение их неравномерное с преобладанием осадков теплого периода. В горной зоне максимум осадков приходится на май, а на высоте более 2000 м – на июнь-июль. На предгорной равнине доля среднемноголетних осадков теплого периода составляет 73-81%, максимумы отмечаются в марте-мае и октябре-ноябре (рисунок 2.7). Минимальное количество дождевых осадков наблюдается в июле-сентябре.

Особое значение имеют твердые осадки, которые мало расходуется на испарение. Устойчивый *снежный покров* в горах Киргизского Алатау отмечается в начале ноября и достигает толщины 35-40 см.

На предгорной равнине снежный покров устанавливается в первой половине декабря, его толщина 15-20 см.

Ветровой режим. Осложненный горными сооружениями рельеф территории обуславливают значительные различия в скорости и направлении ветра. Среднегодовая скорость ветра на рассматриваемой территории составляет 1,8-3,6 м/с на предгорной равнине, в горах – 2,5-6,5 м/с. В зимний период территория находится под влиянием сибирского антициклона. В период апрель-октябрь под влиянием отрога азиатского антициклона преобладают восточные и северо-восточные ветры, повторяемость которых составляет, соответственно, 20 – 40% и 15 – 30%. Средняя скорость ветра в зимний период 1,7- 6,2 м/с. Летом преобладание определённого румба выражено слабее, но несколько большую повторяемость имеют ветры северных направлений. Северный склон Киргизского Алатау находится под воздействием горно-долинной циркуляции.

Тем самым, описанные особенности климата территории исследований определяют условия питания подземных вод. Атмосферные осадки являются важным фактором, влияющим на режим и величину подземного стока.

Гидрологическая характеристика

Поверхностные водные объекты территории исследований принадлежат бассейну озера Арал и входят в состав Шуйского и Таласского трансграничных речных бассейнов [19, 26-30].

Таблица 2.2 – Среднемноголетнее месячное, сезонное и годовое количество осадков, мм

№№ пп	Период наблюдений	Месяцы												Год	Сезон	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		XII- II	III-XI
МС Мерке (Абс. отм. 690 м)																
1	1937-2000	24	30	52	66	56	36	17	12	14	39,0	38	27	411	81	330
2	2001-2022	21	26	49	67	35	21	13	14	12	35	35	24	352	71	281
3	1937-2022	23	28	54	67	50	34	15	13	14	37	36	26	397	77	321
МС Кулан (Луговое) (Абс. отм. 682 м)																
1	1955-2000	22	25	41	52	43	28	13	10	12	31	36	25	338	72	266
2	2001-2022	24	29	42	54	44	20	17	13	11	33	35	26	349	79	270
3	1955-2023	23	27	40	53	45	22	15	11	11	30	36	27	341	76	265
МС Жамбыл (Тараз) (Абс. отм. 650 м)																
1	1936-2000	25	27	41	48	38	23	12	6	9	30	37	30	326	82	244
2	2001-2022	29	33	49	48	37	24	13	10	8	31	32	33	347	95	251
3	1936-2022	26	29	42	47	38	22	12	7	8	28	36	32	327	87	240

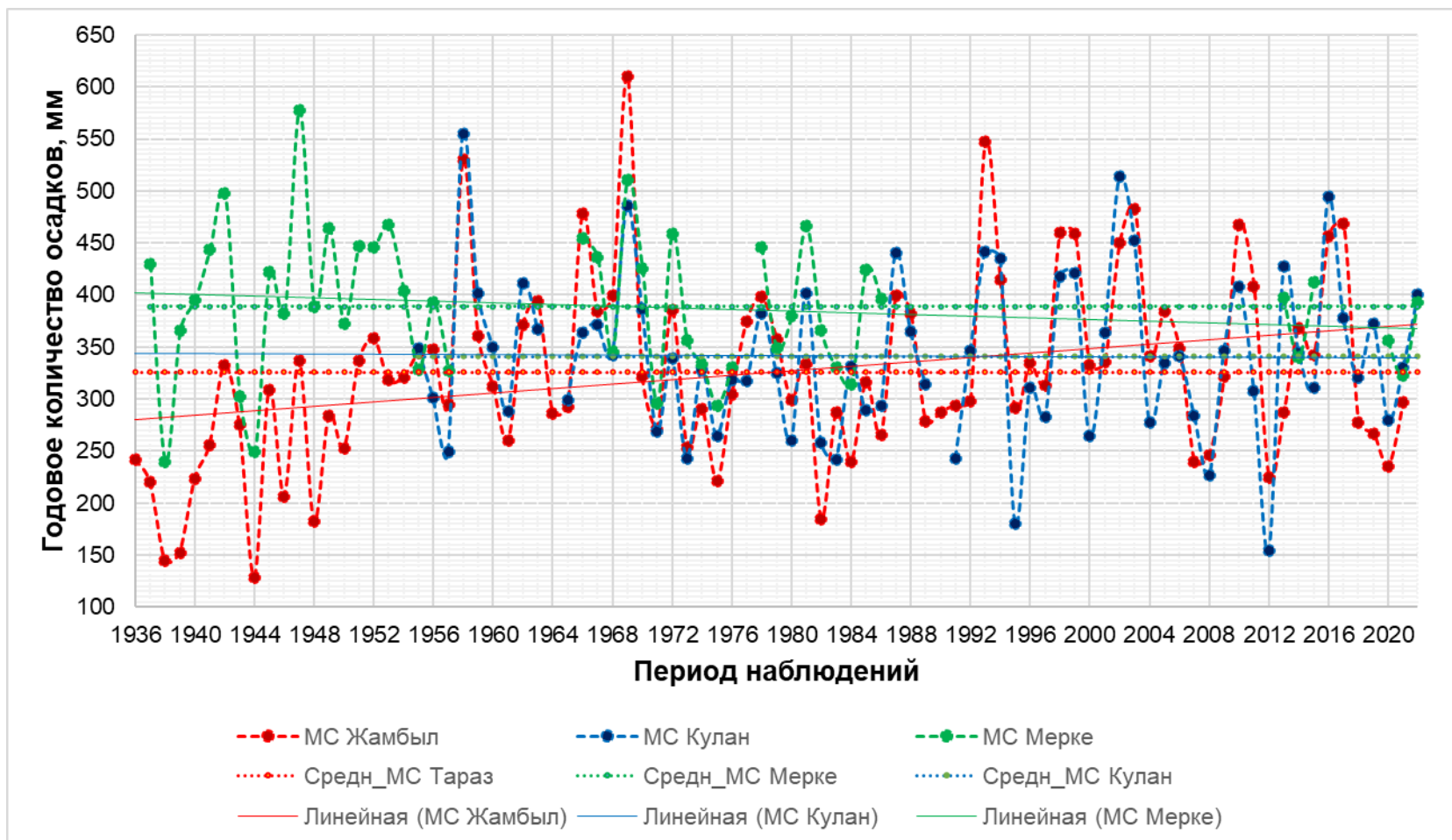


Рисунок 2.6 – Динамика изменений количества годовых осадков по метеостанциям предгорий Киргизского Алатау

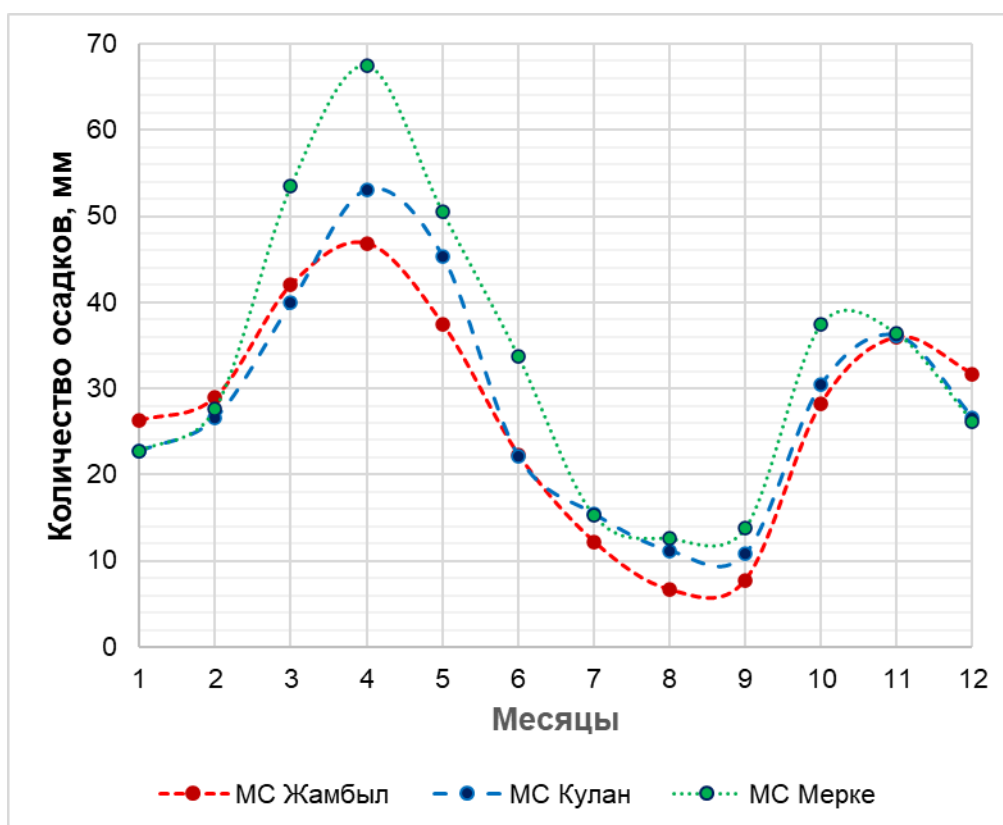


Рисунок 2.7 – Среднемноголетнее внутригодовое распределение атмосферных осадков по метеостанциям предгорий Киргизского Алатау

Гидрографическая сеть представлена реками Шу и Талас с их притоками, формирование стока которых происходит, главным образом, на территории Кыргызстана. С северных склонов Киргизского Алатау стекают малые реки, которые носят временный характер, и сток их разбираются на хозяйственно-бытовые цели. Отмечается также наличие малых рек типа «карасу», связанных с выклиниванием подземных вод на периферии конусов выноса, и возвратных вод оросительной сети (рисунок 2.8).

Река Шу, долина которой ограничивает территорию исследований с востока, является наиболее крупной водной артерией Жамбылской области. Она образуется в результате слияния горных рек Кочкор и Джуанарык на территории Кыргызстана и теряется в песках Мойынкум. Общая ее длина 1186 км, в том числе, примерно 850 км приходится на территорию Казахстана, а на протяжении 210 км река является границей между Казахстаном и Кыргызстаном. Площадь бассейна 144,79 тыс. км², в том числе на территории Казахстана – 122,4 тыс. км². Годовой сток – 6,64 км³, из них формируется в РК - 0,474 км³.

Бассейн р. Шу имеет густую и разветвленную гидрографическую сеть, включающую более 4-х тысяч водотоков суммарной длиной 22,9 тыс. км. Малые реки протяженностью до 10 км составляют 91% от всего количества рек в бассейне. В пределах Жамбылской области река представлена средним и нижним течением, принимает слева ряд притоков, стекающих с северных склонов Киргизского Алатау, последним из которых является р. Курагаты.

Ниже впадения этого притока река Шу уклоняется к западу, сильно замедляет свое течение, разделяется на рукава, протоки и образует обширные разливы.

В среднем течении ширина речной долины от 3-5 км до 10 км, уклон русла порядка 0,005, скорость течения до 1,0 м/с. Река, сильно меандрирует, образует довольно широкую пойму с древними руслами.

Шу принадлежит к типу рек со смешанным питанием и потому имеет два хорошо выраженных паводка: первый и наиболее высокий — весенний, приходится на март: второй менее высокий, но достаточно резко выраженный, бывает в ноябре. Весенний паводок создают интенсивное таяние зимних твердых осадков и дожди, волна его докатывается иногда до низовой реки.

Сток реки Шу зарегулирован в верхнем течении на территории Кыргызстана Орто-Токойским водохранилищем емкостью 420 млн. м³, в среднем течении в Жамбылской области Тасоткольским водохранилищем ирригационного типа емкостью 620 млн. м³.

Среднегодовой сток реки Шу, поступающий в Казахстан, составляет 2,409 млн. м³. Притоки на территории Казахстана вносят вклад река Шу в размере 381 млн. м³. Значительная часть годового стока реки (до 60%) используется на орошение, что составляет примерно до 2,0 км³ в год. Наиболее крупный Георгиевский оросительный канал, который состоит из левобережного и правобережного каналов, берущих начало от Тасоткельской плотины.

Река Курагаты является наиболее крупным левым притоком реки Шу в пределах территории исследований. Длина ее 184 км, а площадь водосбора до 8760 км². Средний годовой расход реки 5,07 м³/с, достигая в паводок 27,1 м³/с, снижаясь в межень до 0,87 м³/с. Половодье на реке происходит в период с начала апреля до середины мая.

По территории южной предгорной части междуречья Шу-Курагаты проходит Большой Чуйский канал, общей протяженностью 120 км. Ширина его в районе с. Мерке 8-10 м, глубина до 2 м. Расход воды – 3-3,5 м³/с.

Реки северного склона Киргизского Алатау по питанию разделяются на три группы: а) реки горного типа со снежно-ледниковым, дождевым и родниковым питанием (рр. Мерке, Аспара и др. правые притоки р. Курагаты); б) реки горного типа со снежным, дождевым и родниковым питанием (рр. Каракистак, Шунгур, Каракат и др., которые впадают в притоки реки Шу, разбираются в зоне предгорий на орошение или теряются на фильтрацию в рыхлообломочные отложения); в) реки равнинного типа, имеющие родниковое питание и берущие начало на участках выклинивания подземных вод (реки типа «карасу» – Чалдовар, Махан и др.).

Сток горных рек происходит, в основном, в период весеннего снеготаяния; в летний же период их воды почти полностью теряются в пределах предгорной равнины. Постоянный поверхностный сток наблюдается лишь в горной части. По многолетним данным суммарный паводковый расход составляет 61,73 м³/с, а среднегодовой – 14,5 м³/с.

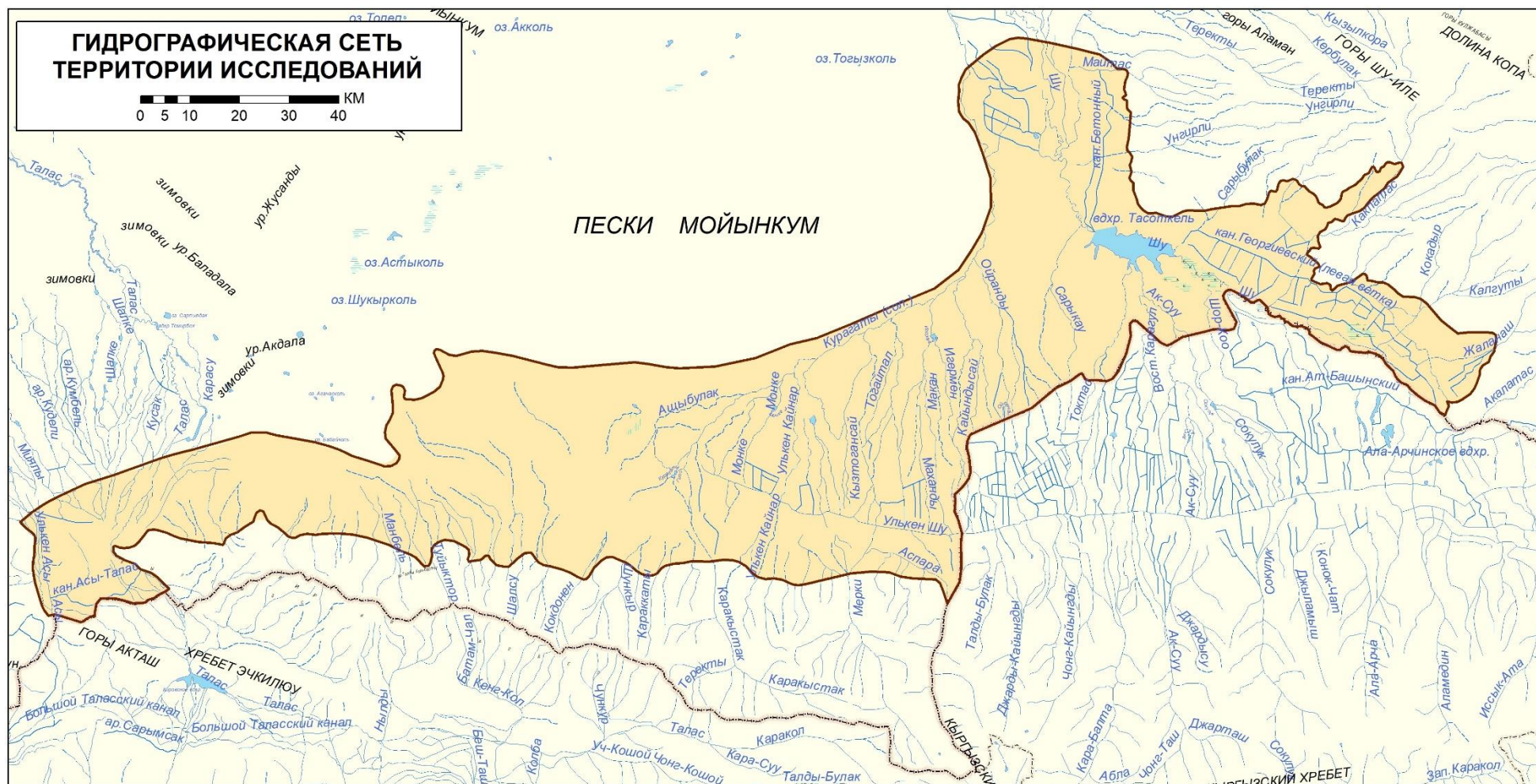


Рисунок 2.8 – Гидрографическая сеть территории исследований

Реки равнинного типа «карасу» в истоках формируются за счет родников. Большинство из них слабо проточные, заросшие камышом, долины узкие и слабовыраженные, часто напоминающие заброшенные арыки. Расходы воды сотые-десятые доли л/с. Наиболее интенсивное выклинивание происходит в восточной части предгорной равнины, с удалением на запад источники встречаются все реже и реже, дебит родников снижается. Суммарная среднегодовая величина стока оценивается в 1,6 м³/с. В настоящее время, равнинные реки зарегулированы, перенаправлены в низовые русла для отвода воды.

Река Талас, долина которой ограничивает территорию исследований с запада, является второй по величине водной артерией Жамбылской области и течет в северном направлении. Она берет начало в Республике Кыргызстан при слиянии рек Каракол и Учкошой и теряется в песках Мойынкум. Длина реки 661 км, из которых 444 км приходится на территорию Казахстана. Площадь водосбора – 52,7 тыс. км², 78% из которой приходится на казахстанскую территорию (41,27 тыс. км²). Годовой сток 1616 млн. м³, из них формируется в РК – 92 млн. м³. Река у г. Тараз выходит на плоскую аккумулятивную равнину Талас-Ассинского междуречья.

Основное питание река Талас получает в своих верховьях за счет таяния снежников и ледников (около 80% стока реки формируется в Кыргызстане). Резко выделяется один паводок в июле, в осенне-зимний период сток реки незначительно увеличивается, что вызывается, по-видимому, осенними дождями.

Современный гидрологический режим стока реки Талас формируется под влиянием Кировского водохранилища на территории Кыргызстана. Полезный объем водохранилища 550 млн. м³, пропускная способность – 390 м³/с.

Распределение годового стока в среднем по водности году по бассейнам рек выглядит так:

- Бассейн реки Шу: суммарный сток – 2790 млн. м³, сток поступающий из территории Кыргызской Республики – 2316 млн. м³, сток формирующийся в пределах области – 474 млн. м³;

- Бассейн реки Талас: суммарный сток – 808 млн. м³, сток, поступающий из территории Кыргызской Республики – 716 млн. м³, сток, формирующийся в пределах области - 92 млн. м³.

Из вышеприведенных данных видно, что область, получающая около 75 % поверхностных водных ресурсов из территории сопредельного государства, на основании Положений о делении стоков рек, фактически находится в условиях лимитированного водопользования.

Водные ресурсы Жамбылской области формируются за счет поверхностного стока рек Шу, Талас и Аса. Общие располагаемые ресурсы составляют 4,106 млрд. м³, при этом 3,1 млрд. м³ стока формируется в Кыргызстане, из которых в средний по водности год возможно использовать 3,08 млрд. м³, в маловодный до 2,2 млрд. м³.

Значительная часть водных ресурсов в бассейне рек Шу-Талас используется для ирригации, поэтому Жамбылская область в период вегетации

полностью зависит от соблюдения Кыргызской стороной условий Положения о делении стоков трансграничных рек Шу и Талас, утвержденных Минводхозом СССР от 1983 года и Временного Положения о водodelении Куркуреу-су и Аспара от 1948 года.

Водные ресурсы этих рек делятся в процентном соотношении: река Талас – 50% на 50%, а водные ресурсы реки Шу 42% - Республика Казахстан, а 58% - Кыргызская Республика.

Вопросы качества поверхностных вод и их взаимосвязь с подземными водами рассмотрены в последующих разделах диссертации.

2.2 Геоморфологические факторы

Орографические особенности Жамбылской области и закономерности размещения современных морфологических типов рельефа обусловлены ходом геологического развития и составом горных пород, слагающих те или иные формы рельефа [11,14,17]. По геоморфологическому строению выделяются несколько типов рельефа (рисунок 2.9)

В пределах территории исследований выделяются две резко обособленные формы рельефа – горные сооружения Киргизского Алатау и предгорная равнина (рисунок 2.10).

Киргизский Алатау относится к горным хребтам Северного Тянь-Шаня с абсолютными отметками до 4488 м. Северный склон горного хребта сильно расчленен глубокими логами и долинами горных рек, глубина вреза которых колеблется от 100 до 600-660 м в высокогорной части.

Предгорная наклонная равнина простирается вдоль подножия северного склона Киргизского Алатау, поверхность ее изрезана неглубокими саями с пологими склонами, придающие равнине волнистый характер. Абсолютные отметки поверхности равнины уменьшается с юга на север от 800 до 600 м.

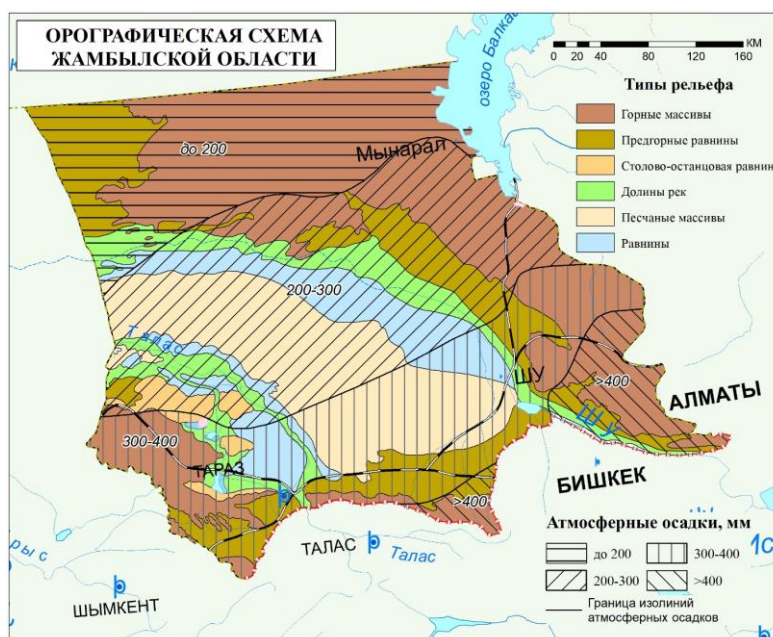


Рисунок 2.9 – Орографическая схема Жамбылской области

Горный комплекс характеризуется преобладанием эрозионного рельефа, для которого выделяется три подтипа: высокогорный, среднегорный и низкогорный. Формирование данного типа рельефа прошло поэтапно: эрозионное расчленение растущих гор до среднечетвертичного времени, в которое произошло заложение крупных речных долин, формирующих современную гидрографическую сеть; в верхнечетвертичное время, в период отступления ледников, продолжается рост гор, который сопровождался интенсивным эрозийным врезанием.

Высокогорный эрозионный рельеф окаймляет область развития гляциального рельефа и находится гипсометрически ниже последнего, на абсолютных отметках 2400-3000 м. Отличается крупными узкими грядами-водоразделами меридионального направления с относительными превышениями над днищами долин от 600 до 800 м. Водоразделы речных долин в виде ущелий и каньонов имеют остро верхние гребни и крутые обрывистые склоны.

Среднегорный эрозионный рельеф занимает более низкую гипсометрическую ступень – от 1400 до 2400 м. Основной характерной чертой этого рельефа является наличие густой эрозионной сети, остроконечных водоразделов с крутыми обрывистыми склонами. В речных долинах, имеющих меридиональное направление стока, местами прослеживаются останцы первой и второй надпойменных эрозионных террас. Уклон русел составляет более 200 м на 1 км длины русла, нередко встречаются водопады, а притоки имеют висячие долины, что говорит о процессах омолаживания рельефа.

Низкогорный эрозионный рельеф характеризуется абсолютными высотами от 1000 до 1400 м. Характер рельефа изменяется в зависимости от состава пород и типа структур, на которых он развит, а также от экспозиции склонов. Для склонов, сложенных допалеозойскими осадочно-терригенными породами, характерен рельеф с острыми водоразделами и крутыми склонами узких и коротких долин. Рельеф с плавными очертаниями характерен для карбоновых и ордовикских отложений. Водоразделы представляют собой слабоволнистые уплощенные поверхности, постепенно переходящие в пологие склоны. Долины хорошо разработаны, имеют симметричный профиль и широкие (особенно в нижнем течении) днища с развитой поймой, местами с фрагментами террас.

Для *предгорного комплекса* характерно преобладание аккумулятивного равнинного типа рельефа. Проллювиальный рельеф подразделяется на предгорный шлейф (крутонаклонная равнина) и пологонаклонную проллювиальную равнину.

Предгорный шлейф образован слившимися конусами выноса многочисленных горных речек, стекающих с северных склонов Киргизского Алатау. Часто они расчленены густой сетью логов и промоин. Конусы выноса в неодинаковой мере затронуты эрозионными процессами и имеют различный морфологический облик и возраст. Среднечетвертичный шлейф сохранился в виде серии останцев, в цоколе крутых бортов которых местами наблюдаются коренные выходы более древних пород. В среднечетвертичные конусы выноса

– более молодые верхнечетвертичные конусы, имеющие почти нерасчлененную поверхность, вложены в среднечетвертичные образования. Уклоны поверхности варьируются в пределах 0,01-0,05. Вблизи горных склонов материал конусов выноса более грубый, чем в периферийных частях, где преимущественно развиты супеси и суглинки. Современные конусы выноса имеют слабое развитие, малые мощности и в рельефе врезаются в более древние конусы.

Аллювиальный рельеф развит между предгорным шлейфом и песчаным массивом Мойынкум. Равнина здесь сложена лессовидными суглинками и характеризуется спокойным рельефом, расчлененным редкими логами и долинами речек типа «карасу». Абсолютные отметки составляют 600-700 м, уклоны поверхности незначительные и изменяются в пределах 0,001-0,005. Также, аллювиальный рельеф пользуется ограниченным распространением и развит вдоль русел современной гидрографической сети.

Влияние геоморфологических факторов на формирование подземных вод территории, связанных с распространением зон питания, транзита и разгрузки подземных вод рассмотрены ниже.

2.3 Геолого-структурные факторы

Гидрогеологические условия территории исследований в значительной мере определяются структурно-тектоническими особенностями и литолого-стратиграфическими комплексами горных пород. В тектоническом отношении территория относится к Северо-Тяньшанской каледонской складчатой зоне и сложена двумя крупными структурами. В южной части расположен Киргизский хребет, представляющий собой крупное сводово-блоковое поднятие альпийского возраста. Предгорная равнина, приуроченная к южной, юго-восточной краевой части крупной Шу-Сарысуйской впадины, выполненной мощной толщей рыхлых мезо-кайнозойских отложений, которые перекрывают более древние породы скального фундамента [11,17,19].

Фундамент впадины характеризуется разновозрастным блоковым строением, выделяются опущенные и приподнятые блоки. Территория исследований занимает южные, краевые части Мойнкумской впадины, фундамент которой залегает на абсолютных отметках от -1500 м до -4000 м и представлен комплексами вулканогенно-осадочных пород нижнего палеозоя, и Таласского выступа, фундамент которого характеризуются комплексами метаморфических пород протерозоя и залегает на абсолютных отметках от -1500 м до -3000 м.

В геологическом строении территория исследований сложена разнообразными по генезису, возрасту и составу комплексами магматических, метаморфических и осадочных образований.

Образования протерозоя имеют широкое распространение в западной части Киргизского Алатау и входят в состав скальных пород фундамента. Они интенсивно дислоцированы, метаморфизованы и прорваны интрузиями.

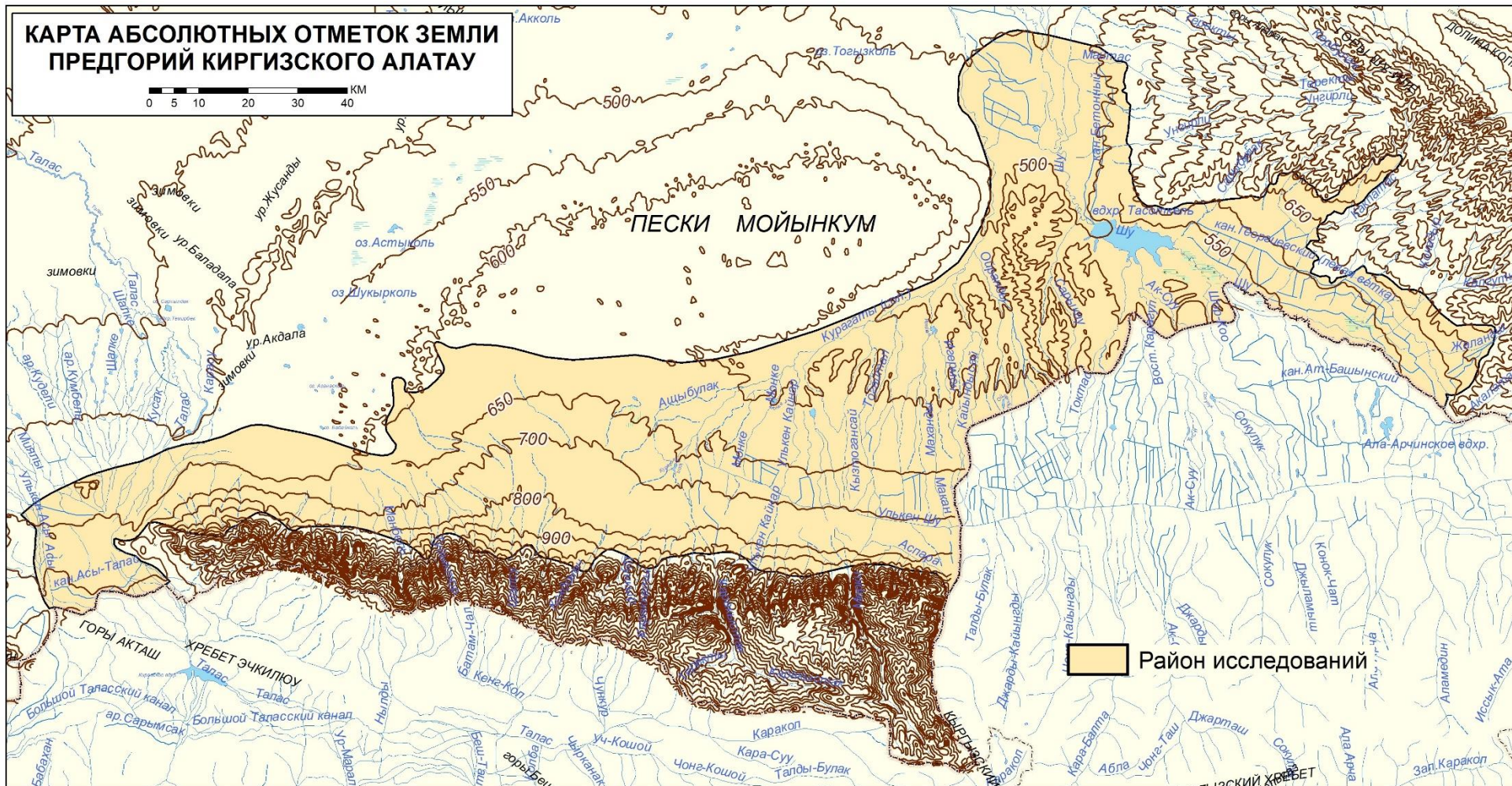


Рисунок 2.10 – Карта абсолютных отметок территории исследований

Нижнепротерозойские образования наиболее хорошо изучены в пределах Киргизского Алатау, где выделены в макбальский комплекс, расчлененный на три свиты: макбальскую, нельдинскую и каиндинскую, связанные постепенными переходами и представляющие непрерывный разрез. Макбальская свита сложена сланцами, кварцитами, мраморами и амфиболитами общей мощностью 2000 м и более. Нельдинская свита мощностью 1500-2000 м, представлена сланцами и мраморами с линзовидными пластами амфиболитов и гнейсов. Каиндинская свита сложена мраморами и сланцами мощностью до 2000 м.

Верхнепротерозойские образования развиты в западной и восточной частях Киргизского Алатау и залегают на нижележащих породах с размывом и резким угловым несогласием. В основании развиты мраморизованные известняки мощностью до 500 м. Выше залегают толща филлитов и сланцев с прослоями мраморизованных известняков, песчаников, эффузивов среднего состава и их туфов, общей мощностью 1600-2000 м. Верхняя часть разреза сложена слоистыми известняками с подчиненными прослоями сланцев и песчаников мощностью до 2000 м.

Нижнепалеозойские породы представлены образованиями **ордовикской системы**, которые обнажаются в пределах Киргизского Алатау и входят в состав пород скального фундамента впадины.

Нижний отдел сложен переслаиванием полимиктовых и известковистых песчаников, алевролитов, аргиллитов, глинистых сланцев и известняков, общей мощностью до 1100 м.

Нижне-средний отдел, мощностью до 2500 м, представлен глинистыми сланцами, полимиктовыми песчаниками, амфиболитами и валунно-галечными конгломератами в нижней части разреза.

В разрезе **среднего отдела** выделяются две свиты. В основании нижней свиты залегают базальные конгломераты, переходящие вверх по разрезу в грубозернистые песчаники, выше которых залегают пачки красноцветных песчаников и алевролитов с линзами известняков и туфов в верхней части разреза. Мощность нижней свиты достигает 1800-2300 м. Нижняя часть разреза верхней свиты сложена полимиктовыми песчаниками с прослоями туфогенных песчаников и туфов, переходящими в переслаивание песчаников, красноцветных алевролитов с линзами конгломератов и известняков. Мощность верхней свиты до 2580-2680 м.

Верхний отдел, мощностью до 1900 м, характеризуются резкой фациальной невыдержанностью и представлен массивными порфиритами и вулканическими брекчиями с прослойками порфиритов.

Палеозойские породы **среднего-верхнего девона** и **карбона** с глубоким стратиграфическим перерывом залегают на более древних образованиях, обнажаясь на поверхности в пределах Киргизского Алатау и образуя квазиплатформенный структурный ярус Шу-Сарысуйской впадины.

Девонская система представлена средним и верхним отделами. Образования **среднего отдела** сложены эффузивно-пирокластическими породами (розовые туфы и порфиры), разбитыми на отдельные блоки,

мощностью до 400 м. *Средний-верхний отделы* представлены полимиктовыми и туфогенными песчаниками, известковистыми алевролитами и аргиллитами с маломощными линзами известняков и конгломератов в основании. Мощность отложений до 400 м.

Карбоновая система включает отложения нижнего и среднего отделов. Образования *турнейского яруса* с размывом и угловым несогласием залегают на девонских и ордовикских породах и представлены красноцветными терригенными осадками. В разрезе *нерасчлененного визе-намюрского яруса* преобладают красноцветные песчаники, алевролиты с прослоями зеленых песчаников, сланцев, аргиллитов и гравелитов, суммарной мощностью от 30-50 м до 200-800 м. *Намюрский ярус* представлен известняками с прослоями мелкозернистых песчаников и алевролитов, мощностью 100-300 м.

Породы *среднего отдела* обнажаются на северных склонах Киргизского Алатау. В основании разреза залегают красноцветные алевролиты, песчаники, переходящие в гравелиты с прослоями конгломератов, доломитистых известняков и пестро-окрашенных кремнистых образований. Мощность образований до 400-600 м.

Интрузивные образования, чаще позднеордовикского возраста, образуют крупные массивы, вытянутые в северо-западном направлении, и представлены среднезернистыми или крупнозернистыми гранитами и гранодиоритами.

Кайнозойские рыхлые осадочные отложения на предгорной равнине перекрывают более древние скальные породы. Выделяются образования олигоценового, неогенового и четвертичного возрастов.

Осадки *верхнего олигоцена-миоцена* залегают в основании разреза кайнозойских образований и перекрывают породы нижнего и среднего девона. Представлены красноцветными слабосцементированными конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевролитами и глинами мощностью до 400 м.

Неогеновые отложения пользуются значительным развитием, слагая предгорные зоны и междуречные участки, и перекрывая скальные породы карбонового и ордовикского возраста.

Миоценовые осадки, мощностью 300-400 м, вскрываются на глубине до 700 м и представлены красноцветными аргиллитоподобными глинами, алевролитами с прослоями песчаников мощностью 5-8 м.

Плиоценовые образования, мощностью до 700 м, обнажаются в предгорьях Киргизского Алатау и вскрываются на глубине 300-390 м. В нижней части разреза представлены плотными песчанистыми глинами с включением мелкой гальки, алевролитами с включением зерен кальцита, прослоями и линзами песчаников на известковисто-глинистом цементе. У подножья Киргизского Алатау разрез плиоцена представлен серыми гравийно-галечниковыми конгломератами и гравийными песчаниками на известково-песчанистом цементе, переслаивающимися с конгломератами, гравелитами и суглинками. Отложения плиоцена с размывом перекрываются более молодыми четвертичными отложениями и связаны с ними постепенным переходом, что затрудняет установление четкой возрастной границы между ними.

Четвертичные осадки континентального происхождения выполняют предгорную равнину вдоль северного подножья Киргизского Алатау.

Нижнечетвертичные образования делятся на пролювиальные и аллювиально-пролювиальные. Пролувиальные отложения, мощностью 15-150 м, представлены однородными лессовидными суглинками и лессами, в основании которых залегают конгломераты. Аллювиально-пролювиальные осадки сложены валунно- и гравийно-галечниками, лессовидными суглинками с линзами галечников, гравелитов и песков, общая мощностью до 210 м.

Среднечетвертичные отложения представлены двумя генетическими комплексами. Пролувиальные образования, мощностью до 250 м, слагают шлейф конусов выноса, состоящих из валунно- и гравийно-галечников с песчаным заполнителем. По мере удаления от гор количество крупнообломочной фракции уменьшается. Аллювиальные образования слагают надпойменные террасы рек в зоне предгорий и представлены лессовидными суглинками и лессами, песками галечниками и гравийно-галечниками, мощность которых достигает 60-175 м.

Средне-верхнечетвертичные отложения по генезису подразделяются на несколько комплексов. Флювиогляциальные образования развиты в водораздельной части Киргизского Алатау, выполняя троговые участки долин и днища каров, и представлены грубообломочным материалом мощностью до 10 м. Аллювиально-пролювиальные отложения окаймляют горные сооружения, слагая шлейф конусов выноса и представлены двумя литологическими типами пород. Первый тип – валунно-галечники и гравийно-галечники с песчаным заполнителем, второй тип – переслаивание галечников и суглинков. Вскрытая мощность валунно-галечников составляет 370 м. По мере удаления от предгорий наблюдается чередование слоев глин, суглинков, супесей, песков и гравия. Мощность пролювиальных отложений колеблется от 320 до 500 м. Аллювиальные отложения слагают надпойменные террасы рек в зоне предгорий и представлены галечниками, песками, суглинками, мощность которых достигает 10-30 м.

Верхнечетвертичные образования подразделяются на аллювиально-пролювиальные и аллювиальные. Аллювиально-пролювиальные осадки распространены у северного подножья Киргизского Алатау, слагая предгорную равнину и мелкие конуса выноса в зонах предгорий. Они представлены преимущественно суглинками, супесями с щебнем и галькой, валунно-галечниками с супесчаным заполнителем, мощностью 50-60 м. Аллювиальные осадки, мощностью 40-80 м, слагают вторые надпойменные террасы рек Талас, Шу и др., и представлены валунно-галечниками, галечниками, перекрытыми с поверхности лессовидными суглинками, песками и глинами.

Современные аллювиальные отложения слагают пойму и первые надпойменные террасы рек и представлены валунно-галечниками с песчаным заполнителем в верховьях рек и песчано-суглинистыми образованиями в низовьях, мощность которых изменяется в пределах 3-15 м.

В геологической истории территории исследований выделяются три этапа: геосинклинальный продолжавшийся от нижнего протерозоя до верхнего ордовика, геоантиклинальный продолжавшийся от силура до неогена и установившийся с плиоцена заключительный этап неотектонических подвижек, обновивших горные сооружения.

В период геосинклинального этапа формируется мощный комплекс осадочных и вулканических пород протерозоя, кембрия и ордовика. Первые тектонические движения установлены в конце верхнего протерозоя, в результате которых породы протерозоя смяты в складки. В этот период произошло обособление Киргизского Алатау, для которого первая половина верхнего протерозоя характеризуется интенсивным проявлением вулканической деятельности.

Во второй половине верхнего протерозоя вулканическая деятельность постепенно затухает, уступая место нормальному морскому режиму, продолжавшемуся на протяжении всего нижнего кембрия. Нижнекембрийские тектонические движения вызвали продолжительный перерыв в осадконакоплении и сопровождались внедрением интрузий. В конце кембрия и в начале ордовика тектонические движения проявлялись относительно слабо.

Наиболее мощная фаза тектонических движений происходила в конце среднего ордовика. В результате ее кембрийские и нижнепалеозойские породы подверглись интенсивному смятию. Она завершила геосинклинальный режим, окончательно оформив складчатые структуры и превратив затем всю территорию в область денудированной суши. В начале верхнего ордовика территория испытывает общее погружение. Одновременно происходит интенсивное оживление крупных разломов и проявление эффузивного вулканизма.

С завершением каледонской складчатости связаны мощные интрузии гранитоидов. Установившийся после этого геосинклинальный режим продолжается до конца палеозоя. В течение силура и девона происходит пенепленизация территории, а в нижнем карбоне – опускание и трансгрессия моря с максимумом в намуре. Во второй половине среднего карбона происходит незначительное поднятие морского дна, что привело к континентальному режиму, продолжавшемуся почти до конца неогена в условиях относительного тектонического покоя. Осадконакопление вновь возобновляется лишь в олигоцен-миоцене и идет одновременно с очень медленным воздыманием горных возвышенностей.

В неоген-четвертичный период дифференциация и направленность тектонических движений возросли, возникла геоантиклинальная зона активизировавшейся эпигерцинской платформы – система Тяньшанских хребтов. Движения развивались скачкообразно, отчетливо выделяется несколько тектонических фаз, фиксируемых несогласным залеганием, перерывами в осадконакоплении, появлением грубообломочного материала эрозионными врезами и вложением более молодых осадков в более древние.

Во второй половине миоцена и в плиоцене тектонические движения резко активизировались, интенсивно формировались горные хребты, углублялись

межгорные впадины, где накапливались мощные осадочные толщи. В начале неогена на месте хребтов Северного Тянь-Шаня простирались плосковершинные возвышенности слабо расчленённой эрозией, приподнятого древнего пенеплена с отметками высот до 600-700 м.

Рельеф стал более контрастным в конце плиоцена – северные цепи Тянь-Шаня достигли высоты 2000-2500 м. Сводово-глыбовые поднятия сопровождалось смятием в складки рыхлого кайнозойского чехла, заполнявшего межгорные и предгорные впадины. Интенсивный рост гор в конце плиоцена сказался на циркуляции воздушных масс, количестве атмосферных осадков и изменениях температуры воздуха. В конце позднего плиоцена горные массивы покрылись снегом и льдами.

В раннечетвертичное время горные хребты Северного Тянь-Шаня достигли высот до 2500-2800 м. Это способствовало развитию ледниковых процессов. От контура ледникового покрова стекали многочисленные водные потоки, давшие массу грубообломочного материала, отложившегося в межгорных котловинах и у подножий горных сооружений. Во второй половине раннечетвертичного времени климат стал более суровым и аридным, замедлились процессы аккумуляции, валунно-галечниковые и песчаные отложения покрылись лессовидными суглинками.

Обновление тектонических движений произошло на границе среднечетвертичного времени, что привело к перестройке речной сети. Вновь усилились ледниковые процессы в горных областях, резко увеличилась водно-эрозионная деятельность с образованием грубообломочного материала. Во вторую половину среднечетвертичного времени вновь возросла аридность климата, снизилась сила потоков и повсеместно аккумуляция грубообломочного материала сменилась накоплением лессовидных суглинков и супесей.

Значительные тектонические движения перед позднечетвертичным временем вновь изменили геологическую жизнь. Отметки рельефа стали близки к современным. В высокогорных областях усилилось оледенение. У подножий гор формировались конуса выноса, вложенные в размытые конусы среднечетвертичного возраста, в речных долинах накапливался материал первых надпойменных террас.

Современная эпоха характеризуется усилением орогенеза климатического режима, обусловившим сокращение оледенения в горах.

В целом, литолого-стратиграфические комплексы пород территории исследований, которые определяют коллекторские (емкостные) и фильтрационные свойства водовмещающих пород, а также водообильность водоносных горизонтов и комплексов, группируются следующим образом:

- комплекс залегающих с поверхности допалеозойских и палеозойских скальных пород горных сооружений Киргизского Алатау;
- комплекс допалеозойских и палеозойских скальных пород фундамента, залегающих под покровным рыхлым чехлом на предгорной равнине;
- комплекс кайнозойских рыхлых осадочных отложений, распространенных на предгорной равнине и в речных долинах.

3 ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Для Республики Казахстан проблема обеспечения водой в условиях ограниченности и уязвимости поверхностных водных ресурсов является важной составляющей национальной безопасности. Наиболее острыми признаны проблемы неудовлетворительного состояния обеспечения населения качественной питьевой водой и нарастающий дефицит водных ресурсов в аграрном секторе, повлекший за собой значительное сокращения площадей орошения и обводненных пастбищ.

Для Жамбылской области ожидается сокращение поступления трансграничных поверхностных водных ресурсов в связи с хозяйственной деятельностью в Республике Кыргызстан. Дополнительную угрозу создает сокращение ресурсов местного стока, вследствие глобальных изменений климата и началом очередного цикла маловодных лет в Центральной Азии.

Угроза дефицита воды и неэффективное управление водными ресурсами может стать основным препятствием для устойчивого социально-экономического развития территории исследований. При таких сценариях подземные воды относятся к наиболее ценным полезным ископаемым, рациональное и комплексное освоение которых представляется важным для дальнейшего развития региона [22].

В целях обоснования значимости ресурсов подземных вод и внедрения передовых технологий в управление подземными водами для устойчивого развития и решения водных проблем под эгидой UNESCO в 2011-2014 годах реализована Международная программа Groundwater Governance Project. A Global Framework for Action (Проект Управления Подземными водами. Глобальная Структура Действий). Участие в программе принимали Международная Гидрологическая Программа (UNESCO-I и P), Международная Ассоциация Гидрологов (IAH), Продовольственная и Сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций (FAO), Глобальный Экологический Фонд (GEF) [31].

3.1 Принципы гидрогеологического районирования и стратификации

Разработка принципов гидрогеологического районирования проводилось совместно с выявлением закономерностей распространения подземных вод территории исследований. На территории Казахстана они не оставались постоянными, а довольно существенно изменялись на разных этапах развития отечественной региональной гидрогеологии.

По У.М. Ахмедсафину (1964) гидрогеологическое районирование безнапорных подземных вод Казахстана основывается на геолого-геоморфологическом расчленении территории республики, что позволило сгруппировать районы с более или менее однородными гидрогеологическими условиями в 4 гидрогеологические провинции. В пределах выделенных провинций установлены гидрогеологические районы (1-го порядка), которые являются основной единицей районирования. Далее, для отдельных

гидрогеологических районов, занимающих значительные площади и/или характеризующихся сложными условиями, установлены гидрогеологические районы 2-го порядка (подрайоны или зоны). Критерием выделения районов 2-го порядка являются геоморфологические типы рельефа или климатические зоны. На основе различия возрастно-литологических пород в границах отдельных районов второго порядка выделены гидрогеологические подрайоны [2]. Территория исследований входит в состав гидрогеологической провинции Южный Казахстан, и в ее пределах выделены 2 гидрогеологических подразделения: подрайон покатой предгорной равнины Киргизского Алатау в составе района 1-го порядка – Чу-Таласские предгорные и бугристо-грядовые равнины и район 2-го порядка – Киргизский хребет в составе высокогорных районов Южного Казахстана (район 1-го порядка).

Для напорных подземных вод районирование территории исследований имеет более продолжительную историю [32]. В обзоре артезианских бассейнов Казахстана (У.М.Ахмедсафин, 1964) приведено гидрогеологическое районирование Шу-Сарысуской впадины и выделены гидрогеологические районы второго порядка – три артезианских бассейна: предгорий Киргизского Алатау, Моюнкумский (Чу-Таласский) и Сарысу-Бетпақдалинский. В последующем (1968), при гидрогеологическом районировании артезианских бассейнов Южного Казахстана выделены артезианские бассейны межгорных впадин (Моюнкумский и предгорий Киргизского Алатау) и платформенных областей (Сарысу-Бетпақдалинский) [12].

В монографии «Гидрогеология СССР» (1970), в пределах Южного Казахстана, согласно гидрогеологическому районированию выделены, две области: платформенная и горно-складчатая. Киргизский хребет, как гидрогеологический район второго порядка, отнесен к Талас-Угамской системе трещинных вод. Предгорная зона входит в состав гидрогеологических районов второго порядка – Восточно-Чуйского и Западно-Чуйского, отнесенных к Чу-Сарысуской системе артезианских бассейнов [11].

М.Ш. Батабергенова (1978) в пределах территории исследований выделила два гидрогеологических района – горный и предгорный, которые различаются условиями залегания подземных вод, их питания и разгрузки [15]. Первый район охватывает северные склоны Киргизского Алатау, а второй – предгорную равнину.

По Б.А. Некрасову (1987), территория исследования представляет собой предгорный прогиб Киргизского Алатау, выполненный мощной толщей рыхлых кайнозойских отложений [16].

А.К. Джакеловым (1993) по геолого-структурным особенностям в пределах Чу-Сарысуской впадины выделен одноименный артезианский бассейн первого порядка. Территория исследований – предгорная равнина Киргизского Алатау приурочена к Чуйскому артезианскому бассейну второго порядка и входит в состав трех артезианских бассейнов третьего порядка: Джамбулского, Фурмановского и Фрунзенского (с запада на восток) [17].

Ж.С.Сыдыков и В.Ф.Шлыгина (1998) провели гидрогеологическое районирование Казахстана на основе геолого-структурного принципа. Первый

показатель включает целостную геоструктуру, обеспечивающую территорию надежной, длительно существующей основой и представляющую собой резервуар подземных вод в гидрогеологических бассейнах и гидрогеологических массивах [33]. К гидрогеологическим бассейнам отнесены обширные платформенные прогибы, крупные предгорные и межгорные впадины в области молодого эпиплатформенного орогенного пояса с поэтажно залегающими в них водоносными образованиями. Гидрогеологические массивы представляют собой обширные выступы «гидрогеологического фундамента» на поверхности Земли, отделяющие в пространстве одни гидрогеологические бассейны от других и являющимся основными областями питания и создания напоров подземных вод в смежных гидрогеологических бассейнах.

Вторым важным показателем гидрогеологического районирования является региональная направленность подземного стока в сторону основных областей разгрузки подземных вод, т. е. бассейновый показатель. Третьим важным показателем служат типы гидрогеологического разреза – вертикальный набор геологических формаций разного порядка – гидрогеологических этажей, серий и их более мелких единиц.

По мнению авторов, «при учете рассмотренных трех видов показателей гидрогеологического районирования геологические структуры приобретают совершенно новое содержание и становятся объемно гидрогеологическими (вернее, структурно-гидрогеологическими)». На территории Казахстана выделены две большие группы гидрогеологических районов первого порядка, приуроченные к областям различных типов гидрогеологических структур: 4 в пределах гидрогеологических массивов и 6 в пределах гидрогеологических бассейнов. В пределах территории исследований выделены два района 2-го порядка: Талассо-Киргизский (Джунгаро-Тянь-Шаньского гидрогеологического массива) и Пришуский (Шу-Сарысуского гидрогеологического бассейна).

Производственные организации республики используют в своей практике схему регионального гидрогеологического районирования на основе разработок Л.А. Островского, Б.Е. Антыпко, Т.А. Конюховой (1990). За основу регионального гидрогеологического районирования приняты геологические тела обособленных тектонических структур, отличающихся неповторимостью геологического развития и определенной направленностью гидрогеологического процесса. Гидрогеологическое районирование проводится по следующей системе соподчиненных таксономических единиц регионального районирования: регион – система бассейнов безнапорных и напорных вод, провинция – бассейны подземных вод первого порядка (сложные бассейны безнапорных и напорных вод), подпровинция – бассейны подземных вод второго порядка, область – бассейны подземных вод третьего порядка (бассейны безнапорных и напорных вод).

На основании представленных принципов гидрогеологического районирования в пределах территории исследований выделены три бассейна второго порядка: Шу-Сарысуский бассейн пластовых вод Приарало-Торгай-Шу-Сарысуского сложного бассейна Скифско-Туранской системы бассейнов; Киргиз-Алатауский бассейн жильно-блоковых вод и Таласский бассейн

пластовых вод Северо-Тянь-Шаньского сложного бассейна Джунгаро-Тянь-Шаньской системы [19].

На основании вышеизложенного, с учетом как геоморфологических, так и геолого-структурных факторов, в пределах территории исследований выделены 2 гидрогеологических района: А – горный, представляющий собой гидрогеологический массив трещинных и трещинно-жильных безнапорных вод скальных пород Киргизского Алатау; В – предгорный с тремя подрайонами: Шуйской долины (В.1), междуречья Шу-Талас (В.2) и междуречья Талас-Аса (В.3), представляющие собой гидрогеологические бассейны безнапорных и напорных поровых вод предгорной зоны.

При характеристике подземных вод территории исследований принят используемый в практике принцип гидрогеологической стратификации с выделением следующих элементов: водоносные горизонты, водоносные комплексы, водоносная формация, водоупорные горизонты (водоупоры) и водоносные зоны трещиноватости.

Под *водоносным горизонтом* понимается ограниченная в разрезе толща (пласт или группа пластов) однородных или близких по фациально-литологическому составу горных пород, содержащая гравитационные подземные воды с единой свободной или пьезометрической поверхностью.

Под *водоносным комплексом* понимается система гидравлически связанных водоносных горизонтов, разобщенных относительно невыдержанными слабопроницаемыми слоями, либо, по стратиграфическому признаку, сложно построенная толща горных пород с резкой фильтрационной неоднородностью, затрудняющей выделение самостоятельных горизонтов.

Водоносная формация объединяет водоносные горизонты и комплексы, которым свойственны определенные закономерности накопления, распространения и формирования подземных вод.

Водоносной зоной трещиноватости называется часть трещиноватой породы, трещины которой заполнены водой.

3.2 Характеристика подземных вод

Гидрогеологические условия территории исследований обусловлены гидрометеорологическими, геоморфологическими и геолого-структурными факторами, совокупность которых определяет особенности распространения и формирования подземных вод [10, 11, 15, 17, 19, 21]. Выделено несколько гидрогеологических районов, отличающихся по условиям их питания, движения и разгрузки (рисунок 3.1).

А. Горный гидрогеологический район – определяет южную границу территории исследований и охватывает северные склоны Киргизского Алатау. Район представляет собой гидрогеологический массив трещинных и трещинно-жильных безнапорных вод скальных пород, объединенных в гидравлически взаимосвязанные водоносные зоны открытой трещиноватости протерозойских, ордовикских, девон-карбоновых и интрузивных образований (рисунок 3.2).

Водоносная зона открытой трещиноватости протерозойских образований распространена в западной части горных сооружений.

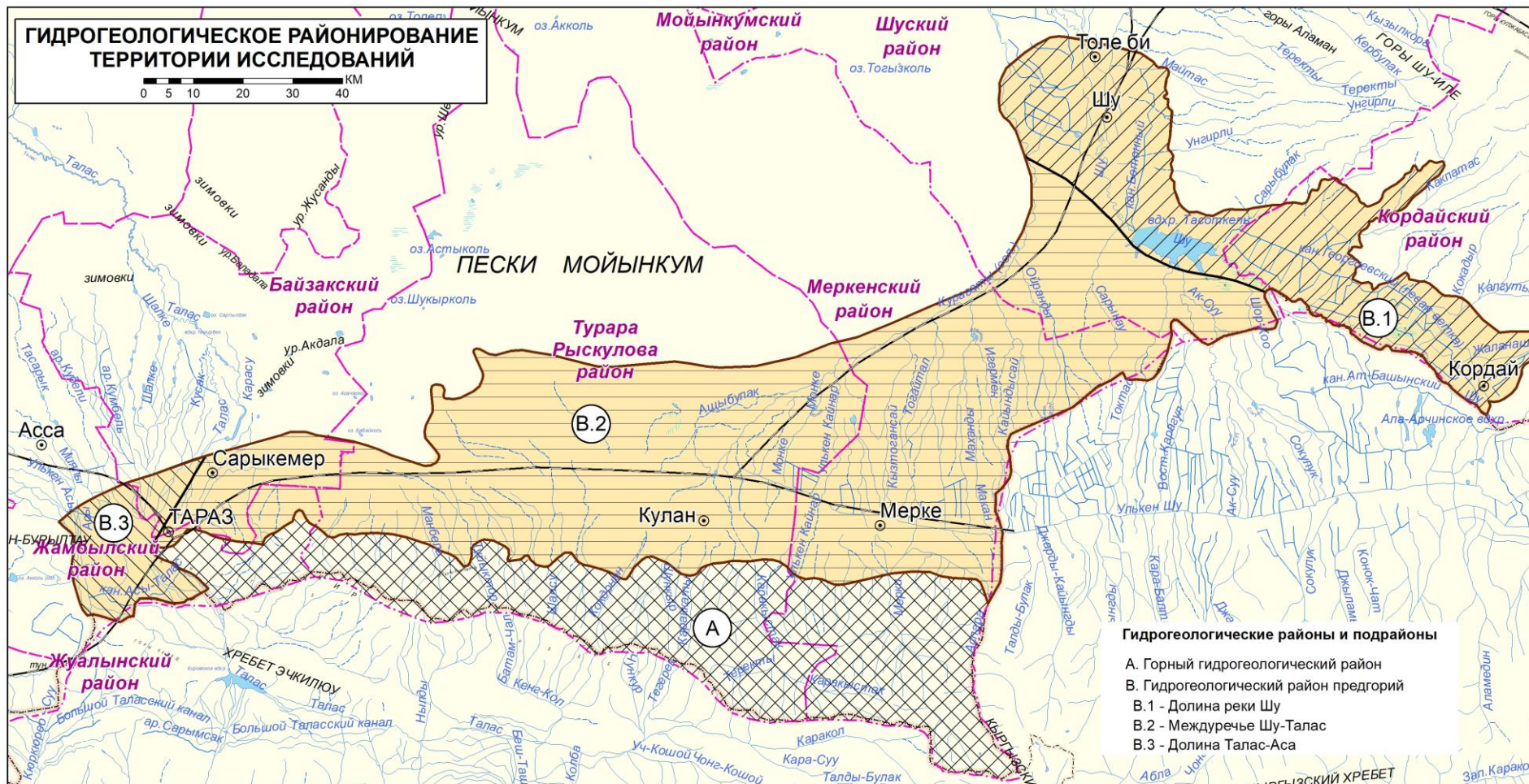


Рисунок 3.1 – Схема гидрогеологического районирования территории исследований

Водовмещающие породы имеют блоковое строение и представлены нижне- и верхнепротерозойскими сланцами, кварцитами, мраморами и мраморизованными известняками, с прослоями песчаников и эффузивов. Безнапорные трещинные и трещинно-жильные воды приурочены зоне экзогенной трещиноватости, мощность которой до 30-40 м, а на участках тектонических нарушений она может достигать до 135-150 м. Водообильность пород характеризуется дебитами родников в пределах от 0,4-1,9 л/с до 5 л/с, а на участках разломов достигает 16-30 л/с.

Минерализация подземных вод от ультрапресных (менее 0,1 г/л) до пресных (0,3-0,5 г/л). Ультрапресные воды характерны для родников, расположенных выше 2500 м, к подножью гор минерализация возрастает. Химический состав воды от гидрокарбонатных кальциевых и кальциево-магниевых до гидрокарбонатных натриево-магниевых.

Водоносная зона открытой трещиноватости ордовикских отложений пользуется распространением в восточной части по южному контуру и в крайне западной части горных сооружений. Литологически водовмещающие породы представлены песчаниками, алевролитами, известняками, порфиритами и их туфами. Безнапорные трещинные и трещинно-жильные воды развиты в зоне экзогенной трещиноватости, мощность которой обычно достигает 20-30 м, возрастая на участках тектонических нарушений. Уровень подземных вод залегает на глубине до 5 м.

Дебиты родников, в зависимости от степени и характера трещиноватости, изменяются от 0,1-0,5 л/с до 10,0 л/с. Наибольшая водообильность характерна для известняков. Подземные воды пресные, с минерализацией в пределах 0,2-0,4 г/л, по химическому составу гидрокарбонатные, реже гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые.

Водоносная зона открытой трещиноватости девон-карбоновых отложений распространена в восточной и западной частях горных сооружений. Водовмещающими породами являются песчаники, алевролиты, реже гравелиты и известняки. Мощность обводненной зоны экзогенной трещиноватости обычно не превышает 50 м, возрастая на участках тектонических нарушений. Подземные воды безнапорные трещинные и трещинно-жильные. Глубина их залегания зависит от особенностей рельефа, составляя на водораздельных участках – от 20-50 м до 70-100 м, а в пониженных частях рельефа – 0,5-5 м.

Дебиты родников, приуроченных к песчаникам и известнякам, изменяются в пределах от 0,2-0,5 л/с до 10-4,0 л/с. К разрывным нарушениям и зонам разломов приурочены родники с дебитами 30-80 л/с. Подземные воды пресные с минерализацией 0,2-0,5 г/л, по химическому составу гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые и кальциевые магниевые. На отдельных участках, в зонах тектонических разломов, вскрыты трещинные воды с минерализацией до 3 г/л сульфатного натриевого состава, пригодные для лечебно-оздоровительных целей, например скважина санатория им. Т. Рыскулова в городе Тараз.

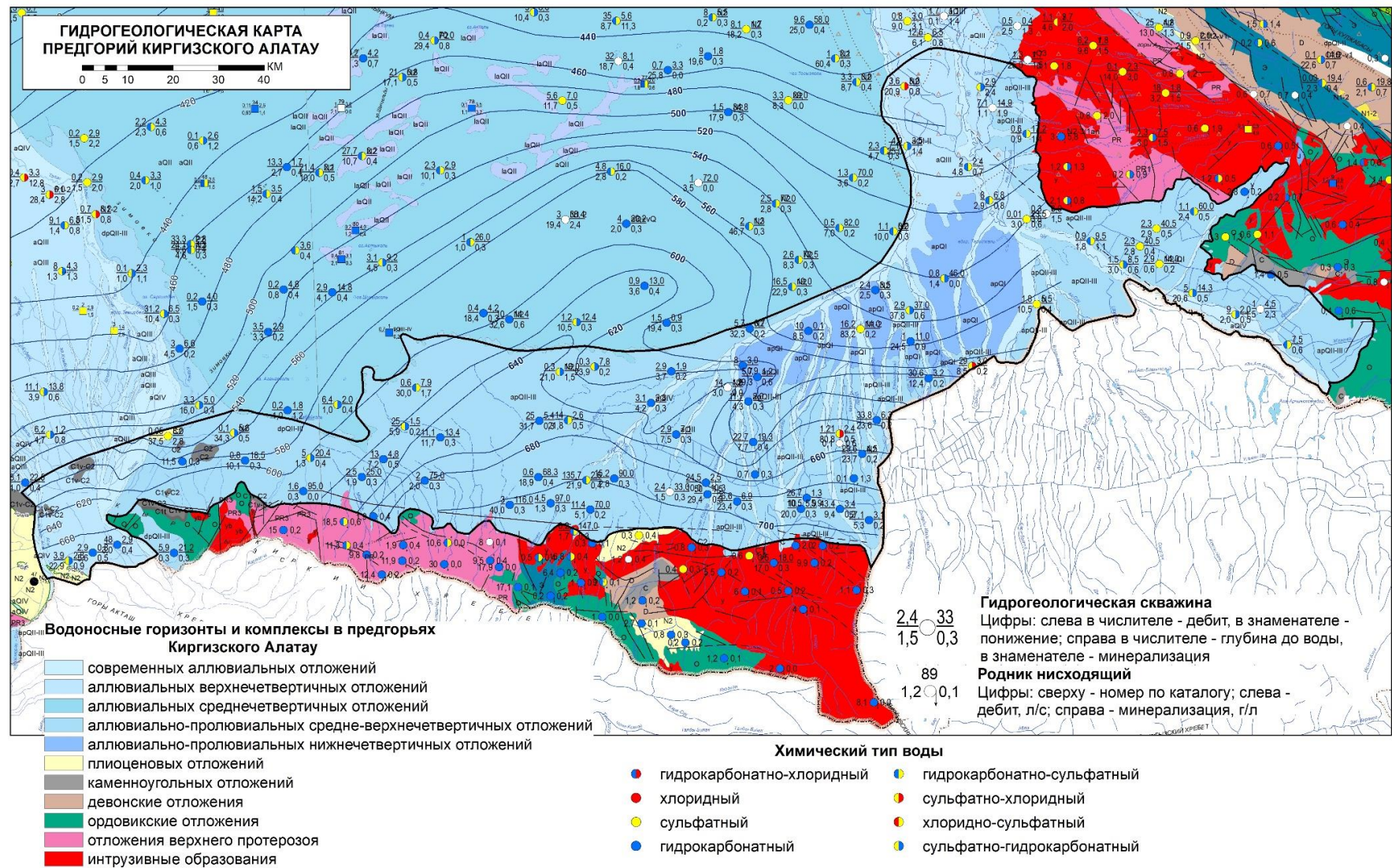


Рисунок 3.2 – Схематическая гидрогеологическая карта территории исследований

Водоносная зона открытой трещиноватости интрузивных образований образует отдельные массивы гранитов и гранодиоритов и широко развита в восточной части горных сооружений. Мощность обводненной зоны экзогенной трещиноватости обычно не превышает 50 м, возрастая на участках тектонических нарушений. Подземные воды безнапорные трещинные и трещинно-жильные, глубина их залегания зависит от особенностей рельефа, составляя на водоразделах 20-150 м, а в пониженных его частях изменяется от 5 м до 15-25 м.

Дебиты родников варьируют от 0,2-0,5 л/с до 2-5 л/с, а зонах тектонических нарушений, особенно региональных разломов, достигают 8-18 л/с. Подземные воды пресные с минерализацией 0,2-0,5 г/л, гидрокарбонатного и сульфатно-гидрокарбонатного кальциевого и натриево-кальциевого состава. В бассейне реки Мерке скважинами вскрыты лечебно-минеральные радоновые пресные трещинные воды, которые используются санаторием «Мерке».

В. Гидрогеологический район предгорий примыкает к северным склонам горных сооружений Кыргызского Алатау и в геоструктурном отношении относится к юго-западной периферии Шу-Сарысуской впадины. Район представляет собой предгорный гидрогеологический бассейн безнапорных и напорных поровых вод, покровный чехол которого сложен рыхлыми осадочными образованиями кайнозоя, а фундамент представлен кристаллическими палеозойскими и протерозойскими породами.

Континентальный характер кайнозойских отложений и неравномерная дифференциация обломочного материала по площади и в разрезе определяют особую гидродинамическую обстановку и различную водообильность осадочных пород. Безнапорные и напорные поровые воды района приурочены к различным по составу и генезису отложениям и характеризуются пространственной выдержанностью потоков подземных вод с образованием единой урвненной поверхности (рисунки 3.2 и 3.3).

Гидрогеологическая стратификация проведена по стратиграфической принадлежности отложений с учетом фациально-литологических условий их образования и динамики подземных вод.

Водоносный комплекс неогеновых отложений залегает на предгорной равнине в основании разреза осадочного чехла. Водосодержащие породы представлены песками, гравийно-галечниками, песчаниками и гравелитами, залегающими в виде прослоев среди глин, аргиллитов и мергелей. Мощность отдельных водоносных прослоев изменяются от 1-3 м до 15 м, а количество их от 3 до 7. Водоносные прослои гидравлически взаимосвязаны и образуют единую поверхность пьезометрического уровня. Водоносный комплекс неогеновых отложений гидравлически связан с выше залегающими четвертичными комплексами.

Воды пластово-поровые напорные, вскрываются в зоне предгорий на глубине до 60-70 м, а на предгорной равнине – от 350 до 450 м. Величины напоров изменяются от 220 до 292 м. Пьезометрические уровни, в зависимости от рельефа местности, залегают на глубинах от 2,5 до 5,0 м. Отдельные скважины, вскрывшие неогеновый комплекс, самоизливающие. Дебиты

скважин изменяются от 0,1 до 16,5 л/с, но обычно 5-6 л/с, при понижениях уровня на 10-35 м. Воды пресные, с минерализацией 0,3-0,5 г/л, по химическому составу они преимущественно гидрокарбонатные натриево-кальциевые.

В пределах гидрогеологического подрайона В.2 (междуречье Шу-Талас) в северной левобережной части слившегося конуса выноса рек Мерке-Аспара, водоносный комплекс неогеновых отложений детально изучен в интервале глубин 250-590 м. Водовмещающие породы представлены чередованием песков, гравийно-галечников и песчаных глин. Эффективная мощность составляет порядка 30% и изменяется от 53 до 133 м. Водообильность отложений довольно высокая. Дебиты скважин изменяются от 22,5 до 60 л/с.

В северной части междуречья Талас-Аса (подрайон В.3) неогеновый водоносный комплекс вскрыт на глубине 230-250 м в песчаниках и гравийно-галечниках. Дебиты скважин при опробовании составили 12,5-77,3 л/с при понижении уровня на 4,8-5,9 м.

Водоносная формация водоносных горизонтов и комплексов четвертичных отложений распространена на территории исследований повсеместно в верхней части покровного осадочного чехла предгорной равнины. Кайнозойские рыхлые осадочные образования по генезису представлены разновозрастными пролювиальными, аллювиально-пролювиальными и аллювиальными породами.

Водоносный горизонт нижнечетвертичных пролювиальных отложений распространен в междуречье Шу-Талас (подрайон В.2) и развит в пределах предгорного шлейфа конусов выноса. Нижнечетвертичный пролювий залегает под аллювиально-пролювиальными средне-верхнечетвертичными образованиями, и покрывает размытую поверхность неогеновых пород, вследствие чего мощность пролювия не выдержанна и колеблется в пределах 50-140 м. В вертикальном разрезе наблюдается чередование водовмещающих гравийно-и валунно-галечниковых отложений с водоупорными глинами, что приводит к развитию нескольких напорных водоносных прослоев, гидравлически взаимосвязанных между собой. Суммарная мощность водовмещающей толщи изменяется от 13,5 до 87 м, закономерное снижение мощности и крупности обломочного материала отмечается по мере удаления от области сноса на север к песчаному массиву Мойынкум, а также от центральных участков конусов выноса к их краевым частям.

Воды пластово-поровые напорные. Высота напора в зависимости от глубины залегания водоносных прослоев составляет 190-290 м. Пьезометрические уровни устанавливаются на глубинах 3-10 м, отдельные скважины самоизливающие. Севернее зоны разгрузки пьезометрические уровни устанавливаются на высоте 1,2-5 м выше поверхности земли. В южной безнапорной зоне, глубина залегания уровня достигает 100-150 м и более.

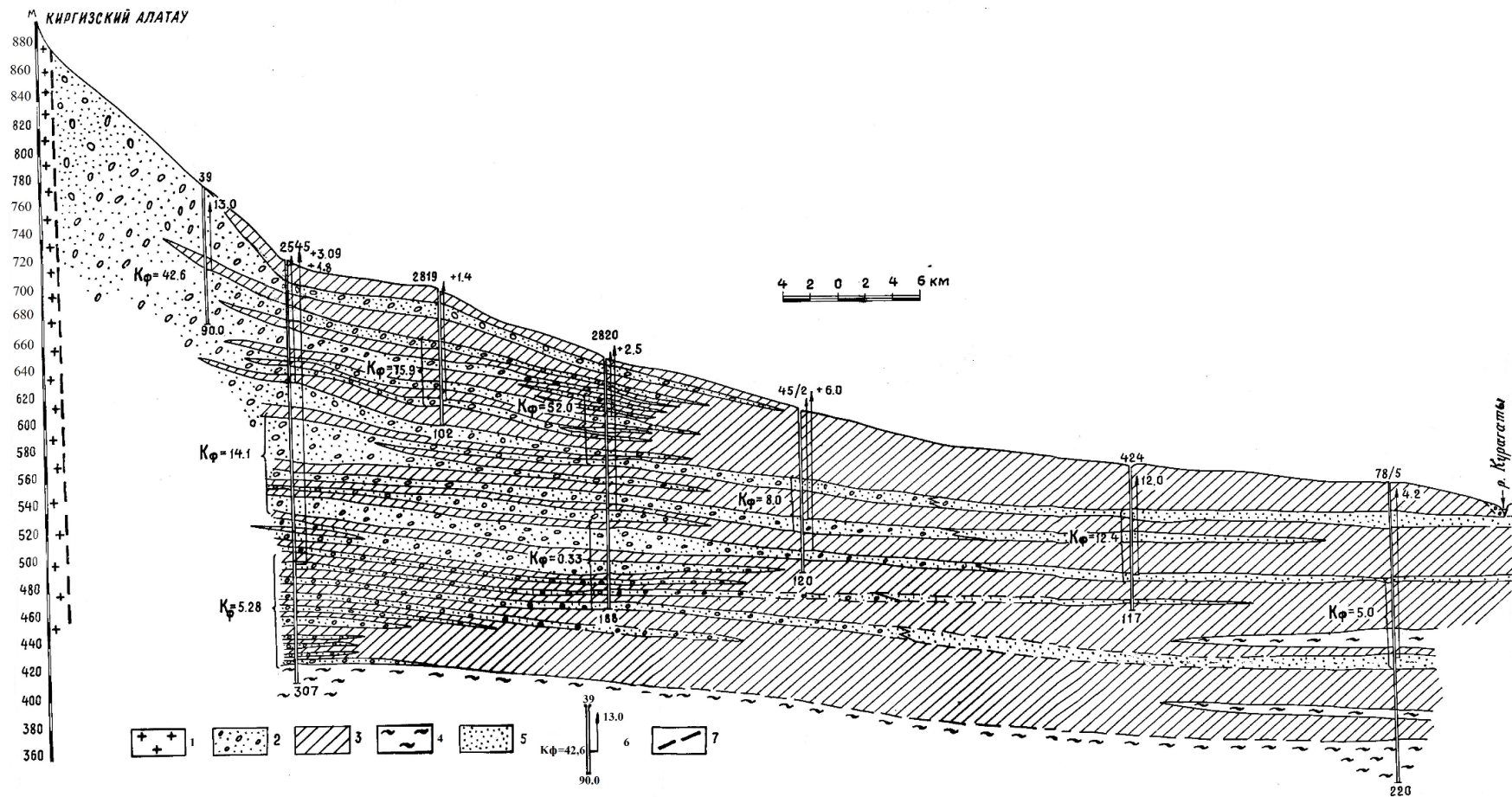


Рисунок 3.3 – Поперечный гидрогеологический разрез предгорий Киргизского Алатау
(по М.Ш. Батабергеновой [14])

Условные обозначения: 1 – граниты; 2 – валунно-галечниковые и песчано-галечниковые отложения; 3 – суглинки и супеси; 4 – глины; 5 – пески; 6 – скважина: цифра вверху – номер, внизу – глубина, м; у стрелки – глубина установившегося уровня подземных вод, м; слева – коэффициент фильтрации, м/сут; 7 – тектонические нарушения

Водообильность нижнечетвертичных отложений характеризуется дебитами скважин 20-95 л/с при понижениях на 14-17 м. Удельные дебиты скважин изменяются от 1,1 л/с (на межконусных сочленениях) до 6,5 л/с (на конусах выноса) при понижении 1 м. При удалении от гор в северном направлении удельные дебиты снижаются до 0,2-0,5 л/с.

Воды с минерализацией до 1 г/л, гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного кальциево-натриевого состава.

Водоносный горизонт нижнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений, которые установлены в северной части Шуйской долины (подрайон В.1). Среди мощной (до 200 м) глинистой толщи отмечаются невыдержанные по простираанию прослой и линзы песков, галечников, песчаников, к которым приурочены напорные пластово-поровые воды. Пьезометрический уровень устанавливается на глубине 5-7 м от поверхности земли, высота напора составляет 80-170 м.

Дебит одиночных скважин достигает 10 л/с при понижении 8 м. Величина минерализации подземных вод не превышает 1 г/л, по химическому составу – хлоридно-сульфатные кальциево-натриевые.

Водоносный горизонт средне-верхнечетвертичных аллювиальных отложений, которые слагают вторую и третью надпойменные террасы реки Шу, распространен в гидрогеологическом подрайоне В.1. Водовмещающими являются гравийно-галечниковые отложения с песчаным заполнителем, с прослоями и линзами суглинков и супесей. Мощность обводненной толщи составляет 45-50 м. Водоупором служат красные глины плиоценового возраста.

Воды поровые безнапорные, глубина залегания их уровня составляет 2,5-5 м. Водообильность горизонта значительная, удельные дебиты скважин изменяются в пределах 1-10 л/с. Подземные воды имеют пеструю минерализацию от 0,5-1 г/л вблизи современного русла реки Шу до 3-5 г/л в центральной части междуречья Шу-Курагаты. Химический состав воды сульфатно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый, реже сульфатный магниевый-натриевый.

Водоносный комплекс средне-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений пользуется широким развитием в предгорной зоне Киргизского Алатау. Водовмещающие образования представлены в основном валунно-галечниками, галечниками, гравийно-галечниками, разнозернистыми песками с нередкими прослоями супесей и суглинков мощностью до 2-6 м и более. Суммарная мощность толщи до 350-400 м. Водоносный комплекс представляет собой многослойную толщу с веерообразным чередованием водоносных, водоупорных и слабопроницаемых прослоев. По мере удаления от горных сооружений мощность и крупность грубообломочного материала постепенно уменьшается и ближе к песчаным массивам Мойынкум гравийно-галечники сменяются песками и супесями. В пределах слабонаклонной предгорной равнины гравийно-галечники и пески имеют подчиненное значение, залегая в виде прослоев толщи супесей и глин. Безнапорные и напорные водоносный горизонты комплекса гидравлически взаимосвязаны между собой и образуют единую уровенную поверхность.

Безнапорные поровые воды аллювиально-пролювиальных осадков приурочены к площадям выхода водовмещающих отложений на земную поверхность в зоне предгорного шлейфа конусов выноса, в разрезе которых в предгорной и средней частях отмечается единая толща гравийно-галечников с разнозернистыми песками и включением валунов, а в периферийной части развиты пески и галечники, переслаивающиеся с глинистыми прослоями мощностью до 7 м. Глубина залегания уровня безнапорных вод составляет 100-150 м на вершинах конусов выноса, повышаясь к средней их части до 30-60 м. По периферии конусов выноса в зоне перехода шлейфа к слабонаклонной равнине поток безнапорных вод частично выклинивается на поверхность. Мощность водоносных отложений в верхних и нижних частях конусов выноса 140-350 м. К периферийной части отмечается появление глинистых прослоев и мощность водовмещающих пород снижается до 30-100 м. Водообильность безнапорного комплекса характеризуется производительностью скважин в пределах 2-20 л/с при понижениях 1-3 м. При песчано-глинистом заполнителе водообильность гравийно-галечников снижается до 2 л/с. Безнапорные воды пресные, с минерализацией до 0,5 г/л, по химическому составу преобладают гидрокарбонатные кальциевые.

По периферии конусов выноса в зоне сочленения с предгорной равниной подземные воды средне-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений переходят в напорный режим, что связано с появлением в разрезе глинистых линз и прослоев и созданием подпора потоку безнапорных вод. По мере погружения водосодержащих пород наблюдается несколько напорных горизонтов, суммарная мощность которых варьирует в пределах 5-160 м. Напорные пластово-поровые воды вскрываются на глубине 100-150 м, а пьезометрические уровни устанавливаются от 10-15 м до 2-3 м выше поверхности земли. Водообильность напорных горизонтов изменяется в широких пределах. По периферии предгорного шлейфа, при преобладании в водовмещающих отложениях гравийно-галечников, дебиты скважин достигают до 100 л/с при понижениях уровня до 18 м и удельных дебитах 6-50 л/с. В северном направлении при преобладании песчаных и супесчаных водосодержащих пород, производительность скважин составляет 1-18 л/с при понижениях на 3-22 м и удельных дебитах 1-5 л/с. На большей части предгорной равнины удельные дебиты скважин варьируют в пределах 0,2-0,5 л/с. Напорные воды пресные с минерализацией до 0,5 г/л, по химическому составу гидрокарбонатные кальциевые и натриево-кальциевые.

В *Шуйской долине* (подрайон В.1) подземные воды средне-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений развиты по левобережью реки Шу.

В пределах *междуречья Шу-Талас* (подрайон В.2) водоносный комплекс средне-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений детально изучен на нескольких площадях [18].

В пределах слившихся конусов конуса выноса рек Мерке и Аспара описываемый комплекс охарактеризован на трех участках: Меркенский конус выноса, Аспаринский конус выноса и межконусное пространство рек Мерке и

Аспара. Полная мощность средне-верхнечетвертичных пролювиальных образований варьирует от 160 (на стыке конусов выноса) до 220-230 и более метров в осевых его частях, а суммарная мощность водовмещающих пород изменяется, соответственно, от 35 м до 145 м. Мощность водоносных горизонтов изменяется от 5-50 м на конусах выноса, до 1-5 м на межконусном сочленении. Воды пластово-поровые, преимущественно напорные, высота напоров в зависимости от глубины вскрытия водоносных горизонтов составляет 10-150 м. Пьезометрические уровни устанавливаются близко от поверхности земли, а по периферии наблюдаются самоизливы. В осевой части Аспаринского конуса выноса уровни воды залегают на глубине 14-10 м. Дебиты скважин составляют 30-100 л/с и более, при понижении 20-35 м. При этом максимальные дебиты 144 и 156 л/с при понижении 12 м наблюдаются на Аспаринском конусе выноса, где суммарная мощность обводненной валунно-галечниковой толщи составляет 110-140 м. Подземные воды пресные, с преобладающей минерализацией 0,2-0,3 г/л, гидрокарбонатного кальциевого состава.

В пределах отдельных конусов выноса в средней и западной частях подрайона В.2 водовмещающие породы представлены валунно-гравийно-галечниками с песчаным заменителем, суммарной мощностью 80-140 м. Воды напорные, пластово-поровые, пьезометрические уровни устанавливаются на глубинах 3-23 м. Дебиты скважин конуса выноса р. Курагаты составляют 35-136 л/с при понижениях 22-30 м. На площади конусов выноса рек Каиндысай, Шабылды, Шалсу и Талдысу дебиты скважин изменяются от 30 до 70 л/с при понижениях 6-12 м. Подземные воды пресные, с минерализацией 0.2-0.8 г/л, по химическому составу гидрокарбонатные кальциевые, реже сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые.

На *Талас-Ассинском междуречье* (подрайон В.3) мощность водовмещающих пород описываемого комплекса в предгорьях Киргизского Алатау достигает 320 м и уменьшается к периферии конусов выноса до 49-95 м. Воды поровые безнапорные и напорные. В зависимости от рельефа местности глубина залегания уровня изменяется от 120-130 м в верховьях конусов выноса до 2-20 м в их периферийной части. Дебиты скважин достигают до 31 л/с при понижении уровня на 15 м. В районе г.Тараз водообильность скважин 10-37 л/с при понижении уровня на 1-18 м. Подземные воды пресные с минерализацией до 1 г/л, часто до 0,5 г/л, по составу сульфатно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые, реже натриево-кальциевые.

В северной части междуречья Талас-Аса подземные воды аллювиально-пролювиальных отложений развиты до глубины 60-100 м. Дебиты скважин составили 22-104 л/с при понижениях уровня на 4-10 м. Воды пресные, с минерализацией от 0,4 до 0,7 г/л, гидрокарбонатные кальциевые и сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые.

Водоносный горизонт верхнечетвертичных-современных аллювиальных отложений распространен в длинах рек Шу, Курагаты, Талас и прочих рек, стекающих с северных склонов Киргизского Алатау. Водовмещающие породы представлены валунно-галечниками, разнотернистыми песками, супесчано-

суглинистыми осадками, переслаивающимися между собой и образующими общую обводнённую толщу. Водообильность комплекса зависит от мощности и гранулометрического состава водосодержащих отложений. Подземные воды горизонта пресные с минерализацией менее 1 г/л.

На *Шу-Таласском междуречье* (подрайон В.2) водоносный горизонт распространён в долине р. Курагаты. Водовмещающие отложения представлены гравийно-галечниками, разнозернистыми песками, супесями и суглинками, переслаивающимися между собой. Мощность горизонта в пределах 2-25 м. Дебиты колодцев, каптирующих горизонт, составляют 0,6 -1,1 л/с при понижении уровня до 1,2 м. Воды поровые безнапорные, с минерализацией до 1 г/л, гидрокарбонатного кальциевого, магниево-кальциевого состава.

В пределах междуречья Талас-Аса описываемый водоносный горизонт приурочен к речной пойме и надпойменным террасам. Характерной особенностью верхнечетвертичных и современных аллювиальных отложений является относительно однородный литолого-петрографический состав. Водовмещающие породы представлены гравийно- и валунно-галечными отложениями с песчаным заполнителем, реже – гравелистыми песками. Мощность горизонта составляет 50-70 м, уменьшаясь к бортовым частям долин до 9-20 м. Воды поровые безнапорные, вскрываются на 0,7-19 м. В междуречье, по мере сужения сечения аллювиального потока происходит линейная и площадная разгрузка подземных вод. Подземные воды горизонта пресные, с минерализацией 0,3-0,5 г/л, по химическому составу преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые.

В *Шуйской долине* (подрайон В.1) полосой вдоль речного русла выделен *водоносный горизонт современных аллювиальных отложений*, которые слагают пойму реки и первую надпойменную террасу. Водовмещающими являются гравийно-галечники с прослоями разнозернистых песков и суглинков. Мощность водоносного горизонта составляет 8-10 м. Воды поровые безнапорные, уровни залегают на глубине от 0,2-1,5 м до 2,5-4 м. Горизонт обычно вскрывается колодцами в пределах поселков, дебит которых не превышает 1 л/с при понижении уровня на 1-2 м. Воды пресные с минерализацией 0,4-0,6 г/л, по составу сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые и натриево-кальциевые.

3.3 Трансграничные водоносные горизонты

В Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Водная конвенция), которая была подписана в Хельсинке 17 марта 1992 года и вступила в силу 6 октября 1996 года, определен термин «трансграничные воды», к которым относятся любые поверхностные или подземные воды, пересекающие границы между двумя и более государствами или расположены в таких границах [34]. В пространственную сферу действия Водной конвенции входят страны Европы, Северной Америки, Центральной Азии и Израиль. Казахстан, осознавая важность проблемы трансграничных водных ресурсов, присоединился к Хельсинской конвенции 23 октября 2000 года (Закон за № 94-п).

Обзор мирового опыта оценки подземных вод трансграничных бассейнов. Водная конвенция содержит две категории обязательств. Первая, включающая обязательства более общего характера, касается всех участвующих в Конвенции государств. Вторая категория обязательств распространяется на так называемые «прибрежные стороны», т.е. на тех участников Конвенции, которые имеют общие трансграничные воды. Ключевым обязательством прибрежных сторон является заключение двусторонних, многосторонних соглашений или других договоренностей в отношении конкретных разделяемых ими водотоков.

Подобно другим соглашениям рамочного типа, правовой режим, установленный Водной конвенцией, находится в постоянном развитии, в частности, путем принятия дополняющих Конвенцию юридически обязательных международно-правовых актов – протоколов, а также других нормативных актов рекомендательного характера – разного рода руководств и рекомендаций.

Правовые и межгосударственные отношения, общие принципы и обязательства сторон, использующих трансграничные водоносные горизонты и их системы определены в Резолюции, принятой Генеральной ассамблеей ООН на 63 сессии по 75 пункту повестки дня (по докладу 6 комитета – А/63/439 от 15 января 2009 г.) [35].

На восьмом совещании Совета по правовым вопросам ЕЭК ООН (Женева, 24-25 февраля 2011 г.) детально рассмотрены существующие положения применения принципов Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер к трансграничным подземным водам. В 2012 г. были разработаны Типовые положения по трансграничным подземным водам [36].

В последние годы отмечается возрастающая инициатива по совершенствованию понимания научных, социально-экономических, юридических, институциональных и экологических проблем, связанных с трансграничными подземными водами (Программа ИАН, ЮНЕСКО, ФАО и UN/ECE). Создаётся мировая база трансграничных водоносных горизонтов/бассейнов, для чего разработана специальная кадастровая форма [37-38].

Решением Совета Международной ассоциации гидрогеологов (ИАН) (Братислава, 1999) была образована Комиссия, которая определила проблемы трансграничного управления ресурсами подземных вод (TARM-ISARM). Комиссия работала в тесном контакте с ЮНЕСКО, ФАО и Экономической Комиссией ООН для Европы. Было выражено беспокойство по поводу отсутствия систематической оценки ресурсов ключевых водоносных горизонтов и проблем, связанных с их функционированием, управлением и защитой.

МГП ЮНЕСКО (UNESCO-IHP), вместе с Международным центром ЮНЕСКО по оценке ресурсов подземных вод (IGRAC) при поддержке Международного Союза Охраны Природы (IUCN) и проектными группами реализован проект «Управление ресурсами подземных вод Трансграничных водоносных Горизонтов» (GGRETA/ГГРЕТА). Целью проекта являлось накопление соответствующего опыта на основе трех пилотных исследований систем трансграничных водоносных горизонтов в различных частях мира, в том числе, Приташкентский водоносный горизонт – Казахстан, Узбекистан [39-41].

Краткие сведения о трансграничных водоносных горизонтах Казахстана и Кыргызстана. В пределах территории исследований на границе Жамбылской области и Республики Кыргызстан выделяются два трансграничных водоносных горизонта (ТГВГ), которые приурочены к Шуйскому и Северо-Таласскому гидрогеологическим бассейнам (рисунок 3.4) [37-38, 42-43].



Рисунок 3.4 – Трансграничные гидрогеологические бассейны территории исследований

Данные бассейны содержат в недрах значительные запасы пресных подземных вод, за счёт которых обеспечивается водоснабжение многих важных в социально-экономическом отношении объектов. Данные водоисточники являются стратегическими объектами для региональной и государственной

водной безопасности и их стабильности должно уделяться повышенное внимание.

По территории Кыргызстана опубликован ряд работ по вопросам трансграничных подземных вод, в которых рассмотрены вопросы Шуйского и Таласского трансграничных бассейнов [44-47]. По оценкам киргизских специалистов, переток подземных вод на территорию Казахстана составляет для Шуйского бассейна 10 м³/с, а для Таласского – 5 м³/с. По Жамбылской области есть только отдельные публикации [21, 37-38, 48].

Категоризация рисков возникновения трансграничных проблем, связанных с подземными водоносными объектами по следующему принципу:

1 категория риска – риск возникновения трансграничных проблем практически отсутствует.

2 категория риска – возможно возникновение трансграничных проблем при интенсификации эксплуатации подземных вод или продвижении очага загрязненных подземных вод на территорию сопредельного государства.

3 категория риска – трансграничная проблема неизбежно возникнет при хозяйственном освоении месторождений подземных вод и требует предварительного согласования всех аспектов водопользования до начала освоения месторождения.

4 категория риска – трансграничная проблема существует и требует решения.

Шуйский и Северо-Таласский ТГВГ отнесены к 3-й категории риска: трансграничные проблемы неизбежно возникнут при хозяйственном освоении месторождений подземных вод или продвижении очага загрязненных подземных вод на территорию Жамбылской области со стороны сопредельного государства – Кыргызской Республики. Общие характеристики выделенных ТГВГ сведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристика трансграничных водоносных горизонтов Казахстана и Кыргызстана

<i>Наименование трансграничного водоносного горизонта</i>	<i>Протяженность государственной границы, км</i>	<i>Площадь в пределах Республики Казахстан, тыс. км²</i>	<i>Геологический индекс водоносных горизонтов и комплексов</i>	<i>Категория риска</i>
Шуйский	232	6,29	aQ _{II-IV} , apQ _{II-III} , N	3
Северо-Таласский	40	0,792	aQ _{II-IV} , N ₂	3

Шуйский трансграничный водоносный горизонт приурочен Шуйскому артезианскому бассейну, который принадлежит внешнеорогенной впадине Киргизского Алатау и по гидрогеологическому районированию является бассейном пластовых вод второго порядка в составе Северо-Тяньшаньской гидрогеологической провинции. Его площадь в пределах Казахстана 6,3 тыс.

км², а в Кыргызстане – 5,1 тыс. км². Протяженность границы с Кыргызстаном порядка 232 км.

Предгорная равнина примыкает на юге к горным сооружениям Киргизского хребта и в геоструктурном отношении является юго-восточной краевой частью Шу-Сарысуской впадины, выполненной рыхлым терригенным материалом. Гидрогеологическая система состоит из нескольких гидрогеологических подразделений, среди которых выделены водоносные горизонты и комплексы, имеющие значение с позиции питания, транзита и разгрузки трансграничных потоков:

Водоносный верхнечетвертичный-современный аллювиальный горизонт слагает русла рек.

Водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиально-пролювиальный комплекс в предгорьях Киргизского хребта распространён повсеместно и является наиболее перспективным для использования. Комплекс представляет собой многослойную толщу с чередованием водоносных и слабоводоносных прослоев мощностью от 2-10 м в зоне предгорного шлейфа до 15-20 м и более в северной части района. Он имеет исключительно большое практическое значение и в настоящее время широко используется в агропромышленном комплексе для водоснабжения и орошения.

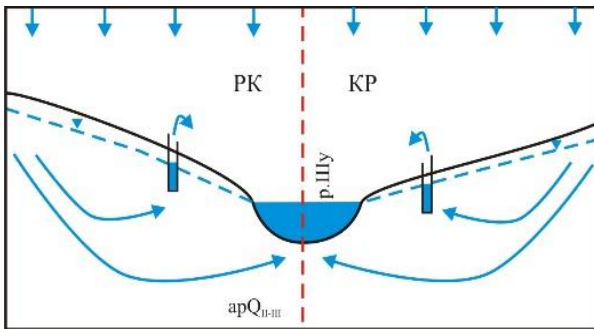
Водоносный среднечетвертичный аллювиальный горизонт распространён в северо-западной части района, на левобережье р. Курагайты.

Водоносный неогеновый комплекс распространён повсеместно и залегает под средне-верхнечетвертичным комплексом на глубинах от 150 до 300 м. Он выходит на дневную поверхность на прилавках в предгорной части Киргизского хребта, затем резко погружается на глубину более 300 м. Для хозяйственных целей наиболее перспективна верхняя часть разреза комплекса.

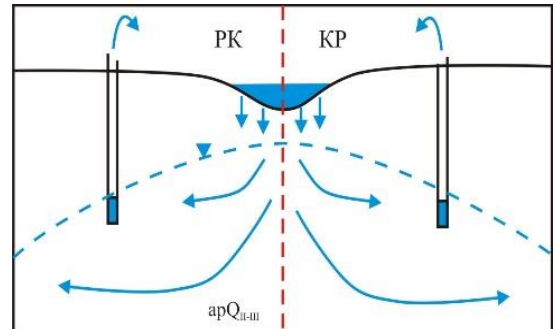
Для Шуйского ТГВГ выделено 4 типа трансграничных потоков подземных вод (рисунок 3.5).

1) *Трансграничный поток подземных вод долины р. Шу.* Значительный участок границы с Кыргызстаном, протяженностью 85 км проходит по р. Шу, одной из крупных рек Жамбылской области (рисунок 3.5-1). Водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиально-пролювиальный горизонт связан с рекой через водоносный современный аллювиальный горизонт. Подземный поток дренируется рекой Шу. Направление потока совпадает с направлением течения. Трансграничный поток подземных вод нулевой. Изменения подземного стока (сокращение в результате водоотбора или увеличение в результате орошения) сказываются только на величине расхода трансграничной реки Шу.

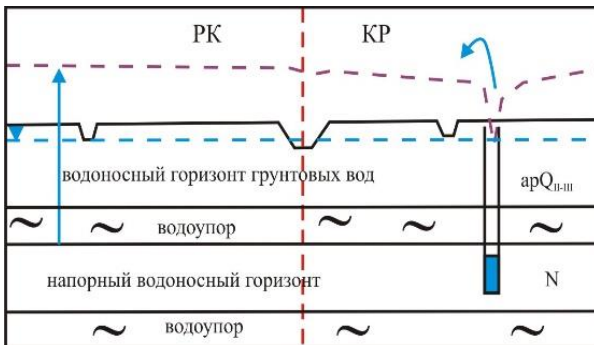
2) *Трансграничный поток подземных вод конуса выноса р. Аспара.* Государственная граница проходит по р. Аспара в зоне формирования подземного стока (рисунок 3.5-2). Радиальный расходящийся от реки подземный поток средне-верхнечетвертичного аллювиально-пролювиального комплекса на территории Казахстана направлен на север-северо-запад.



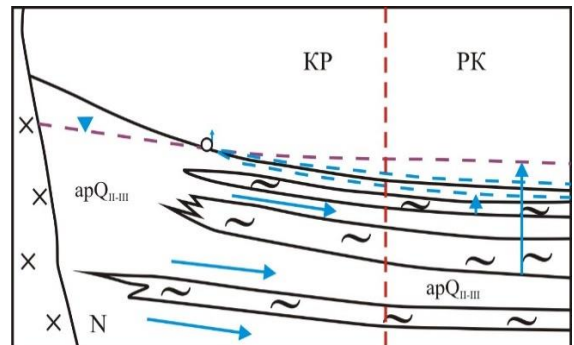
1 - Трансграничный поток подземных вод долины р. Шу



2 - Трансграничный поток подземных вод конуса выноса р. Аспара



3 - Трансграничный поток подземных вод предгорной равнины Киргизского Алатау



4 - Трансграничный поток подземных вод Шуйской предгорной равнины

Рисунок 3.5 – Типы трансграничных потоков Шуйского ТГВГ

И такой же поток в Кыргызстане направлен в северо-северо-восточном направлении. Изъятие речного стока из русла главной реки может привести к сокращению питания подземных вод в зоне формирования подземного стока средне-верхнечетвертичного аллювиально-пролювиального комплекса.

3) *Трансграничный поток подземных вод предгорной равнины Кыргызского Алатау.* Государственная граница проходит по р. Аспара в зоне разгрузки подземного стока (рисунок 3.5-3). Трансграничный поток подземных вод отсутствует. При эксплуатации подземных вод возможно возникновение такого потока за счет снижения пьезометрического уровня. На данном участке близ государственной границы в Казахстане разведано и эксплуатируется Аспаринское месторождение подземных вод. Снижение уровня эксплуатации может привести к снижению уровней подземных вод на территории сопредельной территории. На территории Кыргызстана также разведаны месторождения подземных вод. Эксплуатация всех разведанных месторождений с производительностью равной эксплуатационным запасам будет происходить в условиях взаимодействия водозаборов.

4) *Трансграничный поток подземных вод Шуйской предгорной равнины.* Государственная граница пересекает предгорную равнину Кыргызского Алатау в зоне напорных вод и вторичного погружения грунтовых и разгрузки подземных вод в реки (рисунок 3.5-4). Трансграничный поток подземных вод практически полностью формируется в сопредельном государстве. Расход потока, приходящего в Казахстан из Кыргызстана, ориентировочно составляет 1,25 м³/с. На кыргызской территории известны очаги загрязнения подземных вод. Возможно продвижение загрязненных подземных вод на территорию Казахстана.

В целом, для Шуйского ТГВГ можно отметить следующее:

- единая безнапорная и напорно-безнапорная гидрогеологическая система состоит из двух основных водоносных комплексов: средне-верхнечетвертичного аллювиально-пролювиального (арQ_{II-III}) и неогенового (N), граница проходит через все гидрогеологические зоны, характерные для предгорных артезианских бассейнов аридной зоны;

- в Шуйском бассейне по обе стороны границы разведано несколько месторождений подземных вод, оценка запасов которых была выполнена для условий взаимодействия водозаборов; при их эксплуатации необходим контроль уровня подземных вод на сопредельной стороне;

- рекомендуется развивать скоординированное совместное с Кыргызстаном управление трансграничными подземными водными ресурсами.

Северо-Таласский трансграничный водоносный горизонт приурочен к Северо-Таласскому артезианскому бассейну, который расположен в межгорной Таласской впадине, вытянутой в восточном направлении. По гидрогеологическому районированию он относится к бассейнам пластовых вод межгорных впадин третьего порядка в составе Таласского бассейна пластовых вод второго порядка Северо-Тяньшаньской гидрогеологической провинции. Площадь бассейна в пределах Казахстана 0,8 тыс. км², а в Кыргызстане – 0,4 тыс. км². Протяженность границы с Кыргызстаном 58 км.

В разрезе Северо-Таласского бассейна выделяются несколько гидрогеологических подразделений, среди которых значение с позиции питания, транзита и разгрузки трансграничных потоков имеют следующие водоносные горизонты:

Водоносный среднечетвертичный-современный аллювиальный горизонт имеет наибольшее площадное распространение в пределах Северо-Таласской долины и используются для хозяйственно-питьевого и производственно-питьевого водоснабжения г. Тараз и сельских населенных пунктов, а также для орошения земель.

Водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиально-пролювиальный горизонт пользуется значительным распространением к югу от гор Кызыл-Адыр и широко используются для водоснабжения сельских населённых пунктов и орошения земель.

Водоносный плиоценовый горизонт выполняет древние эрозионные врезы в породах скального фундамента. Практическое значение водоносного горизонта незначительно.

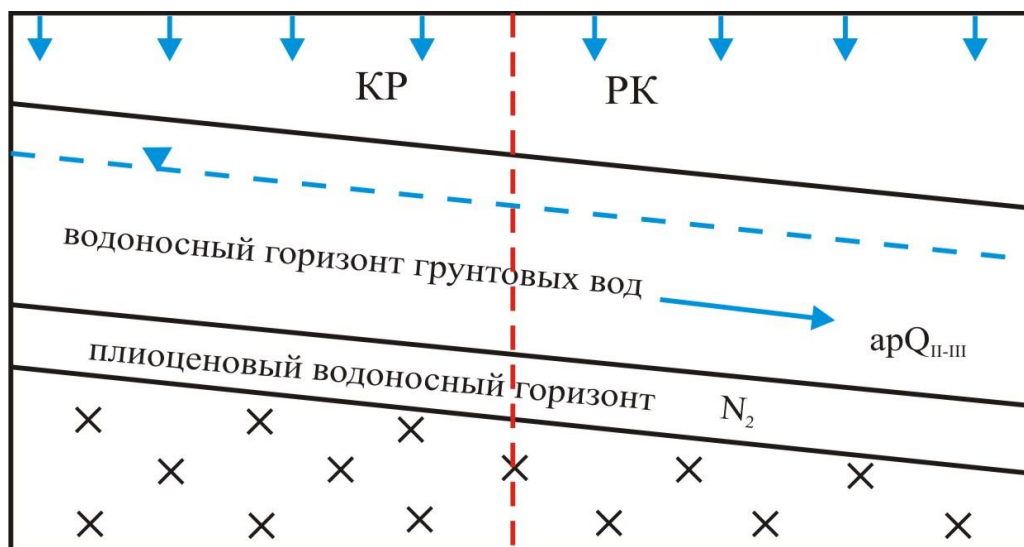
Для Северо-Таласского ТГВГ выделен один тип трансграничных потоков подземных вод (рисунок 3.6). Трансграничный поток подземных вод долины междуречья Асса-Талас практически полностью формируется в сопредельном государстве. Расход потока, приходящего в Казахстан из Кыргызстана, оценивается в 4,1 м³/с. В междуречье Аса-Талас разведано Талас-Ассинское месторождение подземных вод, приуроченное к единому водоносному комплексу, объединяющему водоносные среднечетвертичный-современный аллювиальный и плиоценовый горизонты, гидравлически связанные между собой на этой территории. В сопредельном государстве также разведано месторождение подземных вод.

При эксплуатации месторождений с величиной утвержденных запасов потребуются решение вопросов совместного управления трансграничными подземными водными ресурсами Северо-Таласского бассейна. Рекомендуются создание и совместная эксплуатация математической постоянно действующей модели гидрогеологической системы бассейна. Для информационного обеспечения управления потребуются организация специального полигона мониторинга подземных вод в Казахской и Кыргызской частях бассейна.

Рекомендации по снижению трансграничных угроз, связанных с истощением и загрязнением пресных подземных вод трансграничных водоносных горизонтов, включают:

а) Развитие потенциала международного сотрудничества Казахстана и Кыргызстана по совместному оптимальному управлению ресурсами подземных вод ТГВГ, обмену данными гидрогеологического мониторинга ТГВГ, построению постоянно действующих математических моделей.

б) Развитие международное сотрудничество Казахстана и Кыргызстана по вопросам качества подземных вод ТГВГ по согласованным стандартам оценки качества воды с созданием механизмов обмена этими данными.



1- Трансграничный поток подземных вод долины междуречья Асса-Талас

Рисунок 3.6 – Трансграничные потоки Северо-Таласского ТГВГ

в) Совместная разработка проектов развития наблюдательной сети и программ ведения мониторинга подземных вод для всех трансграничных водоносных горизонтов.

Проблемные вопросы в управлении трансграничными водными ресурсами по Шу-Таласскому бассейну и пути их решения. Так как основной объем воды поступает в область из Кыргызской Республики (порядка 85%) то и основной проблемой по бассейну состоит недопоставка воды по трансграничным рекам Шу в Кордайском, Меркенском (река Шу), Байзакском, Жамбылском и Таласском районах (река Талас). Для решения вышеуказанных вопросов по трансграничным рекам совместно с руководством и сотрудниками Жамбылского филиала РГП «Казводхоз» и акиматом районов и области, постоянно велись переговоры с Чуйским и Таласским бассейновыми управлениями водного хозяйства Кыргызской Республики, касательно установления заявленных объемов воды и установление подачи без колебаний, так как эти колебания сильно отражаются на распределении воды водопотребителям.

Также, для проведения разъяснительных работ с водопотребителями, отделом управления и регулирования водопользования совместно с Жамбылским филиалом РГП «Казводхоз», районными и акиматами сельских округов с потребителями Кордайского, Меркенского, Байзакского, Жамбылского и Таласского районов постоянно проводились выездные рейды. При встречах были даны пояснения, что в связи с недопоставками воды из Кыргызстана, вода распределяется всем потребителям пропорционально имеющемуся расходу.

Кроме того, совместно со специалистами Жамбылского филиала РГП «Казводхоз» проводились постоянные выездные проверки водозаборов в соответствии с заявками, проверки орошаемых площадей в соответствии с заключенными договорами, а также оперативные выезды по обращениям водопользователей.

Для решения проблемы доставки воды до Таласского района при акимате области был создан специальный штаб, по решению которого во время вегетации (по аналогу с прошлыми маловодными годами) проводился своеобразный водооборот между районами. При этом водообороте была полностью прекращена подача воды на 2-3 суток Жамбылскому и Байзакскому районам по всем каналам реки Талас для прогона данного объема до Таласского района. Такие прогоны проводились в 2022 году 2 раза.

3.4 Особенности формирования ресурсов подземных вод

Региональные особенности формирования ресурсов подземных вод определяются природно-климатическими, геоморфологическими и геолого-литологическими факторами. Совокупность этих факторов обусловила различные условия питания, циркуляции и накопления подземных вод в пределах выделенных гидрогеологических районов территории исследований (рисунок 3.1).

А - Горный гидрогеологический район занимает северные склоны Киргизского Алатау и определяет южную границу территории исследований. Представляет собой гидрогеологический массив трещинных и трещинно-жильных безнапорных вод скальных пород, объединенных в гидравлически взаимосвязанные водоносные зоны открытой трещиноватости протерозойских, ордовикских, девон-карбоновых и интрузивных образований.

Данный район относится к одной из основных областей питания Шу-Сарыусуского артезианского бассейна и является *областью интенсивного формирования поверхностного и подземного стока* территории исследований [11, 13-17, 21].

Северные склоны Киргизского Алатау, который на протяжении длительного геологического развития испытывал неоднократные блоковые перемещения и подвергался интенсивной денудации. Это способствовало формированию мощной зоны экзогенной региональной трещиноватости и крупных зон тектонического дробления значительной протяженности, которая наряду с глубокой расчлененностью рельефа, создают благоприятные условия для аккумуляции подземных вод.

С трещиноватой зоной связаны безнапорные трещинные и трещинно-жильные воды, циркулирующие на глубинах, преимущественно, до 100 м и более на отдельных приразломных участках. Формируются они преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков и талых вод снежного покрова, сформировавшегося за зимний период. Образовавшийся в горах подземный сток движется к северу по уклону и в значительной степени разгружается в виде многочисленных родников в ущельях, логах, долинах, порождая горные реки. По глубоким трещинам тектонических разломов подземные воды участвуют в питании артезианского бассейна. Максимальные расходы родников фиксируется, как правило, в марте-мае, реже в июне-июле.

Для оценки инфильтрационного питания подземных вод использованы данные о годовом количестве атмосферных осадков и результаты натурных исследований по определению коэффициента просачивания (инфильтрации) атмосферных осадков для литологических разностей скальных пород в различных геоморфологических условиях Южного и Центрального Казахстана [17, 49-51].

Среднегодовое количество осадков на северном склоне колеблется от 500 до 1000 мм, в расчет принято усредненное значение в 650 мм. Средние значения коэффициента инфильтрации варьирует в зависимости от состава и возраста водосодержащих пород. Результаты расчета инфильтрационного питания трещинных вод северных склонов Киргизского Алатау сведены в таблице 3.2. По расчетным данным количество просачивающихся до уровня подземных вод осадков оценено в 9,81 м³/с, что составляет 16,4% от среднегодовой годовой суммы атмосферных осадков. Модули инфильтрационного питания варьируют в пределах 2,48-3,71 л/с с 1 км², при средневзвешенном значении – 3,39 л/с с 1 км².

Высота слоя инфильтрационного питания изменяется от 78 мм/год до 117 мм/год (12-18% от годовых осадков), при средневзвешенной величине в 106,9 мм/год (16,4% от годовых осадков). Расчетное значение инфильтрационного питания скальных трещиноватых пород северных склонов Киргизского Алатау включает выклинивание подземных вод в реки и более глубокий отток по зоне трещиноватости в сторону предгорной равнины.

Реки горных склонов остаются не зарегулированными, их расходы сохраняются на среднегодовом уровне, благодаря чему питание подземных вод в зоне их формирования остается в естественном состоянии. Подземный речной сток определен по межнным расходам, и составляет в зависимости от геоморфологических и литолого-стратиграфических условий от 0,012-0,075 м³/с до 1,03-1,343 м³/с, или 34,8-89,3% от поверхностного стока (таблица 3.3). Модули подземного речного стока изменяются в пределах 1,0-8,6 л/с с 1 км². Суммарный подземный сток оценен в 6,56 м³/с или 47,6% от поверхностного. Отток подземных вод ниже глубины речного дренирования ориентировочно составляет 3,25 м³/с, без учета потерь на эвапотранспирацию.

Таблица 3.2 – Величина питания подземных вод северного склона Киргизского Алатау за счет инфильтрации атмосферных осадков

<i>Водоносные зоны</i>	<i>Площадь, км²</i>	<i>Коэффициент инфильтрации, доли единиц</i>	<i>Высота слоя инфильтрации, мм/год</i>	<i>Модуль инфильтрационного питания, л/с на км²</i>	<i>Подземный сток, м³/с</i>	<i>Доля от годовой суммы атмосферных осадков, %</i>
Интрузивные образования	1306	0,18	117,0	3,71	4,85	18,0
Породы протерозоя	385	0,12	78,0	2,48	0,95	12,0
Породы ордовика	730	0,15	97,5	3,10	2,26	15,0
Породы девона и карбона	469	0,18	117,0	3,71	1,74	18,0
ИТОГО	2890	0,16*	106,9*	3,39*	9,81	16,4*

*Примечание: * - средневзвешенное значение*

В – Гидрогеологический район предгорий в каждом гидрогеологическом подрайоне характеризуется специфическими особенностями питания, циркуляции и накопления подземных вод.

Подрайон В.1 – Долина реки Шу служит восточной границей территории исследований и представляет собой область транзита поверхностного и подземного стока с зонами местного питания и разгрузки подземных вод. Сток реки Шу формируется в пределах Кыргызстана и зарегулирован несколькими водохранилищами, в том числе в пределах Жамбылской области – Тасоткельским. Транзитный подземный сток долины рассчитан гидродинамическим методом по формуле Дарси по поперечному створу и составляет 0,696 м³/с (2016 г.).

Таблица 3.3 – Подземный сток горных рек северного склона Киргизского Алатау

№№ п/п	Река	Площадь водо- сбора, км ²	Средне много- летний расход реки, м ³ /с	Модуль поверх- ностного стока, л/с на км ²	Подзем- ный сток, м ³ /с	Модуль, подзем- ного стока, л/с на км ²	Доля подземного стока от поверхност- ного, %
<i>Реки, дренирующие трещинные воды интрузивных образований</i>							
1	Аспара	430,0	3,34	7,77	1,103	2,57	33,0
2	Мерке	505,0	3,46	6,85	1,343	2,66	38,8
3	Кокдунень	66,8	0,65	9,73	0,350	5,24	53,8
4	Когуршун	57,0	0,36	6,32	0,215	3,77	59,7
5	Жалсу	47,1	0,71	15,07	0,406	8,62	57,2
6	Талдысу	39,2	0,38	9,69	0,168	4,29	44,2
7	Джарлысу	36,0	0,25	6,94	0,152	4,22	60,8
<i>Всего</i>		<i>1181,1</i>	<i>9,15</i>	<i>7,75</i>	<i>3,737</i>	<i>3,16</i>	<i>40,8</i>
<i>Реки, дренирующие трещинные воды протерозойских пород</i>							
8	Туюктур	22,1	0,156	7,07	0,11	4,98	70,5
9	Сулутур (Шибынды)	30,4	0,26	8,55	0,141	4,64	54,2
10	Макбал	57,7	0,246	4,26	0,136	2,36	55,3
11	Каинды	23,0	0,15	6,52	0,078	3,39	52,0
12	Мамай- Каинды	23,0	0,09	3,91	0,055	2,39	61,1
<i>Всего</i>		<i>156,2</i>	<i>0,902</i>	<i>5,78</i>	<i>0,52</i>	<i>3,33</i>	<i>57,6</i>
<i>Реки, дренирующие трещинные воды ордовикских пород</i>							
13	Чунгур	119,0	0,73	6,13	0,495	4,16	67,8
14	Котуджан	42,2	0,099	2,35	0,058	1,37	58,6
15	Сугутты	16,8	0,030	1,79	0,023	1,37	76,7
<i>Всего</i>		<i>178,0</i>	<i>0,859</i>	<i>4,83</i>	<i>0,576</i>	<i>3,24</i>	<i>67,1</i>
<i>Реки, дренирующие трещинные воды пород девона и карбона</i>							
16	Талдыбулак	8,9	0,023	2,58	0,012	1,35	52,2
17	Боктыкен	11,9	0,035	2,94	0,025	2,10	71,4
18	Сасыкбулак	5,2	0,015	2,88	0,013	2,50	86,7
19	Карасай	20,9	0,130	6,22	0,075	3,59	57,7
20	Джаланаш	9,2	0,080	8,70	0,036	3,91	45,0
21	Актыкен	25,2	0,100	3,97	0,074	2,94	74,0
22	Моалалы	64,0	0,250	3,91	0,104	1,63	41,6
23	Жолойранды	44,4	0,100	2,25	0,052	1,17	52,0
24	Каракат	57,6	0,450	7,81	0,213	3,70	47,3
<i>Всего</i>		<i>247,3</i>	<i>1,183</i>	<i>4,78</i>	<i>0,604</i>	<i>2,44</i>	<i>51,1</i>
<i>Реки, дренирующие трещинные воды пород различного возраста</i>							
25	Киисык- Сурат	42,5	0,051	1,20	0,043	1,01	84,3
26	Тузды-Сурат	25,6	0,056	2,19	0,05	1,95	89,3
27	Каракистак	566,0	1,97	3,48	1,03	1,82	52,3
<i>Всего</i>		<i>634,1</i>	<i>2,077</i>	<i>3,28</i>	<i>1,123</i>	<i>1,77</i>	<i>54,1</i>
ИТОГО		2396,7	14,171	5,91	6,560	2,74	46,3

Местные зоны питания подземных вод связаны с фильтрацией поверхностных и поливных вод, а также инфильтрацией атмосферных осадков на площади развития четвертичных аллювиальных отложений; а разгрузки – с процессами эвапотранспирации в речной долине.

Фильтрация поверхностных вод отмечена для р. Ыргайты, стекающей с Кендыктасских гор. Потери речных вод оценены в $0,943 \text{ м}^3/\text{с}$ (2016 г.). Река Шу в пределах территории исследований дренирует подземные воды и как местный источник питания не рассматривается.

Фильтрация поливных вод из ирригационных систем связана с Георгиевским магистральным каналом, который включает правую и левую ветки, имеющие почти постоянный годовой сток с расходом, соответственно, $1,56 \text{ м}^3/\text{с}$ и $5,09 \text{ м}^3/\text{с}$. При КПД каналов $0,9$ суммарные потери на фильтрацию оцениваются в $0,665 \text{ м}^3/\text{с}$.

Инфильтрация атмосферных осадков рассчитана при условии участия 20% годовой суммы атмосферных осадков в питании поровых вод аллювиальных отложений. Среднемноголетнее годовое количество осадков по данным наблюдений составляет 424 мм, то есть толщина слоя инфильтрации составляет 84 мм/год, а модуль инфильтрационного питания – $2,67 \text{ л/с с } 1 \text{ км}^2$. Площадь долины реки приблизительно 580 км^2 , а величина инфильтрационного питания оценена в $1,55 \text{ м}^3/\text{с}$.

Испарение с поверхности подземных вод и транспирация воды растениями (эвапотранспирация) рассчитаны с использованием данных А.К. Джаkelова [17]. Годовой слой испарения с уровня подземных вод и транспирации растительностью достигает 698 мм, при глубине подземных вод до 2 м, а при глубине до 3 м – 175 мм. Модуль потерь на эвапотранспирацию составляет, соответственно, $22,16 \text{ л/с на } 1 \text{ км}^2$ и $5,56 \text{ л/с на } 1 \text{ км}^2$. Суммарные потери на эвапотранспирацию с учетом площадей развития подземных вод с глубиной уровня до 2-3 м оцениваются в $3,1 \text{ м}^3/\text{с}$.

Подрайон В.2 – Междуречье Шу-Талас занимает предгорную равнину северных склонов Киргизского Алатау и включает по особенностям формирования ресурсов подземных вод три зоны [13-15, 52-54]: зона интенсивного поглощения поверхностных вод и формирования подземного стока, зона транзита подземного стока и местного питания, зона разгрузки подземных вод и подземного стока.

Зона интенсивного поглощения поверхностных вод и формирование подземного стока развита в полосе предгорного шлейфа конусов выноса шириной 5-15 км от подножий горных сооружений и площадью 1350 км^2 . Поверхностные водотоки фильтруются в руслах многочисленных рек, стекающих с северных склонов Киргизского Алатау, и на конусах выноса формируются мощные веерообразно направленные потоки подземных вод. Потери из русел горных речек составляют 31,6-62,2% от поверхностного стока и по данным служб водного хозяйства в среднемноголетнем разрезе оцениваются в $7,2 \text{ м}^3/\text{с}$, или 51% от среднемноголетнего стока рек северного склона [13-14].

Инфильтрация атмосферных осадков на площади предгорного шлейфа оценена при следующих условиях: расчетная площадь 1350 км², коэффициент инфильтрации 0,2-0,35 [17, 49-51], среднемноголетняя годовая сумма осадков 355 мм. Расчетная величина инфильтрационного питания 4,56 м³/с.

Поток подземных вод со стороны северных склонов Киргизского Алатау оценен выше и ориентировочно составляет 9,81 м³/с, в том числе подземный сток по речным долинам – 6,56 м³/с (таблица 3.3).

Дополнительным искусственным (техногенным) источником питания являются потери на фильтрацию поливной воды из ирригационных (магистральных) каналов, пересекающих предгорный шлейф. По данным местных водохозяйственным служб, суммарная величина потерь составляет до 0,42 м³/с или в среднем 20,4% от суммарного забора речных вод в голове канала. По отдельным каналам величина потерь изменяется от 6-10% до 32-45%.

В целом, расчетная величина питания подземных вод на предгорном шлейфе конусов выноса северного склона Киргизского Алатау оценена в 21,99 м³/с (7,2+4,56+9,81+0,42).

Ранее расчет подземного потока предгорного шлейфа конусов выноса северных склонов Киргизского Алатау от западных отрогов хребта до села Чалдыбар на границе с Кыргызстаном выполнен для расчетных блоков по формуле Дарси [13-14]. Уточненная величина подземного потока предгорного шлейфа протяженностью 159,6 км составил 21,0 м³/с (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Расчет подземного стока с предгорного шлейфа конусов выноса северных склонов Киргизского Алатау по формуле Дарси (по уточненным параметрам)

№№ расчетного блока	Ширина расчетного блока, км	Средняя мощность, м	Сечение подземного потока, км ²	Средний коэффициент фильтрации, м/сут	Средний уклон	Расход потока, м ³ /с
1	39,3	55,0	2,16	8,43	0,006	1,265
2	16,0	275,0	4,40	12,4	0,0043	2,715
3	15,0	140,0	2,10	7,4	0,0038	0,683
4	38,3	180,0	6,89	9,33	0,0059	4,392
5	14,0	346,0	4,84	13,8	0,0053	4,101
6	37,0	150,0	5,55	22,6	0,0054	7,839
ИТОГО	159,6					21,00

Зона транзита подземного стока и местного питания и разгрузки подземных вод охватывает полого наклонную предгорную равнину северного склона Киргизского Алатау, в которую по уклону перемещается поток напорно-безнапорных поровых вод предгорного шлейфа конусов выноса. По мере удаления от горных сооружений из-за изменения литологического состава водовмещающих пород, обусловленного увеличением глинистых прослоев,

происходит сокращение живого сечения подземного потока, возрастает величина напора и пьезометрические уровни устанавливаются выше поверхности земли. Дополнительное питание подземных вод в пределах предгорной равнины происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и фильтрации поливных вод на массивах орошения.

Инфильтрация атмосферных осадков на площади предгорной равнины оценена при следующих условиях: расчетная площадь 6,42 тыс. км², коэффициент инфильтрации 0,2 [17, 49-51], среднемноголетняя годовая сумма эффективных осадков, участвующая в питании подземных вод, 144,3 мм. Расчетная величина местного инфильтрационного питания 5,87 м³/с.

Фильтрация с орошаемых массивов определена при условии 35% потерь поливных вод (эмпирически выведенное значение для условий Жамбылской области. Количество поверхностных вод, подаваемых на регулярное орошение более 20 тыс. га земель, достигает 1,77 м³/с, при этом потери на фильтрацию составляют 0,62 м³/с.

Тем самым, суммарная величина подземного потока предгорной равнины оценивается в 27,49 м³/с (21,0+5,87+0,62).

На территории предгорной равнины отмечаются две зоны местной разгрузки подземных вод. Открытая разгрузка происходит в виде родников и речек типа «карасу» и приурочена к периферии конусов выноса. Величина открытого выклинивания определена в 1,6 м³/с. В классическом виде родники и речки, за редким исключением, не сохранились. Все местные водотоки в зоне открытой разгрузки подземных вод зарегулированы, перенаправлены в низовые русла для отвода воды за пределы зоны.

Скрытая разгрузка происходит с выходом подземных вод в зону аэрации и образованием на поверхности земли солончаков, солонцов, сазов и заболоченностей. Площадь скрытого выклинивания подземных вод оценена в 350 км². При глубине подземных вод 0-2 м величина годового слоя испарения с уровня подземных вод и транспирации растительностью достигает 698 мм, то есть скрытая разгрузка подземного потока составляет 7,744 м³/с.

Дополнительными факторами местной разгрузки в пределах предгорной равнины являются водоотбор подземных вод для хозяйственно-питьевых целей местного населения и самоизлив из бесхозных ранее пробуренных гидрогеологических скважин. Учетная величина добычи подземных вод на водозаборных участках предгорной равнины оценивается в 0,974 м³/с. Самоизливающиеся скважины выводят на поверхность до 1,2 м³/с подземных вод, по данным авторских полевых обследований в 2021-2022 гг.

Зона разгрузки подземного потока. К северной границе предгорной равнины мощность и водообильность водовмещающих пород снижаются, подземный поток теряет скорость, напоры снижаются и четвертичные водоносные горизонты аллювиально-пролювиальных отложений постепенно выклиниваются.

Расчетная производительность подземного потока к периферии предгорной равнины оценивается в 15,97 м³/с [27,49 – (1,6+7,744+0,974+1,2)].

Подземные воды по мере продвижения на север и северо-восток разгружаются в долины рек Курагаты и Шу.

В долину р. Курагаты выклинивается 1,43 м³/с безнапорных вод (среднемноголетний меженный сток) и до 0,67 м³/с напорных вод. Последняя величина рассчитана по гидродинамической сетки (модели) речной долины [13-16].

Разгрузка подземного потока в долину реки Шу вычислена как разница среднемноголетних расходов между гидрометрическими створами «сброс через плотину Тасоткель» (122 м³/с) и «с. Фурмановка» (134 м³/с) и составляет 12,0 м³/с, при этом на левобережной части дренируется до 9,0 м³/с.

Подземный сток в сторону песчаных массивов Мойынкум оценивается в 4,87 м³/с (15,97-1,43-0,67-9,0). Данное значение в пределах величин, определенных ранее [13-16].

Подрайон В.3 – Междуречье Талас-Аса ограничивает с запада территорию исследований и представляет собой область транзита поверхностного и подземного стока с зонами местного питания и разгрузки подземных вод. Долины рек Таласа и Асы при выходе из гор образуют единую обширную равнину с повсеместным распространением водоносного комплекса верхнечетвертичных-современных аллювиальных отложений. Формирование ресурсов безнапорных поровых южной части междуречья происходит в разнообразных условиях, под влиянием геолого-структурных, геоморфологических, гидрологических и климатических факторов, с учетом наличия антецедентной зоны – зоны пережима и сужение междуречной долины с уменьшением значений мощности аллювиальных отложений, как по площади, так и в разрезе.

Приток со стороны горных сооружений. В естественных условиях в пределах междуречья разгрузка трещинных вод со стороны гор Кызыладыр, Акташ, Ичкелетау (южная часть) и Киргизского хребта (на востоке) определена, соответственно, в 5 м³/с (83 л/с на 1 пог. км при протяженности 60,25 км) и 2,4 м³/с (57 л/с на 1 пог. км при протяженности 42,1 км). Относительно восточной границы южной части междуречья приток со стороны горных сооружений Киргизского Алатау оценивается в 2,052 м³/с (36 км*57 л/с*на км), при этом из расчета исключена протяженность киргизской части междуречья.

Подток подземных вод пролювиальных образований склонов хребта Каратау в аллювиальные отложения междуречья оценен в 0,32 м³/с и определен по расчетному профилю (формула Дарси), при следующих условиях: мощность 50 м, коэффициент фильтрации 7 м/сут, ширина потока 14 км и уклон 0,008.

Инфильтрация атмосферных осадков и оросительных вод. В количественном отношении, инфильтрация атмосферных осадков непосредственно на площади междуречья, не имеет выраженного значения, и большей частью расходуется на испарение и транспирацию. Питание подземных вод за счет потерь оросительных вод незначительно, принимая во внимание интенсивное внедрение водосберегающего капельного орошения.

Вопросы взаимосвязи подземных и поверхностных вод рассмотрены с учетом гидрогеодинамических особенностей южной части междуречья при оценке величин подземного стока по трем отдельным створам. Сопоставление расходов потока на выделенных створах указывает на наличие неоднородности в формировании подземных вод в тех или иных гидрогеодинамических зонах междуречья.

Створ I-I базовый (опорный) – характеризует приходные статьи баланса естественных ресурсов подземных вод междуречья, формирующиеся с горных сооружений в южном, западном и восточном обрамлениях. Подземный сток оценен в $3,73 \text{ м}^3/\text{с}$.

Створ II-II – расположен по широте антецедентной зоны, значение расхода потока рассчитано в $1,03 \text{ м}^3/\text{с}$. Разница расходов между створами II-II (перезжим междуречья) и I-I (южная зона междуречья) составляет $2,7 \text{ м}^3/\text{с}$ со знаком минус. Влияние на формирование подземного потока оказывают потери (фильтрация) поверхностного стока р. Аса ($0,83 \text{ м}^3/\text{с}$), выклинивание подземных вод в виде родников ($0,0185 \text{ м}^3/\text{с}$, потери на эвапотранспирацию $0,214 \text{ м}^3/\text{с}$ при следующих условиях: расчетная площадь $7,5 \text{ км}^2$ и среднее значение эвапотранспирации 900 мм/год) и разгрузка подземных вод в русло р. Талас ($2,46 \text{ м}^3/\text{с}$). При этом, фактически величина разгрузки подземных вод в русло р. Талас включает и потери стока р. Аса, то есть оценивается в $3,29 \text{ м}^3/\text{с}$. Значение разгрузки подземного потока в р. Талас на площади междуречья между створами I-I и II-II, в количественном выражении отвечает приращению поверхностного стока р. Талас, составляющему по гидрометрическим данным $3,44 \text{ м}^3/\text{с}$.

В створе III-III (северная зона) расчет расхода потока выполнен для условий формирования подземных вод за границей антецедентной зоны и составляет $3,12 \text{ м}^3/\text{с}$, что практически соответствует потере подземного потока между створами II-II и I-I в количестве $2,7 \text{ м}^3/\text{с}$. По сопоставлению с расходом непосредственно на створе II-II, расход потока повышается на $2,08 \text{ м}^3/\text{с}$. Подземный поток севернее створа III-III формируется за счет потерь поверхностного стока рек Аса ($0,77 \text{ м}^3/\text{с}$) и Талас ($1,31 \text{ м}^3/\text{с}$).

Таким образом, в пределах южной части междуречья Талас-Аса (гидрогеологический подрайон В.3) выделяются две гидрогеодинамические зоны: южная (до антецедентной зоны) и северная (после). Для южной зоны основным фактором формирования потока подземных вод является подток со стороны области питания, а для северной – подземный поток обеспечивается за счет потерь поверхностного стока рек Талас и Аса. Кроме того, эти зоны различаются по емкостным и фильтрационным параметрам, более высокими в южной зоне.

3.5 Гидрогеохимическая характеристика

Основными факторами формирования химического состава подземных вод территории исследований являются климатические, гидрологические, геоморфологические и геолого-гидрогеологические. Гидрогеохимическая характеристика приведена по выделенным гидрогеологическим районам.

А. Горный гидрогеологический район занимает северные склоны Киргизского Алатау и представляет собой гидрогеологический массив трещинных и трещинно-жильных безнапорных вод скальных пород, объединенных в гидравлически взаимосвязанные водоносные зоны открытой трещиноватости протерозойских, ордовикских, девон-карбоновых и интрузивных образований. Основной вклад в формировании химического состава трещинных безнапорных вод вносят атмосферные осадки, гидрохимические показатели которых изучаются с 70-х годов прошлого столетия. С 2000 года национальная гидрометеорологическая служба ведет наблюдения за химическим составом осадков на трех метеостанциях: Бурно-Октябрьское, Тараз и Толеби (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Гидрогеохимические показатели атмосферных осадков территории исследований

<i>№№ пп</i>	<i>Гидрохимические показатели. Содержание: от-до/среднее (количество анализов)</i>	<i>Архивные данные</i>	<i>МС Бурно-Октябрьское</i>	<i>МС Тараз</i>	<i>МС Толеби</i>
1	Минерализация (сумма солей), мг/л	12,3-126,8 55,8 (9)	10,2-30,8 24,0 (8)	10,8-67,9 34,0 (14)	24,5-76,2 41,9 (11)
<i>Анионы, мг/л</i>					
2	Хлориды (Cl ⁻)	0,7-4,2 1,9 (9)	1,6-8,1 3,4 (8)	1,5-14,5 4,3 (14)	2,7-13,4 6,7 (11)
3	Сульфаты (SO ₄ ⁻)	1,2-27,9 12,6 (9)	1,4-7,3 4,4 (8)	3,6-27,3 8,4 (14)	2,3-23,1 12,0 (11)
4	Гидрокарбонаты (НСО ₃ ⁻)	7,3-61,0 27 (9)	2,1-16,8 7,8 (8)	1,7-46,7 11,9 (14)	15,9-46,7 28,1 (11)
5	Нитраты (NO ₃ ⁻)		0,5-3,1 1,5 (8)	0,1-1,9 0,9 (14)	0,1-1,6 0,7 (11)
<i>Катионы, мг/л</i>					
6	Натрий+калий (Na ⁺ +K ⁺)	0,2-14,7 5,4 (9)	0,4-3,1 1,9 (8)	0,75-8,8 3,7 (14)	2,0-16,0 8,1 (11)
7	Кальций (Ca ⁺⁺)	2,0-17,2 7,3 (9)	0,9-6,2 3,8 (8)	1,7-8,3 4,3 (14)	5,7-12,3 9,3
8	Магний (Mg ⁺⁺)	0,4-3,6 1,7 (9)	0,1-0,8 0,5 (8)	0,2-1,8 0,8 (14)	0,5-2,9 1,2 (11)
9	Аммоний (NH ₄ ⁺)		0,2-1,6 0,9 (8)	0,1-2,1 0,8 (14)	0,03-3,3 0,9 (11)
10	Общая жесткость, мг-экв/л	0,16-1,07 0,51 (9)	0,06-0,37 0,23 (8)	0,1-0,5 0,28 (14)	0,24-0,66 0,52 (11)
11	Водородный показатель (рН)		6,3-6,9 6,6 (8)	5,8-7,6 6,6 (14)	6,9-7,7 7,3 (11)

По архивным данным, атмосферные осадки, обогатившись углекислотой и солями континентальной пыли, которые переносятся ветрами с песчаных

массивов Мойынкум и Приаралья, обладают гидрокарбонатным и гидрокарбонатно-сульфатным кальциевым и кальциево-натриевым составом. Минерализация осадков варьировала в пределах 12,3-126,8 мг/л при среднем содержании 55,8 мг/л, воды ультрапресные, очень мягкие (общая жесткость 0,2-1,1 мг-экв/л). Сводная формула ионного состава выглядит следующим образом:

$$M_{0,01-0,13} \frac{HCO_3 45,3 - 71,4 SO_4 17,6 - 48,8 Cl 3,8 - 23,1}{Ca 18,9 - 76,5 Na + K 5,9 - 62,3 Mg 12,3 - 23,3} Ж0,2 - 1,1$$

По наблюдениям на метеостанциях, атмосферные осадки остаются ультрапресными (величина минерализации 10-76 мг/л), очень мягкие (общая жесткость 0,1-0,7 мг-экв/л), от слабокислых до слабощелочных (рН 5,8-7,7) (таблица 3.5). По химическому составу воды смешанные, трехкомпонентные с преобладанием катионов кальция и натрия, сводные формулы ионного состава приведены ниже.

Метеостанция Бурно-Октябрьское:

$$M_{0,01-0,03} \frac{HCO_3 8,4-68,1 SO_4 10-41,6 Cl 12,1-54,7 NO_3 3,2-22,7}{Ca 34,3-71,7 Na + K 5,7-37,3 Mg 7,6-16,8 NH_4 2,3-35,2} Ж0,06 - 0,37 рН6,3 - 6,9$$

Метеостанция Тараз:

$$M_{0,01-0,07} \frac{HCO_3 7,5-59,8 SO_4 8,9-67 Cl 16,4-31,6 NO_3 0,1-9,9}{Ca 39,3-53,4 Na + K 16,3-73,3 Mg 7,7-30,5 NH_4 2,8-26,7} Ж0,1 - 0,5 рН5,8 - 7,6$$

Метеостанция Толе би:

$$M_{0,025-0,08} \frac{HCO_3 45,1-75,4 SO_4 11,7-99,8 Cl 111,2-53,7 NO_3 0-5,0}{Ca 46,7-92,3 Na + K 16,5-82,1 Mg 4,0-44 NH_4 20,4-19,5} Ж0,24 - 0,66 рН6,9 - 7,7$$

Атмосферные осадки, выпадая на поверхность горных сооружений, вступают во взаимодействие с трещиноватыми скальными породами, и химический состав подземных вод контролируется характером водообмена и литологией водосодержащих отложений. Интенсивный водообмен и хорошая промытость горных пород способствуют распространению ультрапресных безнапорных трещинных вод с минерализацией 45-436 мг/л, величиной общей жесткости – 0,4-4,3 мг-экв/л и величиной рН – 7,3-7,8 (нейтральная и слабощелочная реакция). По химическому составу подземные воды близки к атмосферным осадкам, среди анионов преобладают гидрокарбонаты, реже сульфаты, а среди катионов кальций и натрия (таблица 3.6). В пределах развития интрузивных пород в подземных водах повышается содержание щелочных металлов (катионы натрия и калия), а на участках распространения доломитовых кварцитов – катионов магния. За счет преимущественного алюмосиликатного состава горных пород подземные воды обогащаются

диоксидом кремния (8,3-17,8 мг/л). Сводный ионный состав безнапорных трещинных вод имеет вид:

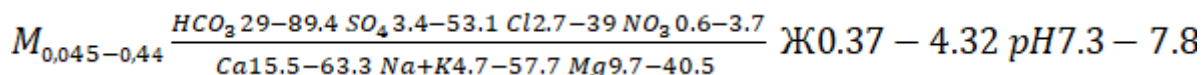
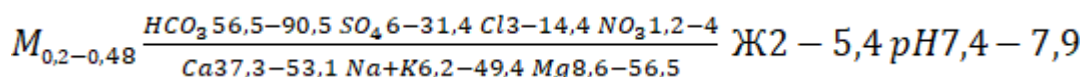


Таблица 3.6 – Гидрогеохимические показатели подземных и речных вод горного района

№№ п/п	Гидрохимические показатели. Содержание: от-до/среднее (количество анализов)	Безнапорные воды открытой трещиноватости скальных пород	Горные реки
1	Минерализация (сумма солей), мг/л	45,0-440,0 250,3 (14)	197-480 360 (12)
<i>Анионы, мг/л</i>			
2	Хлориды (Cl ⁻)	3,0-56,3 12,5 (14)	3,6-27,4 12,5 (12)
3	Сульфаты (SO ₄ ⁻)	1,0-116,3 43,3 (14)	10,0-77,5 49,7 (12)
4	Гидрокарбонаты (HCO ₃ ⁻)	24,0-241,6 128,9 (14)	134,0-263,7 199,4 (12)
5	Нитраты (NO ₃ ⁻)	2,0-11,0 5,4 (5)	4,0-12,0 8,7 (8)
<i>Катионы, мг/л</i>			
6	Натрий+калий (Na ⁺ +K ⁺)	4,1-68,7 25,4 (14)	4,6-58,2 30,4 (12)
7	Кальций (Ca ⁺⁺)	4,0-63,0 28,8 (14)	23,0-74,2 41,7 (12)
8	Магний (Mg ⁺⁺)	2,0-21,0 9,3 (14)	4,5-32,8 16,1 (12)
9	Общая жесткость, мг- экв/л	0,37-4,32 2,21 (14)	2,0-5,43 3,49 (12)
10	Диоксид кремния (SiO ₂)	8,3-17,8 11,8 (5)	8,1-17,8 13,0 (8)
11	Водородный показатель (pH)	7,3-7,8 7,65 (5)	7,4-7,9 7,6 (8)

Трещинные безнапорные воды скальных пород дренируются реками, пересекающими горные склоны и состав речной воды близок к составу подземных вод. Речные воды ультрапресные с минерализацией 197-480 мг/л и величиной общей жесткости 2-5,4 (мягкие и средней жесткости), реакция воды нейтральная и слабощелочная (pH – 7,4-7,9) (таблица 3.6). Формула сводного ионного состава речных вод выглядит следующим образом:



В. Гидрогеологический район предгорий примыкает к северным склонам Киргизского Алатау и в геоструктурном отношении относится к юго-западной периферии Шу-Сарысуской впадины.

В пределах предгорного шлейфа конусов выноса междуречья Шу-Талас (*подрайон В.2*), непосредственно примыкающего к скальным породам горных сооружений, развиты в основном безнапорные поровые воды грубообломочных осадочных четвертичных отложений. На формирование химического состава подземных вод предгорного шлейфа основное влияние оказывают трещинные и речные воды, поступающие с горных склонов, а также атмосферные осадки в пределах вершин конусов выноса. Здесь распространены преимущественно ультрапресные воды с величиной средней минерализации 390 мг/л, гидрокарбонатного, реже гидрокарбонатно-сульфатного и смешанного катионного состава с преобладанием кальция. Воды нейтральные (рН 7,3-7,5), обычно мягкие (общая жесткость 2,2-4,5 мг-экв/л) (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Гидрогеохимические показатели подземных вод предгорного шлейфа и предгорной равнины

<i>№№ п/п</i>	<i>Гидрохимические показатели. Содержание: от- до/среднее (количество анализов)</i>	<i>Напорно-безнапорные воды шлейфа конусов выноса</i>	<i>Напорно-безнапорные воды предгорной равнины</i>
1	Минерализация (сумма солей), мг/л	252-553 386 (15)	216-1400 422 (21)
<i>Анионы, мг/л</i>			
2	Хлориды (Cl ⁻)	3,5-38,5 14,4 (15)	2,9-295,2 38,8 (21)
3	Сульфаты (SO ₄ ⁻²)	19,7-15,7,3 75,3 (15)	28,1-576 117,9 (21)
4	Гидрокарбонаты (HCO ₃ ⁻)	128,1-263,6 186,2 (15)	62,6-208,3 150,6 (21)
5	Нитраты (NO ₃ ⁻)	3,8-11,3 7,85 (6)	0-11,0 3,1 (17)
<i>Катионы, мг/л</i>			
6	Натрий+калий (Na ⁺ +K ⁺)	22,3-84,1 44,8 (15)	10,7-308,8 55,2 (21)
7	Кальций (Ca ⁺⁺)	25-61,7 42,9 (15)	11-77,2 43,7 (21)
8	Магний (Mg ⁺⁺)	11-20,8 14,8 (15)	3,6-49 13,0 (21)
9	Общая жесткость, мг- экв/л	2,2-4,5 3,4 (15)	1,55-7,67 3,26 (17)
10	Диоксид кремния (SiO ₂)	1,3-12,3 9,3 (6)	8,7-15,7 11,6 (17)
11	Водородный показатель (рН)	7,3-7,5 7,4 (6)	6,7-7,95 7,3 (17)

Сводная формула ионного состава имеет вид:

$$M_{0,25-0,55} \frac{HCO_3 46,1-87 \ SO_4 10,5-47,4 \ Cl 2,5-17,7 \ NO_3 0,8-1,8}{Ca 33,9-53,4 \ Na+K 21,5-50 \ Mg 14,2-34,4} \ Ж 2,2 - 4,5 \ pH 7,3 - 7,5$$

При переходе подземного потока от предгорного шлейфа к полого-наклонной предгорной равнине изменяются гидрогеодинамические условия. Особенности веерообразного размещения водоносных слоев в мощной толще аллювиально-пролювиальных четвертичных образований создают условия как для возникновения зон выклинивания и неглубокого залегания подземных вод, так и широкого развития напорных вод. Химический состав напорных водоносных горизонтов предопределяется гидрогеохимическими показателями подземных вод конусов выноса, а также трещинных и речных вод, участвующих в питании подземного потока предгорного шлейфа.

Поровые напорные воды предгорной равнины ультрапресные и пресные с минерализацией 215-684 мг/л, с величиной общей жесткости 1,6-5,2 мг-экв/л (мягкие и средней жесткости). Реакция воды нейтральная и слабощелочная (рН 6,7-7,95). В химическом составе преобладают гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые и натриево-кальциевые воды, реже смешанные по катионам (таблица 3.7).

На площадях выклинивания и неглубокого залегания подземных вод на формирование химического состава влияют континентальные факторы (засоленность почвогрунтов, процессы эвапотранспирации и др.), что приводит к повышению минерализации подземных вод и переходу их в категорию слабосоленоватых вод (1-3 г/л), средней жесткости (до 8 мг-экв/л) с преобладанием в ионном составе анионов сульфата и хлора и катионов натрия.

Формула сводного ионного состава напорно-безнапорных поровых вод предгорной аллювиально-пролювиальной равнины выглядит следующим образом:

$$M_{0,22-1,4} \frac{HCO_3 7,3-79,3 \ SO_4 115,3-61,2 \ Cl 2-38 \ NO_3 0-3,4}{Ca 10,5-71,9 \ Na+K 16,4-70,5 \ Mg 8,5-40} \ Ж 1,6 - 7,7 \ pH 6,7 - 8,0$$

В пределах *долины реки Шу*, которая ограничивает территорию исследований с востока (*подрайон В.1*) на формирование химического состава поровых напорно-безнапорных вод четвертичных аллювиальных отложений оказывают влияние местные зоны питания, связанные с фильтрацией поверхностных и поливных вод, инфильтрацией атмосферных осадков, а также процессы континентальной эвапотранспирации.

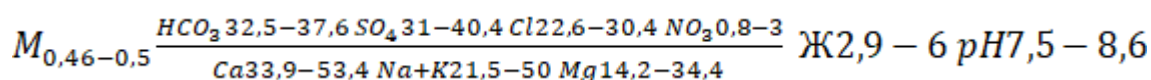
Поверхностный сток реки Шу, которая представлена средним течением, формируется в пределах Кыргызстана и зарегулирован несколькими водохранилищами, в том числе в пределах Жамбылской области – Тасоткельским. Минерализация речной воды составляет в межень 260-870 мг/л, а в паводок – 80-210 мг/л [27]. По данным Института гидрогеологии и

геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, поверхностные воды реки Шу ультрапресные с минерализацией 460-500 мг/л, слабощелочные (рН 7,5-8,6), по величине общей жесткости от мягких до средне жестких (2,9-6,0 мг-экв/л). По химическому составу смешанные по анионам и катионам с преобладанием ионов сульфатов и гидрокарбонатов, кальция и натрия (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Гидрогеохимические показатели поверхностных и подземных вод долины Шу

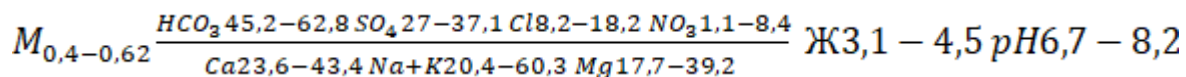
<i>№№ пп</i>	<i>Гидрохимические показатели. Содержание: от- до/среднее (количество анализов)</i>	<i>Река Шу</i>	<i>Напорно- безнапорные воды четвертичных аллювиальных отложений</i>
1	Минерализация (сумма солей), мг/л	460-500 478,8 (4)	393-612 527,3 (10)
<i>Анионы, мг/л</i>			
2	Хлориды (Cl ⁻)	46,8-68,5 59,0 (4)	16-54,3 35,0 (10)
3	Сульфаты (SO ₄ ⁻)	94,3-113,2 104,3 (4)	72,5-147,2 110,1 (10)
4	Гидрокарбонаты (HCO ₃ ⁻)	118,3-144,2 132,2 (4)	192,2-268,4 230,4 (10)
5	Нитраты (NO ₃ ⁻)	3,0-12 6,6 (4)	4,0-44,3 12,8 (10)
<i>Катионы, мг/л</i>			
6	Натрий+калий (Na ⁺ +K ⁺)	69,4-116,2 95,9 (4)	22,5-112,1 68,7 (10)
7	Кальций (Ca ⁺⁺)	38,7-75,6 60,5 (4)	38-51,7 43,7 (10)
8	Магний (Mg ⁺⁺)	11,6-28,3 17,0 (4)	14,8-28,3 21,3 (10)
9	Общая жесткость, мг-экв/л	2,9-6,0 4,4 (4)	3,1-4,5 4,0 (10)
10	Диоксид кремния (SiO ₂)	2,7-8,2 5,9 (4)	5,4-17,4 12,7 (6)
11	Водородный показатель (рН)	7,5-8,6 7,9 (4)	6,7-8,2 7,2 (10)

Сводный ионный состав имеет вид:



Основными загрязняющими веществами в речной воде являются органика и нефтепродукты, по качественным показателям река Шу отнесена к умеренно загрязненной [27, 30].

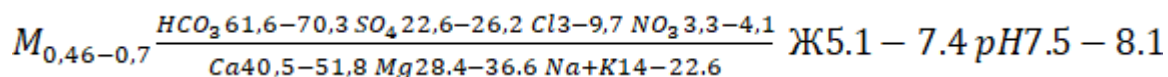
Поровые воды четвертичных аллювиальных отложений долины реки Шу ультрапресные и пресные с минерализацией 393-612 мг/л, нейтральные и слабощелочные (рН 6,7-8,2), а по величине общей жесткости (3,1-4,5 мг-экв/л) отнесены в основном к мягким (таблица 3.8). По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные натриево-кальциевые, реже смешанные по катионам. Сводная формула химического состава выглядит как:



В южной части *междуречья Талас-Аса*, которое расположено на западе территории исследований (*подрайон В.3*), основное влияние на химический состав напорно-безнапорных поровых вод четвертичных аллювиальных отложений оказывают гидрогеохимические показатели транзитного подземного потока, который формируется в Республике Кыргызстан, местного подземного подтока со стороны горных сооружений, а также атмосферных осадков в зонах местного питания.

Качество поверхностных вод рек Талас и Аса оценивается как удовлетворительное, по химическому составу они смешанные по анионам и катионам с преобладание ионов гидрокарбонатов и сульфатов, натрия и кальция, со среднегодовой минерализацией 500-700 мг/л (воды пресные) [28]. В годовом разрезе содержание солей изменяется в пределах 300-1000 мг/л. В целом, гидрохимические показатели речных вод определяются с одной стороны, качеством воды, поступающей из Кыргызстана и, с другой стороны, нагрузкой на водотоки отраслями промышленности и аграрного сектора Жамбылской области. К числу основных загрязняющих веществ относятся фториды, азотные соединения и нефтепродукты [28, 30].

Поровые воды четвертичных аллювиальных отложений междуречья Талас-Аса характеризуются как пресные с минерализацией 463-696 мг/л, слабощелочные (рН 7,5-8,1), средне жесткие (5,1-7,4 мг-экв/л) (таблица 3.9). По химическому составу подземные воды сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые. Сводный ионный состав отображается следующей формулой:



В 2021-2022 годах под руководством автора проведены региональные гидрогеологические экспедиционные обследования территории исследований в рамках программ целевого и грантового финансирования Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина. В предгорном районе Киргизского Алатау выполнен отбор подземных вод на действующих водозаборных сооружениях и из самоизливающихся скважин на соответствие требованиям к водоисточникам хозяйственно питьевого назначения [55].

Обработка гидрогеохимических данных проведена с применением программного средства AquaChem 11.0 [56].

Таблица 3.9 – Гидрогеохимические показатели подземных вод междуречья Талас-Аса

<i>№№ пп</i>	<i>Гидрохимические показатели. Содержание: от-до/среднее (количество анализов)</i>	<i>Напорно-безнапорные воды четвертичных аллювиальных отложений</i>
1	Минерализация (сумма солей), мг/л	463-696 562 (3)
<i>Анионы, мг/л</i>		
2	Хлориды (Cl ⁻)	7,1-31,9 17,7 (3)
3	Сульфаты (SO ₄ ⁻)	72,4-109,3 86,1 (3)
4	Гидрокарбонаты (HCO ₃ ⁻)	238-347,8 290,9 (3)
5	Нитраты (NO ₃ ⁻)	12,3-23,1 17,5 (3)
<i>Катионы, мг/л</i>		
6	Натрий+калий (Na ⁺ +K ⁺)	24-44,5 36,7 (3)
7	Кальций (Ca ⁺⁺)	58,1-96,1 70,8 (3)
8	Магний (Mg ⁺⁺)	26,8-31,6 29,6 (3)
9	Общая жесткость, мг-экв/л	5,1-7,4 6,0 (3)
10	Диоксид кремния (SiO ₂)	11,9-14,5 13,3 (3)
11	Водородный показатель (pH)	7,5-8,1 7,8 (3)

Программное обеспечение для анализа данных о качестве воды и отчетности. Инструменты анализа AquaChem охватывают ряд функций и расчетов, включая преобразования единиц измерения, балансы зарядов и статистику. Эти мощные аналитические возможности дополняются широким выбором широко используемых геохимических графиков для представления химических характеристик данных о качестве воды (рисунки 3.7-3.11).

На данных графиках представлено содержание основных макро и микрокомпонентов состава подземных вод, полученного в результате геохимического опробования, выполненного в 2021-2022 г.г. на территории исследования. На рисунке 3.12 показан процесс выполнения полевых работ.

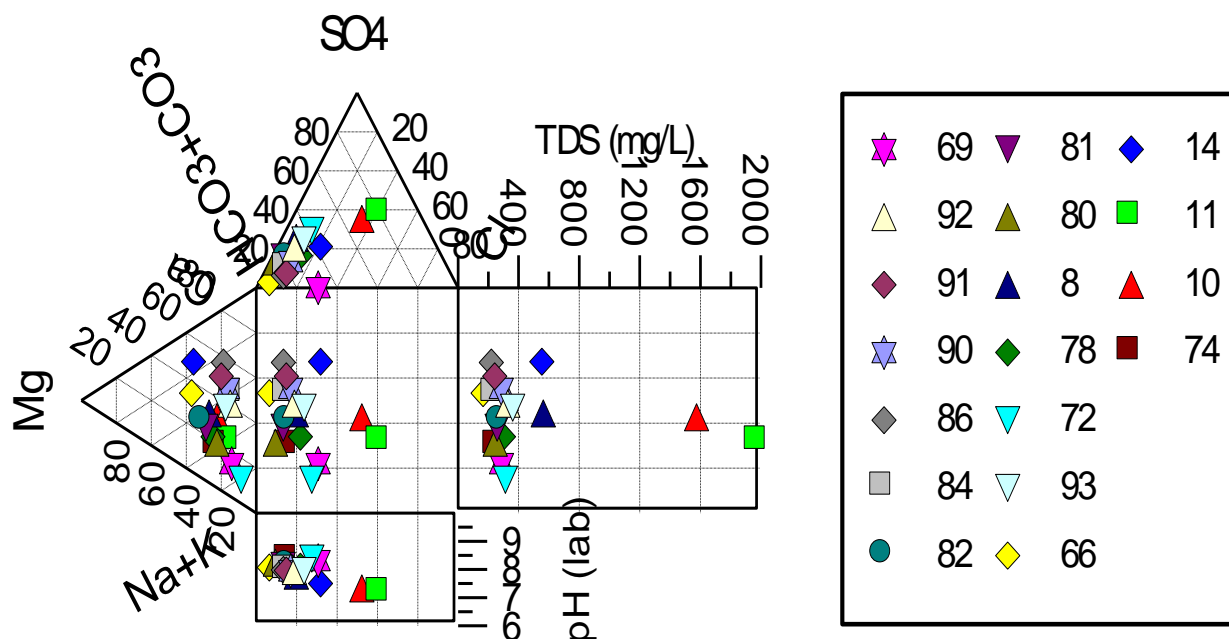


Рисунок 3.7 – График 1. Сдвоенная треугольная Диаграмма Дурова, отражающая величину анионо-катионного состава в пробах подземных вод самоизливающихся скважин Жамбылской области

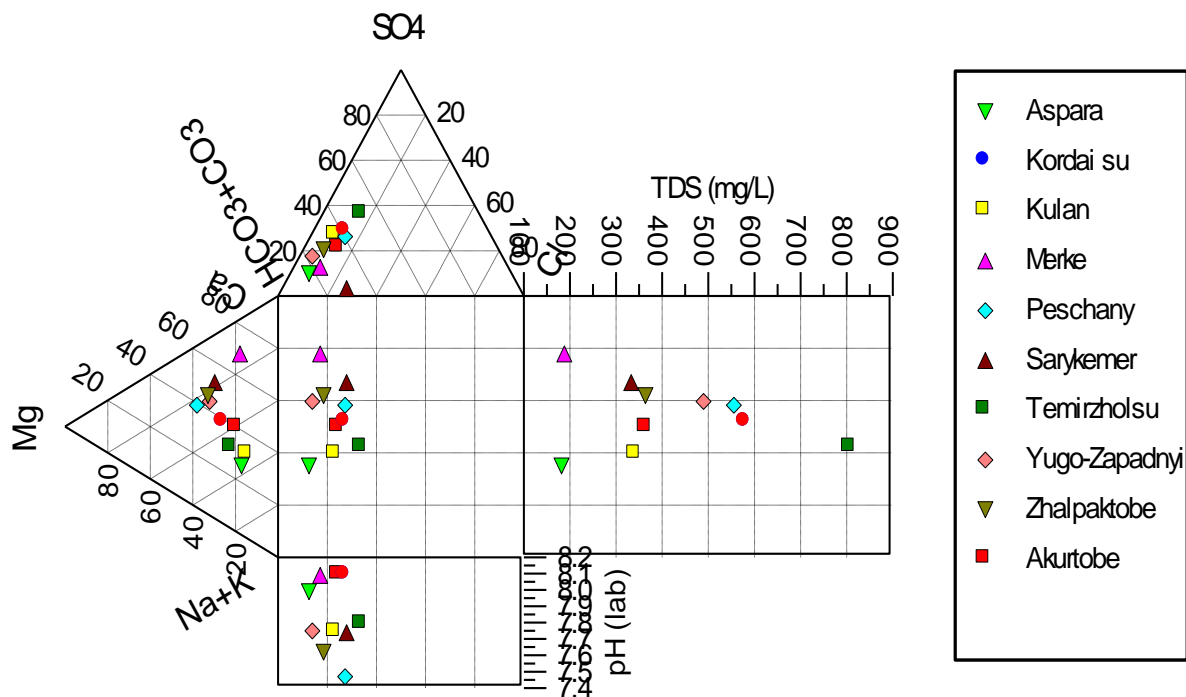


Рисунок 3.8 - График 2. Сдвоенная треугольная Диаграмма Дурова, отражающая величину анионо-катионного состава в пробах подземных вод водозаборов Жамбылской области

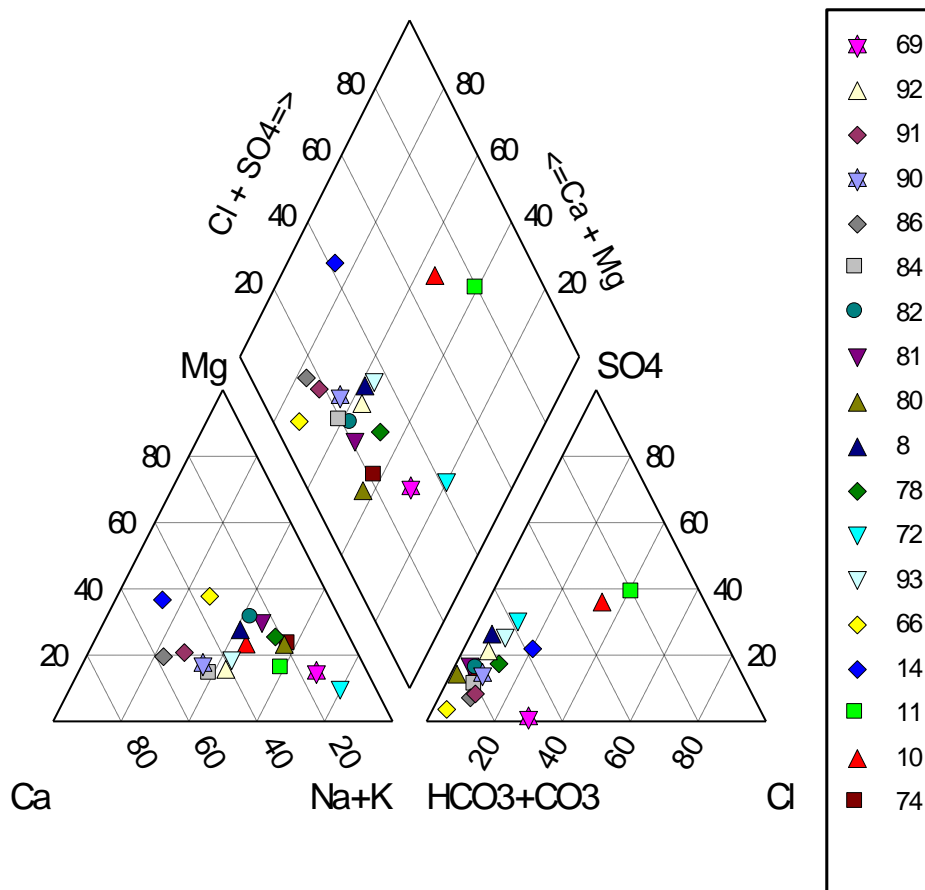


Рисунок 3.9 - График 3. Диаграмма Пайпера графическое представление химического состава проб подземных вод самоизливающихся скважин Жамбылской области по основным макро- и микрокомпонентам

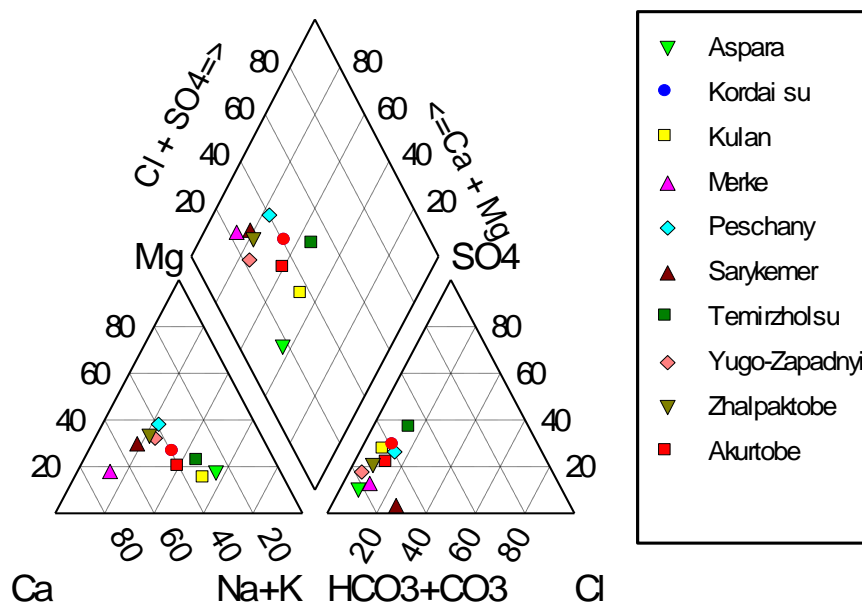


Рисунок 3.10 - График 4. Диаграмма Пайпера графическое представление химического состава проб подземных вод водозаборов Жамбылской области по основным макро- и микрокомпонентам

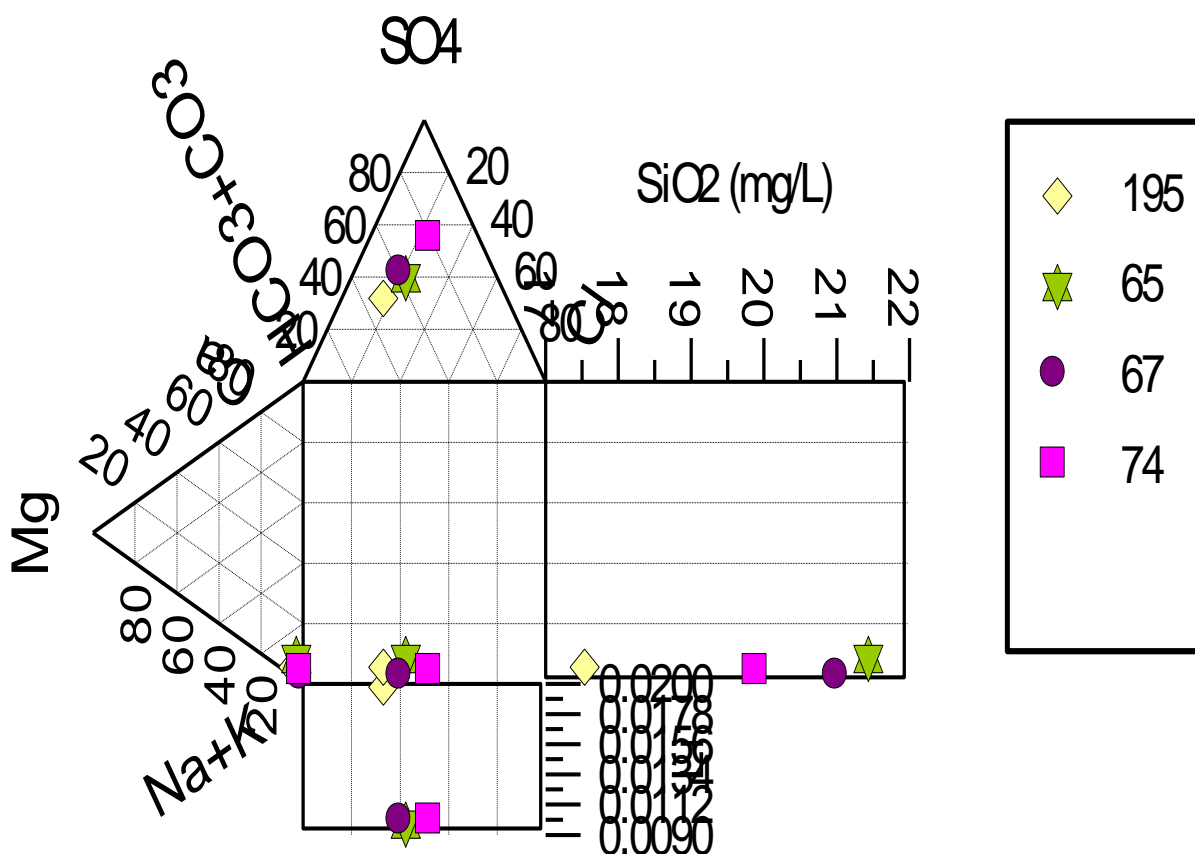


Рисунок 3.11 - График 5. Сдвоенная треугольная Диаграмма Дурова, отражающая величину анионо-катионного состава в пробах подземных вод самоизливающихся скважин Жамбылской области с теплой водой (температура воды в скважинах от 30 до 31 °С)

Результаты химико-аналитических исследований подземных вод предгорного района позволили оценить современное их качество и потенциальный риск для здоровья населения [57]. Почти по всем скважинам результаты анализов воды по макро- и микрокомпонентам в пределах ПДК, кроме четырех скважин с теплой водой.

Никаких потенциальных рисков для здоровья населения качество воды не представляет.



Рисунок 3.12 – Процесс проведения полевых работ

4. РЕСУРСЫ И ЗАПАСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Территория исследований, охватывающая предгорья северных склонов Киргизского Алатау в Жамбылской области, характеризуется повсеместным распространением четвертичных водоносных горизонтов и комплексов, содержащих доброкачественные пресные подземные воды, представляющие практический интерес для разнообразного целевого использования. Оценка ресурсного потенциала подземных вод (прогнозных ресурсов и эксплуатационных запасов) и перспектив их использования в целях водоснабжения городских и сельских населенных пунктов, регулярного орошения является одной из актуальнейших задач для устойчивого социально-экономического развития региона.

4.1 Естественные запасы и возобновляемые ресурсы подземных вод

Ресурсный потенциал подземных вод обеспечивается, главным образом, естественными (ежегодно возобновляемыми) ресурсами и, в большинстве случаев при эксплуатации, естественными (емкостными) запасами. Последние в процессе водоотбора могут истощаться, тем самым обеспечивая непрерывный режим эксплуатации, менее зависимый от естественного ритма пополнения подземных вод. Разнообразие размеров и структуры подземных потоков, их связей с атмосферными осадками и поверхностными водами, а также качества их воды отражается в огромной изменчивости естественных запасов и ресурсов подземных вод. Востребованность подземных вод как устойчивого водоисточника на рассматриваемой территории обусловила наличие нескольких разновременных региональных оценок [2, 3, 9, 11-15, 17, 19, 60-61].

Естественные (емкостные) запасы подземных вод рассматриваются как объем воды, высвобождающийся из водоносных горизонтов и комплексов при его осушении. Результаты ранее выполненных региональных оценок емкостных запасов напорно-безнапорных подземных вод четвертичных отложений территории исследований сведены в таблице 4.1. Более ранние (1961-1968 гг.) значения при расчетной площади северных предгорий Киргизского Алатау в 3,5-13,0 тыс. км² представляются заниженными (33 км³ воды) или завышенными (235-270 км³ воды). При более поздних региональных оценках (1973-1983 гг.) естественные запасы подземных вод территории варьируют в пределах 94-103 км³, а модули их составляют 6,8-18 млн. м³/км².

Расчеты емкостных запасов напорно-безнапорных поровых вод четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений проведены для подрайонов предгорного гидрогеологического района. При выборе расчетных параметров для водоносных горизонтов и комплексов уточнены площадь распространения, а по результатам разведочных гидрогеологических работ, мощность и коэффициент гравитационной водоотдачи. Суммарные естественные запасы подземных вод северных предгорий Киргизского Алатау для Предгорного (В) гидрогеологического района составляют 123,74 км³, в том числе по подрайонам: Долина реки Шу (В.1) – 21,66 км³, Междуречье Шу-Талас (В.2) – 98,5 км³ и Междуречье Талас-

Аса (В.3) – 3,58 км³ (таблица 4.2). Соответственно, значения модулей естественных запасов оценены в 10,87 млн. м³/км² (В.1), 12,36 млн. м³/км² (В.2) и 7,31 млн. м³/км² (В.3).

Таблица 4.1 – Региональные оценки естественных (емкостных) запасов подземных вод территории исследований

№№ п/п	Год оценки и источник	Расчетные параметры			Естественные (емкостные) запасы подземных вод, млрд. м ³	Модуль естественных (емкостных) запасов подземных вод, млн. м ³ /км ²
		Площадь, тыс. км ²	Средняя мощность, м	Коэффициент гравитационной водоотдачи, доли единицы		
В. Предгорный гидрогеологический район (предгорья Киргизского Алатау)						
1	1961 [32]				270	1,4
2	1964 [2]	3,5			33	9,0
	зона погружения	3,5	40	0,18	25	7,0
	неглубокое залегание	3,5	20	0,12	8	2,0
3	1968 [12]	13,0	100	0,18	235	18,0
4	1973 [13]	12,0	45	0,15	94	7,8
5	1978 [15]	13,0			103	7,9
	предгорный шлейф	1,35	100	0,18	24,3	18,0
	напорные воды	11,65	45	0,15	78,7	6,8
6	1979 [58], 1983 [59]	8,555	89	0,12-0,18	94,0	11,0
	предгорный шлейф				27,0	
	предгорная равнина				67,0	

В Шуйской долине выделены два района, разделяемые Тасоткельским водохранилищем, для которых значения модулей естественных запасов поровых вод составляют 14,4 млн. м³/км² (выше водохранилища) и 6,4 млн. м³/км² (ниже водохранилища).

На междуречье Шу-Талас естественные запасы подземных вод для предгорного шлейфа конусов выноса оценены в 27,0 км³ при модуле 20,0 млн. м³/км², а для предгорной равнины – в 71,5 км³ при модуле 10,8 млн. м³/км².

Таблица 4.2 – Расчетная величина естественных (емкостных) запасов подземных вод территории исследований

№№ п/п	Гидрогеологический подрайон	Расчетные параметры			Естественные (емкостные) запасы подземных вод, млрд. м ³	Модуль естественных (емкостных) запасов подземных вод, млн. м ³ /км ²
		Площадь, тыс. км ²	Средняя мощность, м	Коэффициент гравитационной водоотдачи, доли единицы		
В. Предгорный гидрогеологический район (предгорья Киргизского Алатау)						
1	В.1 Долина реки Шу	2,0	40-80	0,16-0,18	21,66	10,87
	выше Тасоткельского водохранилища	1,11	80	0,18	16,03	14,40
	ниже Тасоткельского водохранилища	0,88	40	0,16	5,63	6,40
2	В.2 Междуречье Шу- Талас	7,97	60-100	0,18-0,20	98,50	12,36
	предгорный шлейф конусов выноса	1,35	100	0,20	27,00	20,00
	предгорная равнина	6,62	60	0,18	71,50	10,80
3	В.3 Междуречье Талас-Аса	0,49	40,6	0,18	3,58	7,31
ВСЕГО по району В		10,45			123,74	11,84

Естественные (ежегодно восполняемые) ресурсы подземных вод определены как суммарная величина питания подземных вод в естественных условиях и под влиянием искусственных факторов, в частности в результате регулярного орошения. Им отводится важная роль при региональной оценке прогнозных ресурсов.

По У.М. Ахмедсафину (1970), подземный сток, характеризующий естественные ресурсы водоносных горизонтов и комплексов, рассматривается как процесс движения от зон питания к зонам разгрузки и количественно тождественен величине питания (ежегодного восполнения) подземных вод [60].

Для горноскладчатых областей выделяются подземный речной сток и подземный сток по долинам рек, формирующийся и стекающий с горных склонов, а также подземный сток (отток) ниже глубины речного дренирования. На равнинных территориях оценены транзитный и местный подземные стоки, образующие общий подземный сток. Транзитный сток связан с поступлением подземных вод с примыкающих площадей, местный сток формируется непосредственно на площади распространения водовмещающих отложений. В целом, подземный сток характеризует то количество подземных вод, которое можно отобрать из водоносных горизонтов и комплексов, не допуская их истощения.

Региональные оценки подземного стока территории исследований проведены как учеными Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, так и специалистами гидрогеологических производственных подразделений. Результаты оценок сведены в таблице 4.3.

Киргизский Алатау, северные склоны которого определяют южную границу территории исследований, представляет собой гидрогеологический массив трещинных и трещинно-жильных безнапорных вод скальных пород, объединенных в гидравлически взаимосвязанные водоносные зоны открытой трещиноватости протерозойских, ордовикских, девон-карбоновых и интрузивных образований. Подземный сток формируется исключительно за счет инфильтрации атмосферных осадков и по разным оценкам изменяется от 6 м³/с до 14,4 м³/с при значениях модуля подземного стока в пределах 1-8 л/с на км². Представляет интерес как транзитный подземный сток, направленный в сторону предгорной равнины.

Предгорный гидрогеологический район примыкает к северным склонам Киргизского Алатау и относится к юго-западной периферии Шу-Сарысуйской впадины. Представляет собой предгорный гидрогеологический бассейн поровых и порово-пластовых вод, покровный чехол которого сложен рыхлыми осадочными образованиями кайнозоя, а фундамент представлен кристаллическими палеозойскими и протерозойскими породами. Безнапорные и напорные поровые воды района приурочены к различным по составу и генезису четвертичным отложениям и характеризуются пространственной выдержанностью потоков подземных вод с образованием единой уровневой поверхностью.

Ежегодно возобновляемые ресурсы подземных вод долин рек Шу и Талас определены в 7,9 м³/с и 6,8-6,9 м³/с при модулях подземного стока 2,4 л/с на км² и 1,1 л/с на км² соответственно.

Таблица 4.3 – Региональная оценка подземного стока (ежегодно возобновляемые ресурсы подземных вод) территории исследований

№№ пп	Год оценки и источник	Расчетная площадь, тыс. км ²	Подземный сток, м ³ /с			Модуль подземного стока, л/с*км ²
			транзитный	местный	общий	
1	1964 [2]	<i>Киргизский хребет</i>				6,0-8,0
		<i>Покатая предгорная равнина Киргизского Алатау</i>				11,4
3,5			40,0			
2	1970 [60]	<i>Киргизский хребет*</i>				1,8
		3,1	9,0	6,2	6,2	
		<i>Водоносный горизонт аллювиальных четвертичных отложений долин рек Шу и Талас</i>				2,4
		3,3			7,9	
		6,3			6,9	1,1
		<i>Водоносный комплекс аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений</i>				6,5
2,1	8,4	5,25	13,65			
3	1970 [11]	<i>Киргизский хребет*</i>				5,6
		3,1	11,3	6,2	17,5	
		<i>Долина реки Шу</i>				2,4
		3,3		6,8	7,9	
		<i>Долина реки Талас</i>				1,1
		6,3		6,8	6,8	
<i>Предгорья северного склона Киргизского Алатау</i>				6,9		
2,1	11,3	3,1	14,4			
4	1978 [13]	<i>Артезианский бассейн предгорий Киргизского Алатау</i>				3,2
12,0			38,0			
5	1978 [15]	<i>Киргизский Алатау</i>				11,8
		<i>Предгорья северного склона Киргизского Алатау</i>				22-24
6	1979 [58]	<i>Киргизский Алатау</i>				1,0-7,0
		<i>Предгорья северного склона Киргизского Алатау</i>				2,5
8,885			22,0			
7	1983 [59]	<i>Предгорья северного склона Киргизского Алатау (конуса выноса)</i>				4,0
		2,1			8,4	
8	1993 [17]	<i>Предгорья северного склона Киргизского Алатау</i>				17,0
		<i>Долины рек Талас, Аса и Шу</i>				14,9

Примечание: * – для горного района указаны подземный речной сток и подземный сток ниже глубины речного дренирования

На междуречье Шу-Талас, предгорий северных склонов Киргизского Алатау, подземный сток аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений предгорного шлейфа конусов выноса и предгорной равнины по различным оценкам изменяется от 8,4-14,4 м³/с при модулях 4,0-6,9 л/с на км² до 22-38 м³/с при модулях 2,5-3,2 л/с на км².

Региональная оценка ежегодно возобновляемых ресурсов подземных вод четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений предгорий Киргизского Алатау в Жамбылской области выполнена на основе современных климатических, гидрологических и гидрогеологических данных с учетом сложившейся водохозяйственной обстановки и использования водных ресурсов региона для водоснабжения городских и сельских населенных пунктов, а также регулярного орошения (раздел 3.4).

Суммарная величина подземного стока территории исследований составляет 36,52 м³/с при значении модуля 3,5 л/с на км², в том числе: Долина реки Шу (подрайон В.1) – 3,86 м³/с при среднем значении модуля 1,9 л/с на км²; Междуречье Шу-Талас (подрайон В.2) – 26,56 м³/с при среднем модуле 3,33 л/с на км²; Междуречье Талас-Аса (подрайон В.3) – 6,1 м³/с при среднем модуле 12,4 л/с на км². Подземный сток Киргизского Алатау (район А) оценен в 9,81 м³/с при среднем модуле 3,4 л/с на км² (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Подземный сток (ежегодно возобновляемые ресурсы подземных вод) территории исследований

№№ пп	Гидрогеологический район, подрайон	Расчетная площадь, тыс. км ²	Подземный сток, м ³ /с			Модуль подземного стока, л/с*км ²
			транзитный	местный	общий	
1	А - Горный район. Киргизский Алатау	2,89		9,81	9,81	3,4
2	В.1 - Предгорный. Долина Шу	2,0	0,70	3,16	3,86	1,9
3	В.2 - Предгорный. Междуречье Шу-Талас	7,97			26,56	3,33
	предгорный шлейф конусов выноса	1,35	9,81	12,18	21,99	16,3
	предгорная равнина	6,62	21,0	6,49	27,49	4,2
4	В.2 - Предгорный. Междуречье Талас-Аса	0,49	6,10		6,10	12,45
Итого по Предгорному району		10,45			36,52	3,5
<i>Всего по долинам Шу, Талас и Аса</i>		<i>2,49</i>			<i>9,96</i>	<i>4,0</i>

Для горного гидрогеологического района (А) подземный сток формируется за счет инфильтрации атмосферных осадков, особенно снеготалых вод (местный сток).

В долине реки Шу (подрайон В.1) в общем подземном стоке учтены транзитный сток собственно речной долины ($0,70 \text{ м}^3/\text{с}$) и местный сток, сформировавшийся за счет инфильтрации атмосферных осадков ($1,55 \text{ м}^3/\text{с}$), фильтрации поверхностных вод реки Ыргайты на правобережье ($0,94 \text{ м}^3/\text{с}$) и потерь на фильтрацию поливных вод из ирригационных систем ($0,67 \text{ м}^3/\text{с}$).

На междуречье Шу-Талас (подрайон В.2) в пределах предгорного шлейфа конусов выноса северных склонов Киргизского Алатау подземный сток включает подток подземных вод со стороны горных сооружений (транзитный сток – $9,81 \text{ м}^3/\text{с}$) и местный сток, включающий фильтрационные потери из русел горных речек ($7,2 \text{ м}^3/\text{с}$) и магистральных каналов ($0,42 \text{ м}^3/\text{с}$), а также инфильтрацию атмосферных осадков ($4,56 \text{ м}^3/\text{с}$). На предгорной равнине общий подземный сток формируется путем подтока подземных вод со стороны конусов выноса (транзитный сток – $21 \text{ м}^3/\text{с}$, определен гидродинамическим методом) и местного стока (инфильтрация атмосферных осадков – $5,77 \text{ м}^3/\text{с}$ и потерь на фильтрацию при орошении – $0,62 \text{ м}^3/\text{с}$).

Для междуречья Талас-Аса (подрайон В.3) характерно формирование подземного стока за счет транзитного стока, который учитывает подток подземных вод со стороны Киргизского Алатау ($2,05 \text{ м}^3/\text{с}$) и конусов выноса хребта Каратау ($0,32 \text{ м}^3/\text{с}$), а также подземный сток по долинам рек ($3,73 \text{ м}^3/\text{с}$).

Уточненные результаты оценки подземного стока территории исследований находятся в пределах ранее выполненных расчетов.

4.2 Прогнозные ресурсы подземных вод

Прогноз перспектив использования подземных вод для различных целей является одной из важнейших научно-прикладных проблем. Гидрогеологическое обоснование прогноза целесообразного использования подземных вод заключается в оценке их прогнозных ресурсов, которые оцениваются на основе общих гидрогеологических представлений, специализированных площадных и региональных исследований.

В последней Классификации эксплуатационных запасов и ресурсов подземных вод Республики Казахстан под *прогнозными ресурсами* понимается количество подземных вод определенного качества и целевого назначения, которое может быть получено в пределах гидрогеологического региона, бассейна реки или административного района и отражает потенциальные возможности их использования [1]. Тем самым, под прогнозными ресурсами предлагается понимать возможный суммарный отбор подземных вод в пределах того или иного региона при заданных гидрогеологических, природоохранных и других ограничениях [9]. С учетом зарубежной практики, необходимо определение максимально возможного водоотбора, совместимого с гидрогеологической средой, из которой будет браться вода. Ресурсы подземных вод определяются как максимальный водоотбор, который может поддерживаться всей гидрогеологической системой бассейна, не вызывая

неприемлемого снижения гидравлического напора в системе или неприемлемых изменений любого другого компонента гидрологического цикла в бассейне [6-7].

Методика оценки прогнозных ресурсов подземных вод в Казахстане нацелена на получение возможного значения отбора подземных вод в гидрогеологических районах, речных бассейнах, административных областях и пр., то есть как потенциальной возможностью использования подземных вод.

Ранее, оценка прогнозных ресурсов подземных вод территории исследований выполнена по методике У.М. Ахмедсафина (формула 1.1, раздел 1) и гидродинамическими расчетами по методикам производственной геологической службы [19]. Результаты региональных оценок представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Региональные оценки прогнозных ресурсов подземных вод территории исследований

№№ пп	Год оценки и источник	Расчетная площадь, тыс. км ²	По методике У.М. Ахмедсафина (ф-ла 1.1, раздел 1)		Гидродинамический метод	
			Прогнозные ресурсы, м ³ /с	Модуль прогнозных ресурсов, л/с*км ²	Прогнозные ресурсы, м ³ /с	Модуль прогнозных ресурсов, л/с*км ²
1	1978 [15]	13,0	32,0	2,46	30,7	2,4
		11,925	предгорная равнина		7,29	0,61
		1,350	предгорный шлейф		23,39	17,33
2	1983 [59]	8,9	31,0	3,5	предгорная равнина	
3	1993 [17]	23,0	30,0	1,3	предгорная равнина	
4	2002 [19]				14,54*	

Примечание: * Для Таласского и Шуйского бассейнов пластовых вод суммарно

Прогнозные ресурсы территории исследований составили 30-32 м³/с по методикам Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, и 14,5 м³/с по гидродинамическим расчетам.

Как ранее отмечал У.М. Ахмедсафин (1983), при оценке региональных прогнозных ресурсов учитывается сработка только половины объема подземных вод (емкостные или естественные запасы) рассматриваемой территории, что осуществимо, учитывая особенности конструкций водозаборных скважин и технические возможности оборудования для добычи воды. Дополнительно, кроме того, включается 70% ежегодно возобновляемых (естественных) ресурсов подземных вод, которые в природных условиях большей частью расходуются на испарение и разгрузку в бессточные впадины, образуя солончаки и солонцы. Многолетние исследования ученых Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, показывают, что подземные воды так или иначе участвуют в питании различных типов рек, и доля речного дренирования для условий Казахстана не превышает 20% от

ежегодно восполняемых ресурсов, тем самым в качестве резерва отставлено 10% [59].

Расчеты прогнозных ресурсов по методикам Министерства геологии для крупных гидрогеологических районов в основном близки к величинам, полученным по методикам Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина. Но, по мнению У.М. Ахмедсафина, гидродинамические расчеты по равномерной сетке, дают несколько заниженные результаты, особенно для не крупных гидрогеологических структур. Это подтверждается превышениями разведанных эксплуатационных запасов подземных вод над их региональными прогнозными ресурсами по отдельным не крупным гидрогеологическим районам, например Таласский и Шуйский бассейны территории исследований.

Таким образом, для расчетов принята методика, по которой региональные прогнозные ресурсы подземных вод связаны с естественными запасами и ресурсами следующим уравнением:

$$Q_{\text{прогн}} = a_1 Q_e + a_2 \frac{V_e}{t} \quad (4.1)$$

где $Q_{\text{прогн}}$ – прогнозные ресурсы, Q_e – естественные (ежегодно возобновляемые) ресурсы; V_e – естественные (емкостные) запасы; t – время эксплуатации; a_1 и a_2 - коэффициенты использования, соответственно ежегодно возобновляемых ресурсов и емкостных запасов.

Оценка прогнозных ресурсов подземных вод территории исследований проведена по трем вариантам.

Вариант 1 – оптимистический. Расчет прогнозных ресурсов основывается только на оцененных ежегодно возобновляемых ресурсах подземных вод территории для недопущения осушения основных водоносных горизонтов. Коэффициент использования принят 0,7 (с учетом многолетнего опыта прогнозирования). Время эксплуатации не ограничено.

Вариант 2 – пессимистический. При расчете прогнозных ресурсов учитываются только оцененные емкостные (естественные) запасы подземных вод территории. Вариант рассмотрен как отсутствие питания водоносных горизонтов и комплексов. Коэффициент использования принят 0,2 (с учетом минимизации осушения), а период эксплуатации принят 25 лет как продолжительный засушливый период.

Вариант 3 – ожидаемый и наиболее вероятный. При расчете прогнозных ресурсов подземных вод территории исследований учтены как ежегодно возобновляемые ресурсы, так и емкостные запасы водоносных горизонтов и комплексов. Коэффициенты использования 0,7 (для возобновляемых ресурсов) и 0,2 (для емкостных запасов). Период эксплуатации принят 100 лет (с учетом многолетней практики Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина).

Результаты оценки прогнозных ресурсов подземных вод по трем вариантам представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Прогнозные ресурсы подземных вод территории исследований по различным вариантам

№№ п/п	Гидрогеологический подрайон	Расчетная площадь, км ²	Естественные запасы и ресурсы	
			Емкостные запасы, км ³	Возобновляемые ресурсы, м ³ /с
1	В.1 - Долина Шу	2,0	21,66	3,86
2	В.2 -Междуречье Шу-Талас	7,97	98,5	21,00
3	В.3 - Междуречье Талас-Аса	0,49	3,58	6,1
ВСЕГО		10,46	123,74	31,0

№№ п/п	Гидрогеологический подрайон	Прогнозные ресурсы, м ³ /с		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1	В.1 - Долина Шу	2,70	5,50	4,08
2	В.2 -Междуречье Шу-Талас	14,70	25,02	20,95
3	В.3 - Междуречье Талас-Аса	4,27	0,91	4,50
ВСЕГО		21,67	31,43	29,52

№№ п/п	Гидрогеологический подрайон	Модули прогнозных ресурсов, л/с*км ²		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1	В.1 - Долина Шу	1,35	2,75	2,04
2	В.2 -Междуречье Шу-Талас	1,84	3,14	2,63
3	В.3 - Междуречье Талас-Аса	8,71	1,86	9,18
Средний по территории		2,07	3,00	2,82

Величина прогнозных ресурсов подземных вод территории исследований по вариантам оценки варьирует в пределах 21,7-31,4 м³/с при значениях модуля прогнозных ресурсов 2,1-3,0 л/с на 1 км². Полученные результаты оценки находятся в пределах ранее выполненных расчетов.

4.3 Разведанные эксплуатационные запасы подземных вод

Эксплуатационные запасы подземных вод принимаются как количество подземных вод, которое может быть получено рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и при качестве воды, удовлетворяющем требованиям в течение всего расчетного срока водопотребления. Отношение величины эксплуатационных запасов подземных вод к величине прогнозных ресурсов показывает степень разведанности. На территории исследований разведано 8

месторождений пресных подземных вод (рисунок 4.1), данные о которых сведены в таблице 4.7 [18].

В пределах гидрогеологического подрайона В.1 – *Долина реки Шу* – разведано 2 месторождения.

Георгиевское месторождение расположено на восточной окраине р/ц Кордай, и разведано в 1973 г. с целью хозяйственно-питьевого водоснабжения с водопотребностью 160 л/с. Приурочено к средне-верхнечетвертичным и современным аллювиально-пролювиальным и аллювиальным отложениям речной долины. Оценка эксплуатационных запасов проведена гидродинамическим методом для условий “пласта-квадранта”. Рекомендован водозабор, состоящий из 2 скважин с суммарной производительностью 150 л/с. Эксплуатационные запасы переоценены в 2016 г. в количестве 150 л/с, в том числе по категориям: А+В – 111,2 л/с и С₁ – 38,8 л/с. Эксплуатируется с 1974 года.

Чу-Новотроицкое месторождение расположено в 1,5-2 км северо-восточнее г. Шу. Разведано в 2 этапа – 1965-1967 гг. и 1971-1972 гг. для хозяйственно-питьевого водоснабжения с потребностью 1110 л/с. Приурочено к четвертичным аллювиальным отложениям речной долины. По данным дополнительных исследований продуктивный водоносный горизонт имеет тесную гидравлическую связь с речными водами, следовательно, поверхностные воды реки Шу, режим которой зависит от попусков Тасоткельского водохранилища, можно рассматривать как зону постоянного питания [61]. Оценка эксплуатационных запасов проведена гидродинамическим методом для условий полуограниченного пласта. Эксплуатационные запасы переоценены в 2016 г. в количестве 1521,4 л/с, в том числе по категориям: А+В – 1191,8 л/с и С₁ – 329,6 л/с. Эксплуатируется с 1965 года.

На *междуречье Шу-Талас* (гидрогеологический подрайон В.2) разведано 4 месторождения.

Аспаринское месторождение расположено в северной левобережной части слившегося конуса выноса рек Мерке и Аспара. Разведано в 1983 г. для орошения земель на площади 4200 га с водопотребностью 1000 л/с. Продуктивными служат водоносные комплексы четвертичных и неогеновых аллювиально-пролювиальных отложений. Рекомендован линейные водозаборы протяженностью 10-17 км. Эксплуатационные запасы оценены в количестве 1500 л/с по категориям А+В. Эксплуатируется с 1983 года.

Луговское месторождение расположено в конусе выноса р.Курагаты. Разведано с целью хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения земель с потребностью в воде 7,53 м³/с. Приурочено к водоносному комплексу средне-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений. Расчет выполнен гидродинамическим методом применительно к безграничному линейному ряду скважин протяженностью 3,10 км. Эксплуатационные запасы оценены в количестве по категориям: А+В – 3345 л/с, С₁ – 602 л/с и С₂ – 3588 л/с. Эксплуатируется с 1971 года.

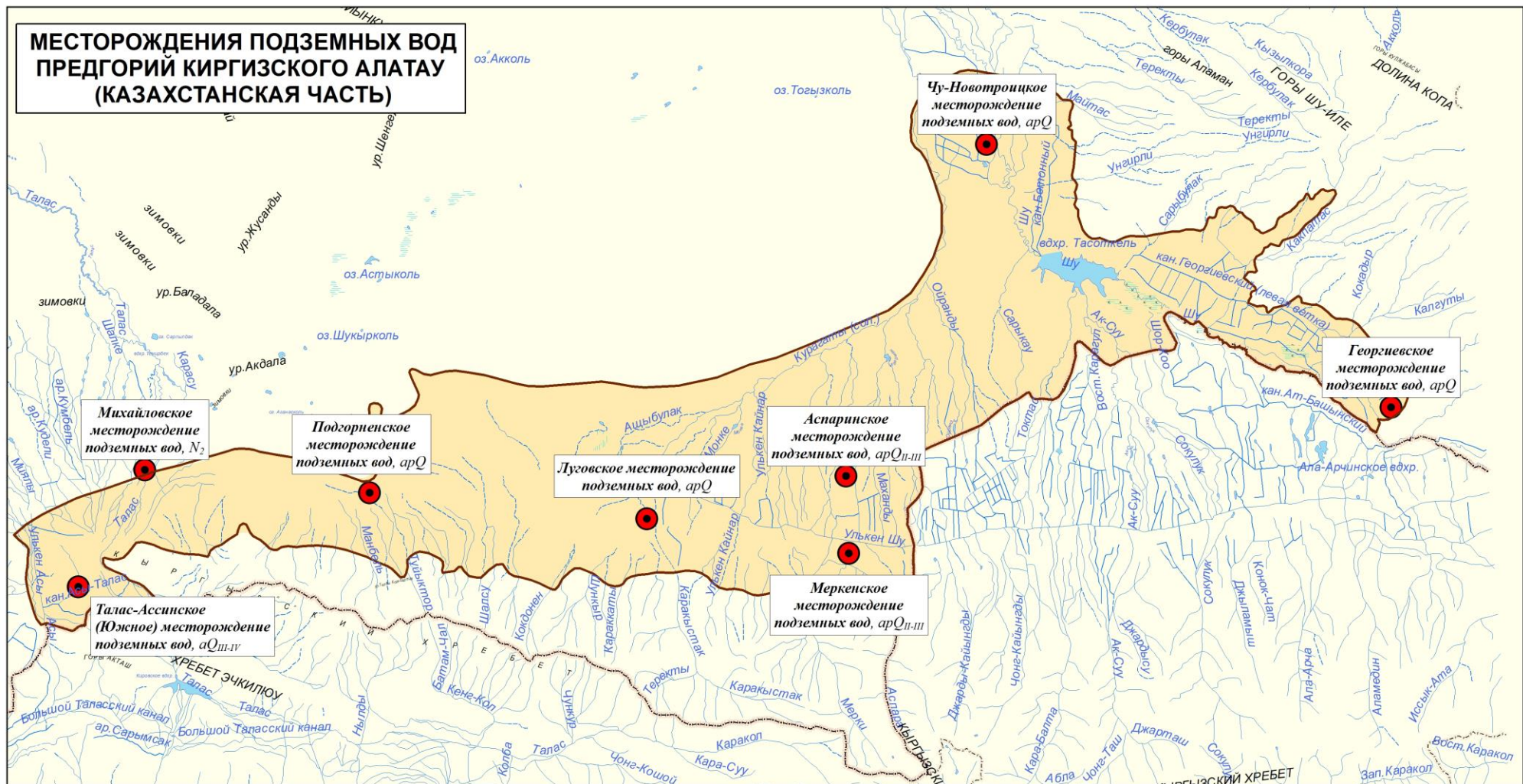


Рисунок 4.1 – Карта месторождений подземных вод территории исследований

Меркенское месторождение расположено в конусах выноса рек Мерке и Аспара. Разведано в 1975 г. с целью хозяйственно-питьевого водоснабжения райцентра и близлежащих населенных пунктов, а также орошения земель с потребностью в воде 1,35 м³/с. Приурочено к водоносному комплексу средне-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений. Оценка эксплуатационных запасов выполнена гидродинамическим методом для линейных рядов скважин протяженностью 0,5-9,3 км. Переоценены в 2016 г. в количестве 4502 л/с по категории С₁. Эксплуатируется с 1961 года.

Подгорненское месторождение расположено на конусах выноса рек Каиндысай, Шабылды, Шалсу и Талдысу и вытянуто на 53 км. Разведано в 52,5 км. Эксплуатационные запасы утверждены в количестве 4000 л/с по категориям А+В. Водоотбор ведется с 1980 года.

В пределах *междуречья Талас-Аса* (гидрогеологический подрайон В.3) разведано 2 месторождения.

Талас-Ассинское месторождение (южная часть междуречья) разведано в 1979 г. с целью хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения г. Каратау и 24 населенных пунктов, а также орошения земель с потребностью 9,7 м³/с. Приурочено к верхнечетвертичным-современным аллювиальным отложениям и подстилающим плиоценовым отложениям, представляющим единый водоносный комплекс. Подземные воды аллювия имеют совершенную гидравлическую связь с реками Талас и Аса, по которым приняты границы подсчета балансовых запасов месторождения [62]. Оценка запасов выполнена для схемы “полуограниченный пласт” для линейного водозабора протяженностью 44 км. Переоценка проведена в 2010 г. в количестве по категориям: А+В – 3574 л/с, С₁ – 347 л/с и С₂ – 1895 л/с. Эксплуатируется с 1972 года.

Михайловское месторождение разведано в 1975 г. для хозяйственно-питьевого водоснабжения райцентра с потребностью в воде 75 л/с. Приурочено к плиоценовым отложениям, залегающим под четвертичными аллювиальными осадками речной долины. Оценка запасов произведена гидродинамическим методом для условий “пласта-квадранта”. Переоценены в 2015 г. в количестве по категориям: А+В – 135 л/с, С₁ – 43 л/с. Эксплуатируется с 1975 года.

В целом по территории исследований эксплуатационные запасы пресных подземных вод утверждены по промышленным категориям А+В в количестве 13,86 м³/с, а по категориям А+В+С₁ – 19,7 м³/с. Тем самым, разведанность предгорий Киргизского Алатау оценивается в 44-64% для запасов промышленных категорий по различным вариантам прогнозных ресурсов. Особенно важно, что даже величина запасов подземных вод территории по категориям А+В+С₁ не превышает оптимистичный вариант прогнозных ресурсов, учитывающий только 70% ежегодно восполняемых ресурсов подземных вод, тем самым осушения продуктивных водоносных горизонтов и комплексов не ожидается.

Таблица 4.7 – Разведанные эксплуатационные запасы подземных вод территории исследований

Гидрогеологический район, подрайон	Название месторождения	Год оценки или переоценки	Количество утвержденных запасов по категориям, л/с			
			A+B	C ₁	C ₂	A+B+C ₁
В.1 Долина реки Шу	1. Георгиевское	1973	150,0			150,0
		2016	111,2	38,8		150,0
	2. Чу-Новотроицкое	1973	1355,3			1355,3
		2016	1191,8	329,6		1521,4
	Всего по подрайону В.1			1303,0	368,4	
В.2 Междуречье Шу-Талас	1. Аспаринское	1983	1500,0			1500,0
	2. Луговское	1977	3344,9	601,9	3588,0	3946,8
	3. Меркенское	1975	3151,6	1350,7		4502,3
		2016		4502,3		4502,3
	4. Подгорненское	1977	4000,0			4000,0
Всего по подрайону В.2			8844,9	5104,2	3588,0	13949,1
В.3 Междуречье Талас-Аса	1. Талас-Ассинское (южная часть)	1979	5000,0	2060,2	1331,0	7060,2
		2010	3574,1	347,2	1894,7	3921,3
	2. Михайловское	1975	135,4	42,8		178,2
		2015	135,1	43,0		178,1
	Всего по подрайону В.3			3709,1	390,2	1894,7
ИТОГО по району В		м³/с	13,86	5,86	5,48	19,7

4.4 Состояние и перспективы использования ресурсного потенциала подземных вод

Ресурсный потенциал подземных вод территории исследований охарактеризован с одной стороны, прогнозными ресурсами как потенциальной возможностью использования подземных вод, а с другой – эксплуатационными запасами, разведанными на конкретных площадях. Обеспеченность подземными водами рассмотрена по площади на 1 км² и на одного человека (таблица 4.8) [63].

Таблица 4.8 – Обеспеченность подземными водами территории исследований

№№ п/п	Территория	Площадь, тыс. км ²	Численность населения*, млн. чел.	Ресурсный потенциал пресных подземных вод, м ³ /с	
				Прогнозные ресурсы**	Эксплуатаци- онные запасы
1	Предгорья Киргизского Алатау	10,45	0,58	29,52	19,7
2	Жамбылская область	144,26	1,15	172,84	50,1
3	Южный Казахстан	711,77	10,00	761,36	265,5
4	Республика Казахстан	2724,9	19,83	1282,8	418,1

№№ п/п	Территория	Обеспеченность прогнозными ресурсами		Обеспеченность эксплуатационными запасами	
		л/с на 1 км ²	м ³ /сут на 1 человека	л/с на 1 км ²	м ³ /сут на 1 человека
1	Предгорья Киргизского Алатау	2,82	4,40	1,89	2,93
2	Жамбылская область	1,20	12,99	0,35	3,76
3	Южный Казахстан	1,07	6,58	0,37	2,29
4	Республика Казахстан	0,47	5,59	0,15	1,82

Примечание: * - на 2019 год; ** - по наиболее вероятному варианту (III)

В целом, предгорья Киргизского Алатау достаточно обеспечены водными ресурсами недр. По прогнозным ресурсам подземных вод на 1 км² площади приходится 2,8 л/с, что превышает аналогичный показатель в целом для

Казахстана в 6 раз; а на одного человека приходится 4,4 м³/сут, что составляет 0,8 от республиканского показателя. Обеспеченность эксплуатационными запасами подземных вод территории исследований оценивается в 1,9 л/с на км² и 2,9 м³/сут на одного человека, что превышает аналогичные показатели в целом для государства, соответственно, в 12,3 раз и в 1,6 раз.

За последнее десятилетие, по данным водохозяйственной отчетности, (более 300 зарегистрированных водопользователей), суммарный годовой водозабор водных ресурсов Шу-Таласского бассейна составлял 20-27 м³/с, в том числе подземных вод – 0,6-0,7 м³/с, что не превышает 3% от водозабора. Использовалось 14,5-24,1 м³/с воды, при этом те же 3% доля подземных вод. Основным водопотребителем является сельское хозяйство – 13,8-23,4 м³/с или до 95% суммарного потребления воды. Доли регулярного орошения и залива сенокосов составили, соответственно, до 54% и до 48%. Основное использование подземных вод связано с хозяйственно-питьевыми нуждами – 0,2-0,3 м³/с.

На территории исследований современный годовой отбор подземных вод на месторождениях достигал 2,94 м³/с (немногим более 21% от эксплуатационных запасов), в том числе: хозяйственно-питьевое водоснабжение – 1,06 м³/с (41,3%) и производственно-техническое водоснабжение – 1,49 м³/с (58,1%) (Таблица 4.9). Использование подземных вод для водоснабжения сельских населенных пунктов и орошения невелико – до 0,5% (по отчетности).

Таблица 4.9 – Водоотбор на месторождениях подземных вод территории исследований

<i>Гидрогеологический подрайон</i>	<i>Един. измер.</i>	<i>Забрано всего</i>	<i>Использовано всего</i>	<i>ХПВ</i>	<i>ПТВ</i>	<i>СХВ</i>	<i>Потери</i>
Долина реки Шу	м ³ /с	0,14	0,14	0,12	0,02	0,00	0,00
	%	100	99,9	85,3	11,5	3,0	0,1
Междуречье Шу-Талас	м ³ /с	0,97	0,85	0,12	0,72	0,01	0,12
	%	100	87,5	14,6	84,6	0,8	12,5
Междуречье Талас-Аса	м ³ /с	1,82	1,57	0,81	0,75	0,003	0,25
	%	100	86,2	51,9	47,9	0,2	13,8
<i>ВСЕГО</i>	м ³ /с	2,94	2,56	1,06	1,49	0,01	0,37
	%	100	87,3	41,3	58,1	0,5	12,7

Примечание: ХПВ – хозяйственно-питьевое водоснабжение, ПТВ – производственно-техническое водоснабжение и СХВ – водоснабжение сельских населенных пунктов.

В долине реки Шу (подрайон В.1) на 2-х месторождениях годовой отбор воды составил 0,14 м³/с (11% от утвержденных запасов), а доля ХПВ составляет более 85%. Для междуречья Шу-Талас (подрайон В.2) отбирается также до 11% эксплуатационных запасов 4-х месторождений – 1,82 м³/с, в том числе на ПТВ

– до 85% и ХПВ – до 15%. В пределах *междуречья Талас-Аса* (подрайон В.3) на двух месторождениях отбиралось до 1,82 м³/с подземной воды (до 49% утвержденных запасов), при этом в основном для централизованного водоснабжения г. Тараз. Доля ХПВ составила 52%, а ПТВ – до 48%.

Перспективы использования подземных вод предгорий Киргизского Алатау оценивались начиная с советского времени до современного периода [17, 19-21, 59, 63-67]. Необходимо только четко определять приоритеты.

Дефицит чистой пресной поверхностной воды заставляет многие страны активнее использовать подземные воды, которые как источник водоснабжения, имеют ряд преимуществ по сравнению с поверхностными водами. Прежде всего пресные подземные воды обладают лучшим качеством, более надежно защищены от загрязнения и заражения, меньше подвержены сезонным и многолетним колебаниям и в большинстве случаев их использование не требует дорогостоящих мероприятий по водоочистке. Тенденция максимально возможного использования пресных подземных вод для питьевого водоснабжения населения, особенно в связи с участвовавшими случаями непредвиденного (аварийного) загрязнения поверхностных водоисточников, становится определяющей в общей стратегии повышения надежности систем хозяйственно-питьевого водоснабжения [21].

По оценкам международных экспертов, важность подземных вод возрастет в предстоящие десятилетия, поскольку прогнозируется усиление временных колебаний количества осадков, влажности почвы и поверхностных вод в связи с более частыми и интенсивными экстремальными климатическими явлениями, связанными с глобальным изменением климата. В свете устойчивости подземной гидросферы к экстремальным гидрологическим условиям ресурсы подземных вод играют стратегическую роль в поддержании снабжения питьевой водой в чрезвычайных условиях [68].

Жамбылская область относится к регионам, не испытывающим дефицита в источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения. В связи с благоприятными гидрогеологическими условиями хозяйственно-питьевое водоснабжение населения осуществляется преимущественно за счет подземных вод аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений конусов выноса и предгорных равнин Киргизского Алатау, а также аллювиальных отложений долин рек Шу, Талас и Аса. Поверхностные воды используются крайне редко [21].

По оценкам В.А. Смоляра (2011) перспективная потребность пресных подземных вод Жамбылской области для хозяйственно-питьевых нужд составит 4,2 м³/с, в том числе: городского населения – 2,6 м³/с и сельского – 1,6 м³/с [63]. Принимая во внимание, что разведанные месторождения подземных вод в долинах реки Шу, Талас и Аса освоены для централизованного коммунального водоснабжения городов Тараз и Шу, отдельных крупных районных центров и железнодорожных станций, то утвержденные эксплуатационные запасы в количестве 4,0 м³/с по промышленным категориям полностью перекрывают потребности городского населения. Водопотребности сельского населения региона обеспечивают месторождения предгорий

Киргизского Алатау на междуречье Шу-Талас. Тем самым, резервы пресных подземных вод для развития регулярного орошения на территории исследований оцениваются в $9 \text{ м}^3/\text{с}$ по запасам промышленных категорий (А+В) и в $15 \text{ м}^3/\text{с}$ по суммарным запасам категорий А+В+С₁. В советский период месторождения предгорной равнины, в основном, разведаны для орошения земель.

За последние 25-30 лет в мире было пробурено более 300 млн. скважин для добычи подземных вод. Суммарный годовой отбор подземных вод в мире оценивается в 959 км^3 (более 30 тыс. $\text{м}^3/\text{с}$), при этом 68,5% добыто в Азии.

Действительно, восемь из десяти стран с самой высокой долей глобального забора подземных вод (на которые приходится 75% от общего объема) расположены в Азии (в порядке убывания: Индия, Китай, Пакистан, Иран, Индонезия, Бангладеш, Саудовская Аравия и Турция). При этом на азиатском континенте 76% отобранных подземных вод используется в сельском хозяйстве [69].

Комплексные подходы к управлению водными ресурсами, объединяющие подземные и поверхностные воды, могут значительно снизить уязвимость человека к экстремальным климатическим явлениям и изменениям и способствовать усилению водной и продовольственной безопасности. По экспертным оценкам, совместное использование подземных и поверхностных вод, при котором поверхностные воды используются для орошения и водоснабжения во время влажных периодов, а подземные воды – в период засухи, сыграет важную роль. Признание существующей неопределенности в прогнозах водных ресурсов и более длительное накопление пресных вод в водоносных резервуарах будет иметь решающее значение при постановке целей устойчивого развития [68]. Действительно, использование водоносных горизонтов в качестве естественных водохранилищ позволяет избежать многих проблем, связанных с потерями на испарение и воздействием на экосистемы, связанными с большими и искусственно созданными поверхностными водохранилищами.

В перспективе, орошаемое земледелие ожидают значительные изменения. Исчезнут открытые каналы, подающие и распределяющие воду. Вода для орошения будет транспортироваться посредством закрытых напорных и безнапорных трубопроводов, позволяющих избежать потерь на испарение и инфильтрацию. Орошаемые поля превратятся в автоматизированное управляемое, в зависимости от климатических параметров, пространство. Для склоновых и предгорных равнин орошаемое земледелие с одновременным внесением питательных веществ будет осуществляться капельными сетями, уже получившими широкое распространение. Как показывает практика, они особо выгодны в условиях повышенных уклонов, где для их работы не требуется дополнительная подкачка [21].

Совершенные поливные системы потребуют и совершенствования дренажных систем, включая коллекторы, которые будут закрытыми. Оптимальная сеть наблюдения с датчиками, отображающая глубину подземных вод, которую можно будет считывать из космоса, а также смотровые колодцы

на самих коллекторах и дренах с такими же датчиками позволит оценивать работу дренажа, степень опасности засоления, отслеживать нарушения прогнозируемого водно-солевого баланса и выработать рекомендации по применению минерализованных вод и профилактике дренажной сети для водопользователей [21].

4.5 Оценка перспектив фонтанной (на самоизливе) эксплуатации подземных вод

На территории исследований насчитывается значительное количество самоизливающихся гидрогеологических скважин советского периода, подавляющее большинство которых не оборудовано водорегулирующими устройствами (кранами или задвижками). Скважины были пробурены при реализации поисково-разведочных работы для потребностей сельского хозяйства, дополнительно сооружением скважин на договорной основе занимались специализированные организации.

В постсоветское время, архивы многих организаций на местах, в силу коренной реорганизации всей системы ведения подобных работ, полностью утеряны или находятся в частном пользовании. В период разгосударствления и разгула стихийного рынка металлолома, фонд гидрогеологических скважин также потерпел значительные убытки.

В 2021-2022 годах под руководством автора проведены полевые экспедиционные исследования в границах административных районов Жамбылской области. Обследовано 238 гидрогеологическая скважина, из которых на 167 наблюдается самоизлив, в 26 скважинах вода находится ниже поверхности земли от 0,1 м до 20 м, 11 скважины оборудованы водоподъемными насосами и 34 – находятся в неисправном состоянии, засорены или забиты (таблица 4.10).

Было отобрано 45 проб воды на сокращенный химический анализ воды, 1 проба на анализ минеральной воды, 6 проб на СанПИН, 4 пробы на радиологический анализ воды.

Таблица 4.10 – Результаты экспедиционного обследования гидрогеологических скважин в пределах территории исследований

№№ п.п.	Административные районы	Количество обследованных скважин	Состояние скважин			
			самоизлив	излив отсутствует	оборудована насосом	засорена или забита
1	Меркенский	182	132	22	5	23
2	Шуйский	5	5			
3	Кордайский	3			1	2
4	Байзакский	16	6	4	3	3
5	Имени Т. Рыскулова	32	24		2	6
ВСЕГО		238	167	26	11	34

В результате фонтанирования ежегодно теряется определенное количество ресурсов пресных подземных вод, отмечаются процессы заболачивания и засоления земель на прискважинных участках. Ведомственная принадлежность большинства этих скважин до настоящего времени не определена, но они практически все используются местным населением для полива огородов и водопоя скота.

В международной практике имеется положительный опыт освоения потенциала напорных самоизливающихся скважин [70]. В Австралии на федеральном уровне была разработана и реализована Программа Восстановления Скважин Большого Артезианского Бассейна (1989-1999) в целях создания научной основы для более успешного управления Бассейном и устранения некоторых видов непродуктивных потерь воды, а также повышения пьезометрического напора. Эта Программа была нацелена на восстановление скважин, находящихся в плохом техническом состоянии, и установление регулирующих клапанов на самоизливающихся скважинах [71]. Значительная часть из 1200 бесконтрольных и подвергшихся коррозии скважин с водозаборными сооружениями была восстановлена, при этом средняя стоимость восстановления одной скважины составила около 50 000 австралийских долларов [72]. На некоторых площадях были достигнуты значительные успехи в увеличении напора и дебита скважин [72-73].

Продолжением Программы Восстановления Скважин Большого Артезианского Бассейна явилась Инициатива Устойчивости Большого Артезианского Бассейна, работа в рамках которой начата в 1999 году. Эта программа нацелена на ускорение восстановления скважин и замену труб для отвода воды для достижения частичного восстановления напора в стратегических районах Бассейна, что приведет к снижению потребности в воде, получаемой из артезианских скважин и, возможно, позволит восстановить дебит некоторых скважин и источников, излив которых прекратился.

В Меркенском районе были обследованы 3 скважины с температурой от 30 °С до 31 °. С общим дебитом 34 л/с. Вода в данных скважин используется местными жителями для купания и в дальнейшем может быть исследована для развития бальнеология в Меркенском районе.

Для оценки перспектив фонтанной эксплуатации подземный вод предгорий Киргизского Алатау отобраны скважины с производительностью на самоизливе выше 10 л/с, что связано с требованиями к полезной нагрузке для сооружения поливного оборудования [73-74]. Всего отобрано 40 скважин с суммарной производительностью 0,566 м³/с, в том числе: Меркенский район – 37 скважин с суммарным дебитом на самоизливе 0,536 м³/с и 3 скважины в районе им. Т. Рыскулова с производительностью 0,03 м³/с.

По данным управления сельского хозяйства Жамбылской области в 2021-2022 гг. средняя оросительная норма составляла 3500-4500 м³/га на весь период вегетации (150 дней – 5 мес.) при 7-8 поливах за теплый сезон.

При суммарной производительности перспективных скважин на самоизливе 0,566 м³/с, за период вегетации объем подземных вод, выведенный на дневную поверхность, составит 7,335 млн. м³, что обеспечит полив

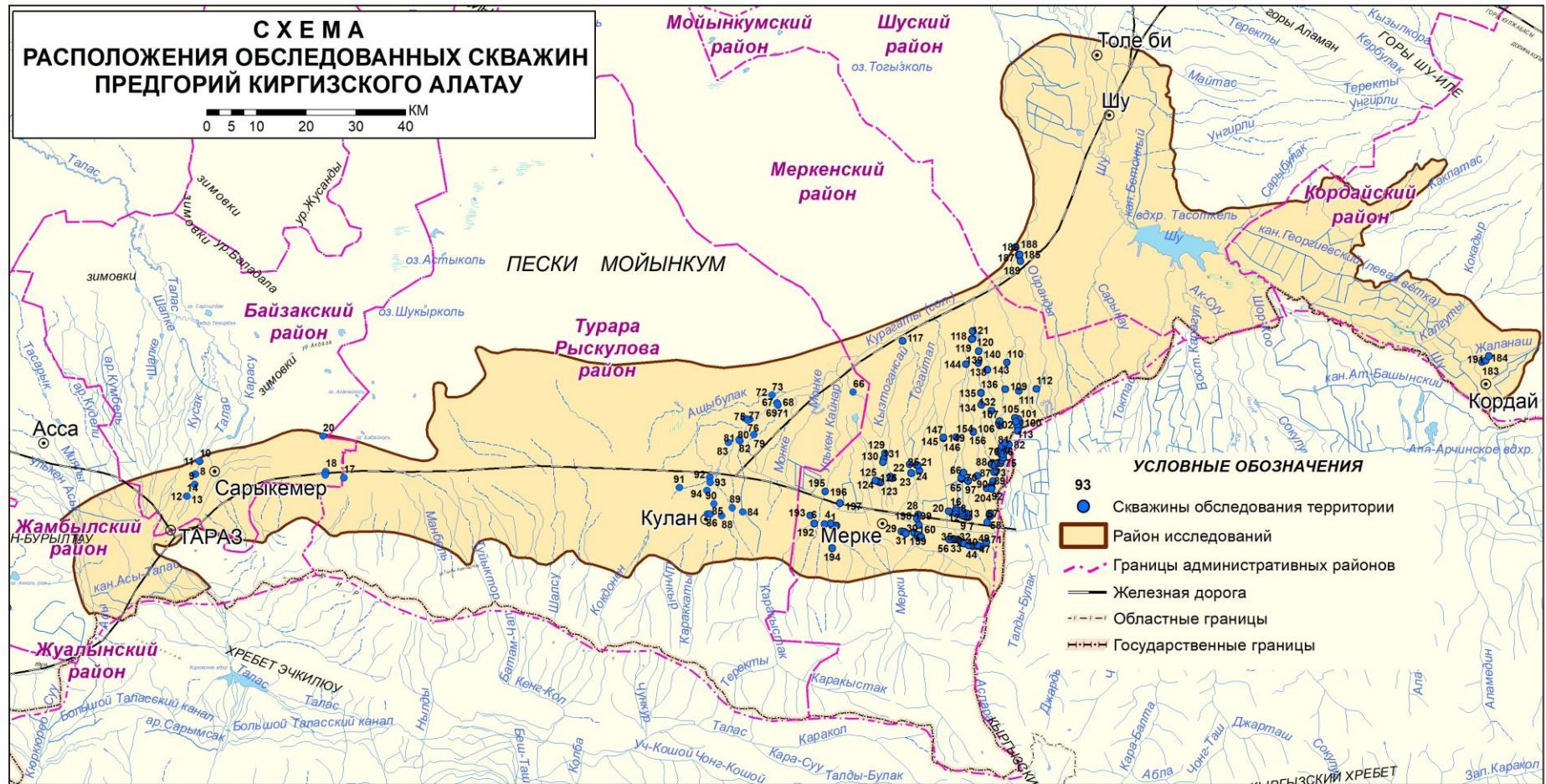


Рисунок 4.2 – Карта расположения обследованных скважин предгорий Киргизского Алатау

сельскохозяйственных культур дополнительно до 1800 га, принимая за расчетное среднее значение оросительной нормы в 4000 м³/га. При освоении самоизливающихся скважин основным способом полива является дождевание, при котором сокращаются затраты поливной воды, отсутствует сброс, обеспечивается оптимальный водный режим почвы и улучшаются микроклиматические показатели в среде развития растений.

В целом, для организации эффективной фонтанной эксплуатации самоизливающихся скважин, особенно в вегетационный период, скважины необходимо оборудовать краново-регулирующими устройствами, надкаптажными сооружениями и емкостями для хранения воды. Для каждой скважины следует оформить разрешение на специальное водопользование, паспортные данные и др. документацию согласно казахстанскому законодательству.

Результаты полевых исследований показывает, что фонтанная эксплуатация подземных вод на предгорной равнине позволяет повысить объем располагаемых водных ресурсов для увеличения площадей орошаемых земель, особенно плодово-ягодных культур. Развитие мелких крестьянских хозяйств окажет положительное влияние на привлечение частных инвестиций, повышение трудовой занятости сельского населения, увеличение ассортимента продовольственной корзины.

5 ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕСУРСОВ И ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Применение информационно-аналитических систем, при разработке и создании которых используются современные компьютерные ГИС-технологии, способствует повышению эффективности гидрогеологических исследований и реализации задач управления ресурсами подземных вод в условиях изменения климата и значительных антропогенных нагрузок.

В качестве информационной системы понимается система, содержащая организационно упорядоченную совокупность данных и средства управления ими, предназначенную для получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления. Информационные системы используются для хранения, анализ и обработки материалов гидрогеологических исследований и включают базы данных и системы управления ими. Система включает в себя разномасштабные геоинформационные модели, каждая из которых строится на основе материалов, содержащихся в базах семантических и графических данных. В настоящее время информационно-аналитические модели в гидрогеологии находят все более широкое распространение [8, 22].

5.1 Международный и отечественный опыт создания гидрогеологических информационно-аналитических систем

Под эгидой ЮНЕСКО организацией IGRAC (International Groundwater Resources Assessment Centre) создана Глобальная информационная система подземных вод, которая представляет собой интерактивный веб-портал и содержит данные, связанные с ресурсами подземных вод для всего мира [75]. Система включает несколько модулей: трансграничные подземные воды, подземные воды на уровне стран и регионов, мониторинг подземных вод, регулируемое пополнение запасов подземных вод и др.

Для моделирования изменения окружающей среды в зависимости от изменения климата предлагается использовать ГИС TGRASS, базирующуюся на пространственно-временных наборах данных (растровых, векторных, воксельных) [76].

В Российской Федерации создан Национальный атлас России, который включает картографические данные о состоянии подземных вод [77]. Компанией ГИДЭК разработана методика создания информационно-аналитических систем мониторинга недропользования, которая положена в основу информационно-аналитической системы государственного мониторинга состояния подземных вод России, информационной системы государственного учета и баланса ресурсов и эксплуатационных запасов питьевых и технических подземных вод, информационной системы Государственного банка информации о недрах (недропользовании) Республики Казахстан и др. [78-79]. Разработана карта ресурсного потенциала пресных подземных вод России [80]. Компанией «Геолинк консалтинг» создана информационно-аналитическая система геоэкологического мониторинга AquaBase. Она позволяет анализировать и систематизировать данные о ресурсах, режиме и качестве

подземных и поверхностных вод, осуществлять эффективное решение гидрогеологических задач [81].

В Республике Беларусь ведется автоматизированная информационная система использования водных ресурсов и качества вод [82].

Геологической службой США создана Национальная информационная система данных о подземных водах, включающая данные об обеспеченности подземными водами различных регионов страны, данные о взаимосвязи подземных вод и окружающей среды, методы оценки ресурсов подземных вод, геопространственные данные для Национальной системы водоносных горизонтов. Создан Атлас подземных вод США, содержащий режимные данные, описание реакции подземных вод на изменение климата, различные модели подземных вод, в том числе математические [83]. Практически для всех штатов страны созданы местные информационные системы управления ресурсами подземных вод.

В Канаде для повышения уровня управления подземными водами путем предоставления расширенного доступа к гидрогеологическим данным создана Сеть информации о подземных водах, которая включает описания скважин, данные мониторинга, параметры водоносных горизонтов, данные о литологическом строении и др., а также ссылки на связанные с ними публикации [84].

В Австралии разработана Национальная информационная система подземных вод для управления их ресурсами в условиях высоких техногенных нагрузок (сельское хозяйство, горнодобывающая промышленность, городская застройка и др.). Создан Атлас зависимых от подземных вод экосистем [85].

Геологической службой Китая (China Geology Survey) разработана информационная система подземных вод для оценки их ресурсов, комплексного управления подземными водами, исследования их взаимосвязи с окружающей средой, разработки мероприятий по защите подземных вод и др. [86].

В Индии портал India Waterportal содержит архивные данные о качестве и уровне грунтовых вод для всех штатов государства [87].

Для девяти европейских стран (Бельгия, Германия, Дания, Франция, Ирландия, Италия, Люксембург, Нидерланды, Великобритания) составлены карты ресурсов подземных вод, включающие описания водоносных горизонтов, сведения по водоотбору, данные мониторинга подземных и поверхностных вод, гидрографическую сеть и др. [88]. Информационная система ресурсов подземных вод Великобритании, разработанная Британской геологической службой, отражает использование подземных вод в настоящее время и в будущем, управление ресурсами подземных вод [89].

В Южной Африке для управления водными ресурсами разработана система, включающая описание всех водоносных горизонтов и отображающая влияние изменения климата на подземные воды [90]. Гидрогеологическое картирование ресурсов подземных вод Египта выполняется в рамках Национальной водной политики и используется в процессе контролируемого освоения ресурсов подземных вод [91].

Для стран Южной Америки создана информационная система подземных вод, включающая все данные о подземных водах – гидрогеологические и геологические карты, карты гидрографической сети и др. [92].

Тем самым, во многих странах мира созданы информационно-аналитические системы с целью управления ресурсами подземных вод. Природные условия в значительной степени определяют виды решаемых гидрогеологических задач и, как следствие, специфику любой информационной системы.

В Республике Казахстан научно-методическим вопросам создания информационных систем ресурсов и запасов подземных вод Казахстана занимаются ученые Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина. Целью создания геоинформационно-аналитической системы ресурсов подземных вод Казахстана является накопление данных о подземных водах и связанных с ними объектов окружающей среды и использование их в качестве информационной основы для решения практических гидрогеологических задач. Внедрение методики для автоматизированного формирования геоинформационно-аналитической системы предполагает разработку процедуры для осуществления информационного сопровождения гидрогеологических исследований. Методика предусматривает использование интегрированных информационно-аналитических систем, основными элементами которых являются фактографические и географические информационные системы, а также системы численного математического моделирования [22, 93-97].

Информационная система ресурсов и запасов подземных вод Республики Казахстан включает в себя информационно-аналитические модели, под которыми представляются комплексные автоматизированные модели, включающие систему различных разномасштабных геоизображений и связанных с ними структурированных и неструктурированных описаний гидрогеологических систем и их свойств, отображающие состояние гидрогеологических объектов, протекающие в них процессы, а также процессы взаимодействия с окружающей средой [2, 93].

5.2 Информационно-аналитическая гидрогеологическая модель Жамбылской области

Под геоинформационными моделями понимаются комплексные автоматизированные модели, включающие систему различных разномасштабных геоизображений и связанных с ними структурированных и неструктурированных описаний гидрогеологических систем и их свойств, отображающих состояние гидрогеологических объектов, протекающие в них процессы, а также процессы взаимодействия с окружающей средой [22, 93].

Гидрогеологические информационно-аналитические модели являются динамическими, отражающими изменение во времени состояния гидрогеологического объекта. Важным их свойством является полимасштабность, выражающаяся в возможности рассмотрения объекта в различных масштабах пространства, процесса, времени. Геоинформационные

модели используются в управлении, поскольку способны воспроизводить функционирование реального объекта [98]. Геоинформационная гидрогеологическая модель является частью общей информационной системы, содержащей сведения о подземных водах. Она ограничена в пространстве, включает определенный набор сведений и предназначена для решения конкретных прикладных гидрогеологических задач.

Система интегрированных разномасштабных информационно-аналитических моделей включает модели, территориально вложенные друг в друга, как показано на рисунке 5.1: геоинформационная модель ресурсов и запасов подземных вод Республики Казахстан; геоинформационная гидрогеологическую модель Южного Казахстана; геоинформационная гидрогеологическая модель территории Жамбылской области; геоинформационная гидрогеологическая модель предгорий Киргизского Алатау; геоинформационная гидрогеологическая модель крупного месторождения подземных вод (для примера Меркенского).

Модели Казахстана и региона Южного Казахстана представлены данными о запасах и ресурсах подземных вод, картами обеспеченности ресурсами и обобщенными картами загрязнения подземных вод и др. На их основании получить общее представление о состоянии и использовании подземных вод. Геоинформационные модели Жамбылской области и Меркенского месторождения подземных вод являются более детальными и отражают уточненные гидрогеологические условия, степень техногенного воздействия на подземные воды, возможность их добычи и использования.

Интегрированность моделей, составляющих систему, выражается не только в согласованности пространственного положения графических объектов, но и в непротиворечивости атрибутивных данных. Данные о ресурсах и запасах подземных вод, рассчитанные для административных областей, отражаются на карте Казахстана. Карты загрязнения подземных вод с увеличением масштаба уточняются. Модель Меркенского месторождения содержит первичные скважинные данные и подробные гидрогеологические разрезы.

Геоинформационные модели сформированы в соответствии с особенностями представленных территорий. Они включают как гидрогеологические данные, так и сведения из смежных областей знания. Безусловно, крупномасштабные модели описывают гидрогеологические объекты более точно, чем мелкомасштабные. Модель месторождения включает более подробную речную сеть, режимные и разведочные скважины, родники, колодцы, топологию поверхности земли.

Графическое представление данных зависит от масштаба карт. Каждое месторождение подземных вод в модели Казахстана представлено точечным объектом с атрибутивными данными о величине эксплуатационных ресурсов подземных вод. В модели Меркенского месторождения точка трансформирована в набор точечных объектов, соответствующих водозаборным сооружениям, а также содержит полигональные объекты, соответствующие санитарным зонам.



Рисунок 5.1 - Структура системы информационно-аналитических гидрогеологических моделей

Геоинформационные модели, составляющие систему, ориентированы на информационное обслуживание при изучении вопросов рационального использования и охраны ресурсов и запасов подземных вод. Картографические данные сформированы в соответствии со сценариями принятия управленческих решений.

Данная все карты и база данных выполнена в комплексе ArcGIS.

Информационно-аналитическая гидрогеологическая модель Жамбылской области, которая характеризуется жарким климатом, небольшим количеством осадков, невысокой степенью обеспеченности водными ресурсами, включает картографические материалы, необходимые для принятия управленческих решений по управления режимом эксплуатации подземных вод, в том числе: гидрогеологическая карта, карта месторождений подземных вод, карта обеспеченности ресурсами подземных вод, климатическая карта, физико-географическая карта, карта абсолютных отметок поверхности земли (рисунки 5.2-5.4). Для решения задач оценки возможности техногенного загрязнения подземных вод и ликвидации последствий модель дополнена почвенной картой и картой загрязнения подземных вод (рисунки 5.5-5.6).

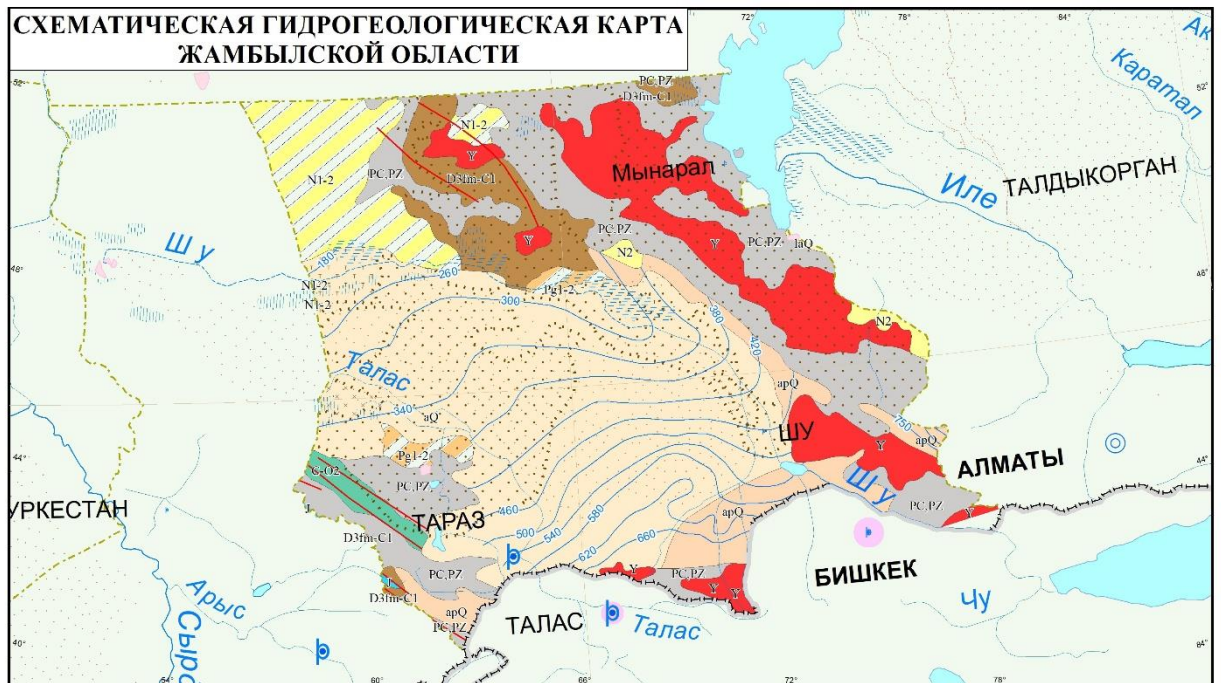
Информационно-аналитическая гидрогеологическая модель предгорной равнины Кыргызского Алатау, которая характеризуется развитием мощной толщи аллювиально-пролювиальных отложений, насыщенной пресными подземными водами, включает гидрогеологическую карту, карту месторождений подземных вод с утвержденными эксплуатационными запасами, карту абсолютных отметок земли, карту гидрографической сети, карту загрязнения подземных вод.

Информационно-аналитическая гидрогеологическая модель трансграничных водоносных горизонтов содержит информация по трансграничным бассейнам на границе Жамбылской области с Кыргызстаном (рисунок 5.7)

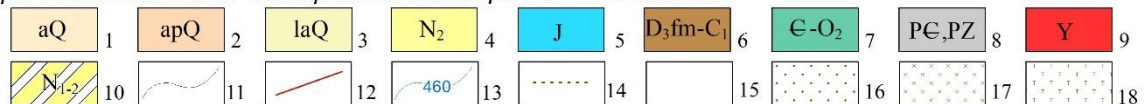
Шуйский трансграничный бассейн подземных вод приурочен к внешнеорогенной впадине Кыргызского Алатау. По гидрогеологическому районированию он является бассейном пластовых вод второго порядка.

Шуйская предгорная равнина примыкает на юге к горным сооружениям Кыргызского хребта и в геоструктурном отношении является юго-восточной частью Шуйской впадины. Гидрогеологическая модель представлена в информационной системе данными в табличной и графической формах (рисунок 5.8).

Северо-Таласский трансграничный бассейн подземных вод расположен в межгорной Таласской впадине, вытянутой в восточном направлении. По гидрогеологическому районированию он относится к бассейнам пластовых вод межгорных впадин третьего порядка. Гидрогеологическая модель представлена в информационной системе данными в табличной и графической формах (рисунок 5.9).

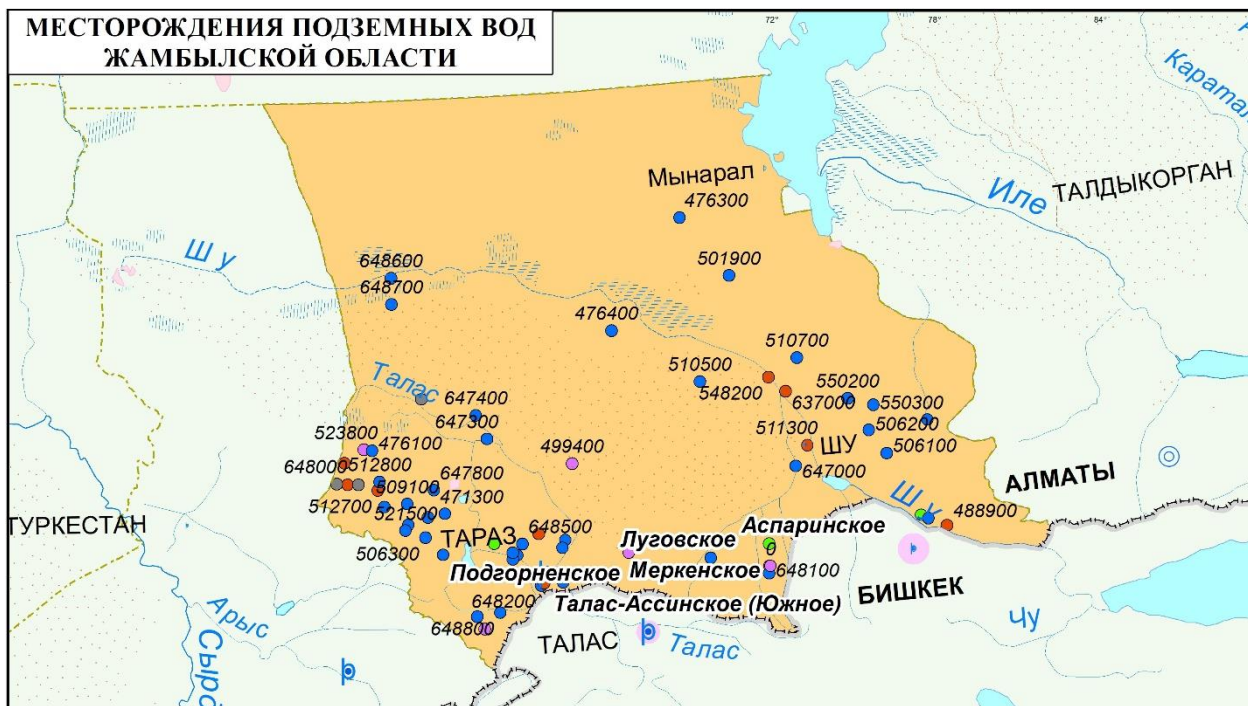


Карта составлена по материалам Смоляра В.А. - 2012 г.



Площадное распространение гидрогеологических подразделений, залегающие первыми от поверхности земли. Водоносные горизонты и комплексы, водоносные зоны трещиноватости: 1 – четвертичный аллювиальный комплекс; 2 – четвертичный аллювиально-пролювиальный комплекс; 3 – четвертичный озерно-аллювиальный комплекс; 4 – плиоценовый комплекс; 5 – юрский комплекс; 6 – комплекс преимущественно фамен-нижнекарбонатных трещиноватых и закарстованных карбонатных пород; 7 – комплекс преимущественно кембро-среднеордовикских трещиноватых и закарстованных карбонатных пород; 8 – зона трещиноватости докембрийских нерасчлененных палеозойских пород; 9 – зона трещиноватости разновозрастных, преимущественно интрузивных пород; 10 – локально-водоносный горизонт неогеновых отложений. 11 – распространение гидрогеологических подразделений, залегающих первыми от поверхности; 12 – тектонические разломы (водоносные); 13 – гидроизогипы с абсолютной отметкой уровня грунтовых вод, м; 14 – участки подземных вод с различной минерализацией: 15 – до 1 г/дм³; 16 – 1-3 г/дм³; 17 – 3-5 г/дм³; 18 – > 5 г/дм³.

Рисунок 5.2 – Схематическая гидрогеологическая карта Жамбылской области



Месторождения подземных вод и их целевое назначение

- Хозяйственно-питьевое водоснабжение
- Орошение земель
- Хозяйственно-питьевое водоснабжение и орошение земель
- Хозяйственно-питьевое и производственно-техническое водоснабжение
- Производственно-техническое водоснабжение

Цифра - наименование месторождения или его номер по ГВК

Рисунок 5.3 – Карта месторождений подземных вод Жамбылской области



Рисунок 5.4 – Карта обеспеченности Жамбылской области ресурсами подземных вод



Рисунок 5.5 – Почвенная карта Жамбылской области

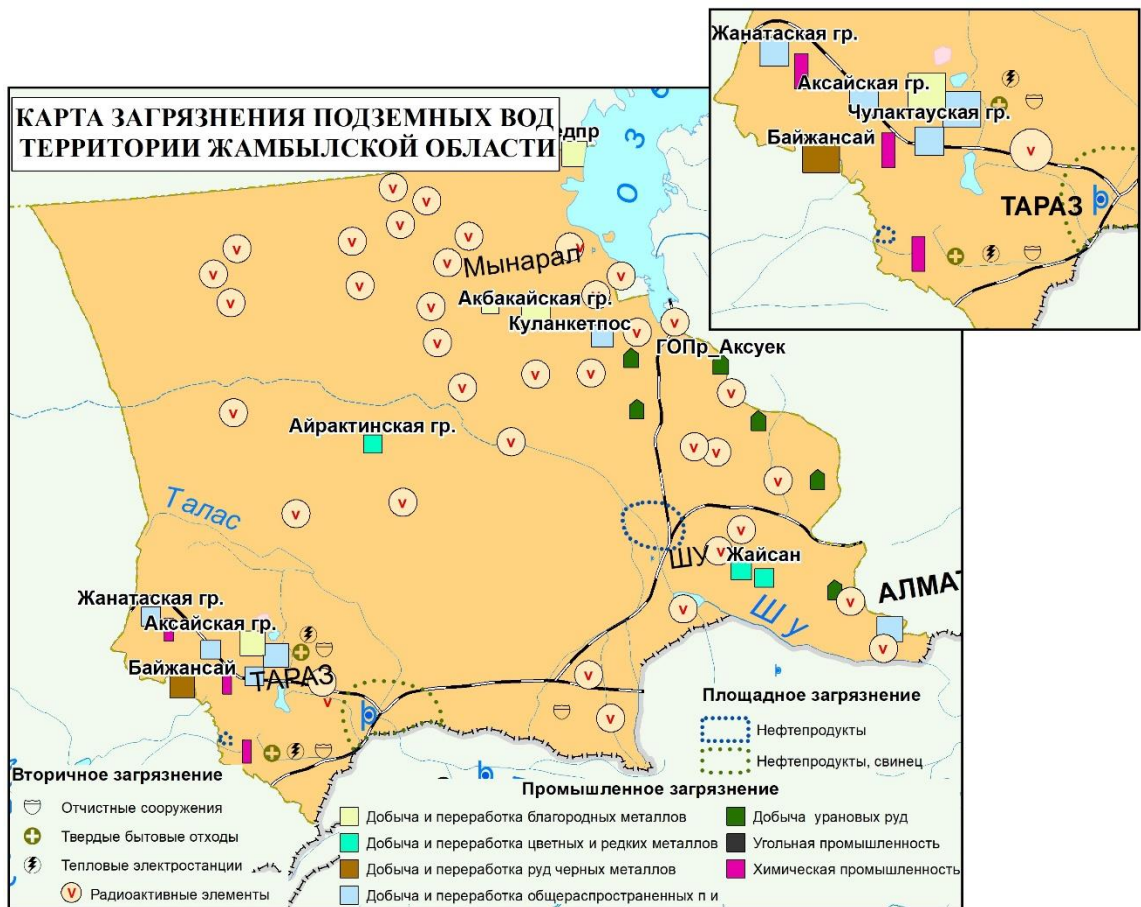


Рисунок 5.6 – Карта загрязнения подземных вод Жамбылской области



Рисунок 5.7 – Трансграничные бассейны Жамбылской области

Южно-Таласский трансграничный бассейн также относится к бассейнам пластовых вод межгорных впадин третьего порядка. Гидрогеологическая модель представлена в информационной системе данными в табличной и графической формах.

Информационно-аналитическая гидрогеологическая модель самоизливающихся скважин. Карты базы графических данных состоят из слоев, выделенных в соответствии с типом представленной информации. Для каждого слоя задаются географическая проекция и структура атрибутивных данных. Данные вводятся путем оцифровки.

Информацию, содержащуюся в геоинформационной базе данных, условно подразделяется на общую и специальную. Общая информация представляется данными, косвенно относящимися к исследуемому объекту или процессу: гидрогеологические сведения, гидрографические и топографические данные, данные дистанционного зондирования земли, административного деления и др. Специальная информация относится непосредственно к самоизливающимся скважинам: местоположение обследованных скважин, таблицы результатов химических анализов воды и др.

На карте расположения самоизливающихся скважин выполнена классификация графических объектов по значению поля «Описание скважины».

Выделены самоизливающиеся скважины; скважины, в которых вода находится на поверхности земли; скважины, в которых используется погружной насос для забора воды; скважины со стволом, забитым камнями; ликвидированные скважины (рисунок 5.8). На основании введенных сведений осуществлена выборка скважин по определенным показателям.

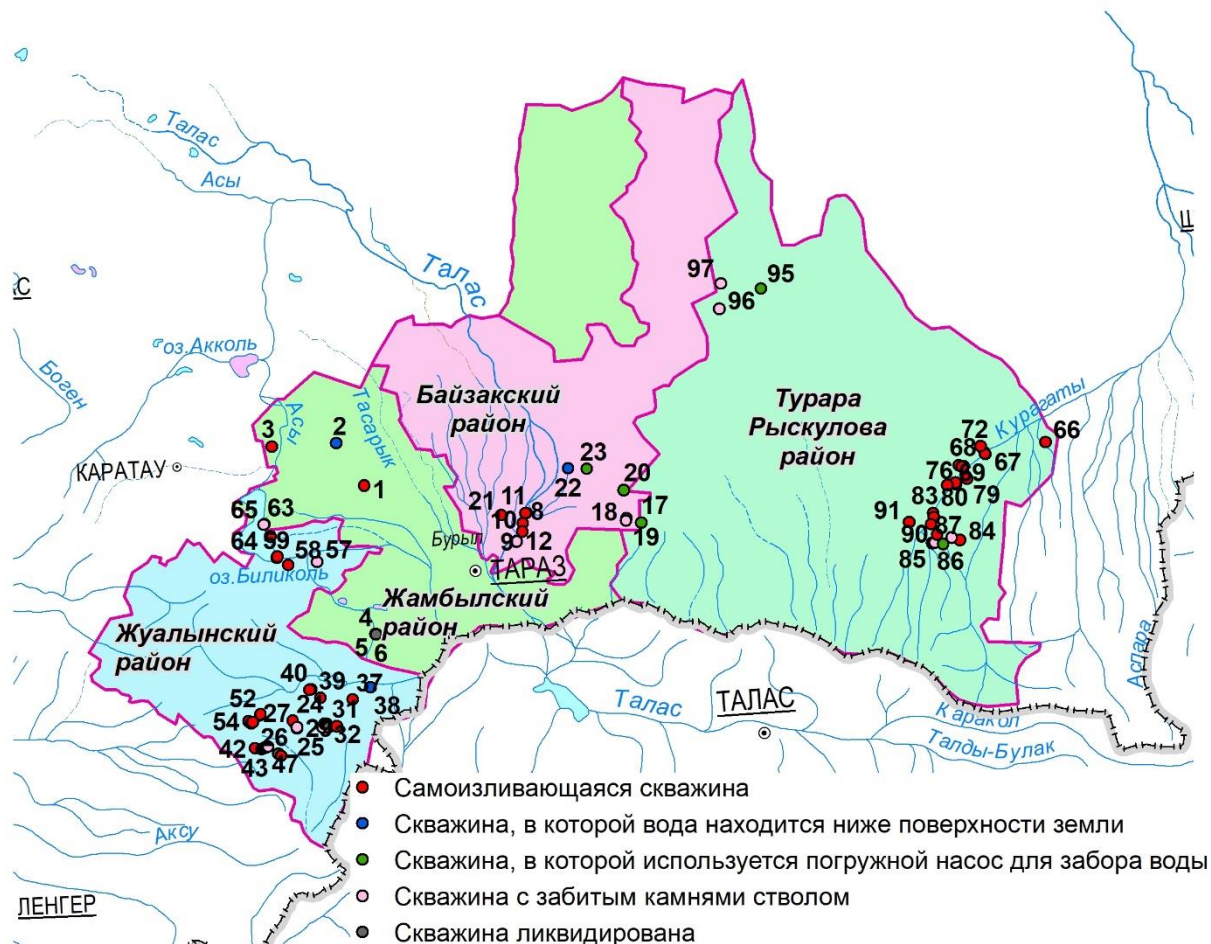


Рисунок 5.8 - Карта расположения самоизливающихся скважин

Геоинформационная гидрогеологическая модель крупных месторождений подземных вод представлена в информационной системе данными в табличной и графической формах. Описание месторождений представлено в базе семантических данных в табличном виде. Картографические материалы содержат гидрогеологические карты и разрезы месторождений, содержащие изолинии уровня подземных вод, гидрогеологические скважины с указанием химического состава воды, дебита, понижения, глубины залегания воды, минерализации, температуры и др. (рисунки 5.9 и 5.10).

В целом, по результатам разработки и создания информационно-аналитическая гидрогеологическая модель Жамбылской области необходимо отметить следующее:

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
ШУЙСКОГО ТРАНСГРАНИЧНОГО БАСЕЙНА
ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

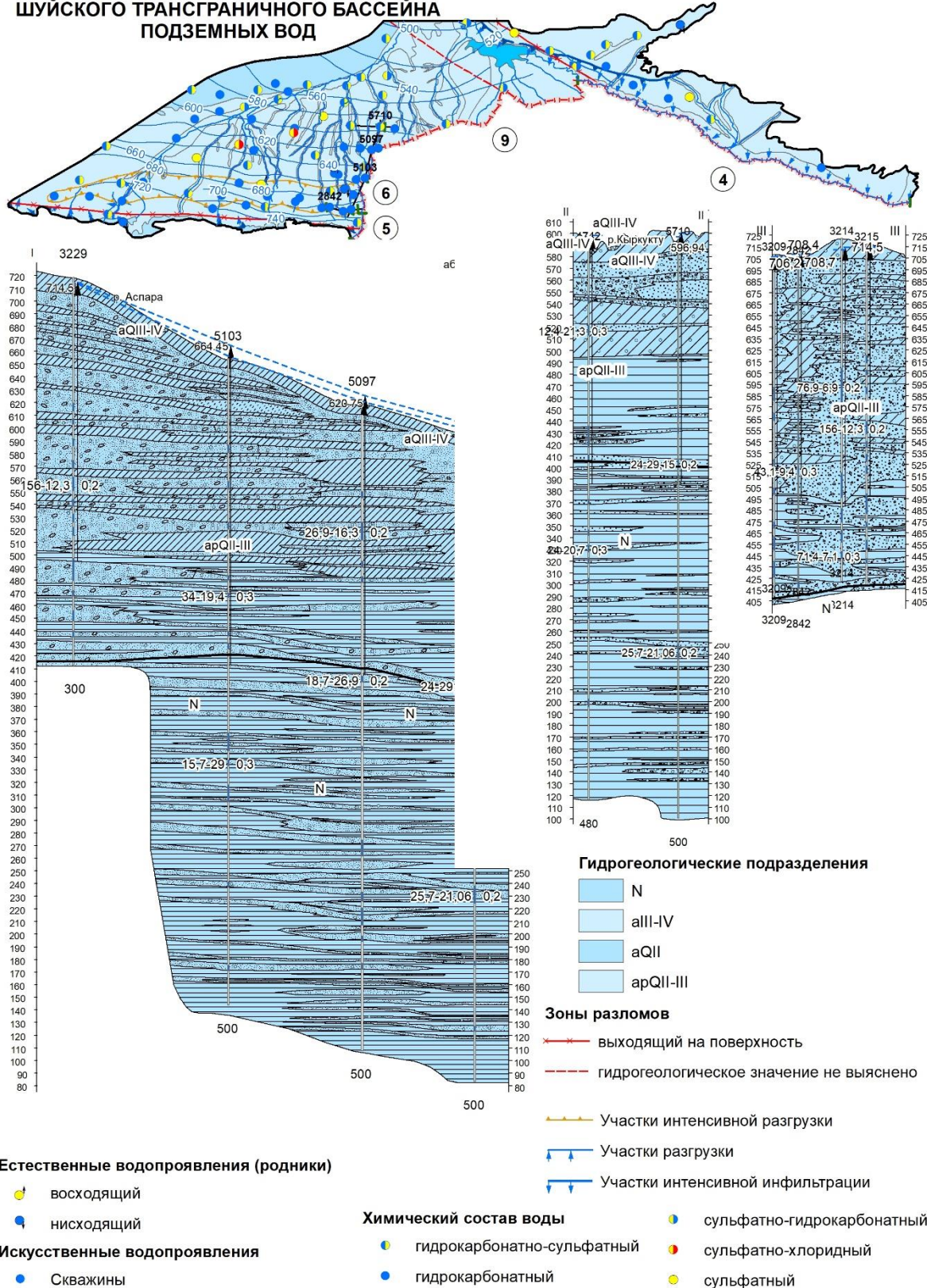


Рисунок 5.9 – Представление Шуйского трансграничного бассейна подземных вод в базе графических данных

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
СЕВЕРО-ТАЛАССКОГО ТРАНСГРАНИЧНОГО БАССЕЙНА
ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

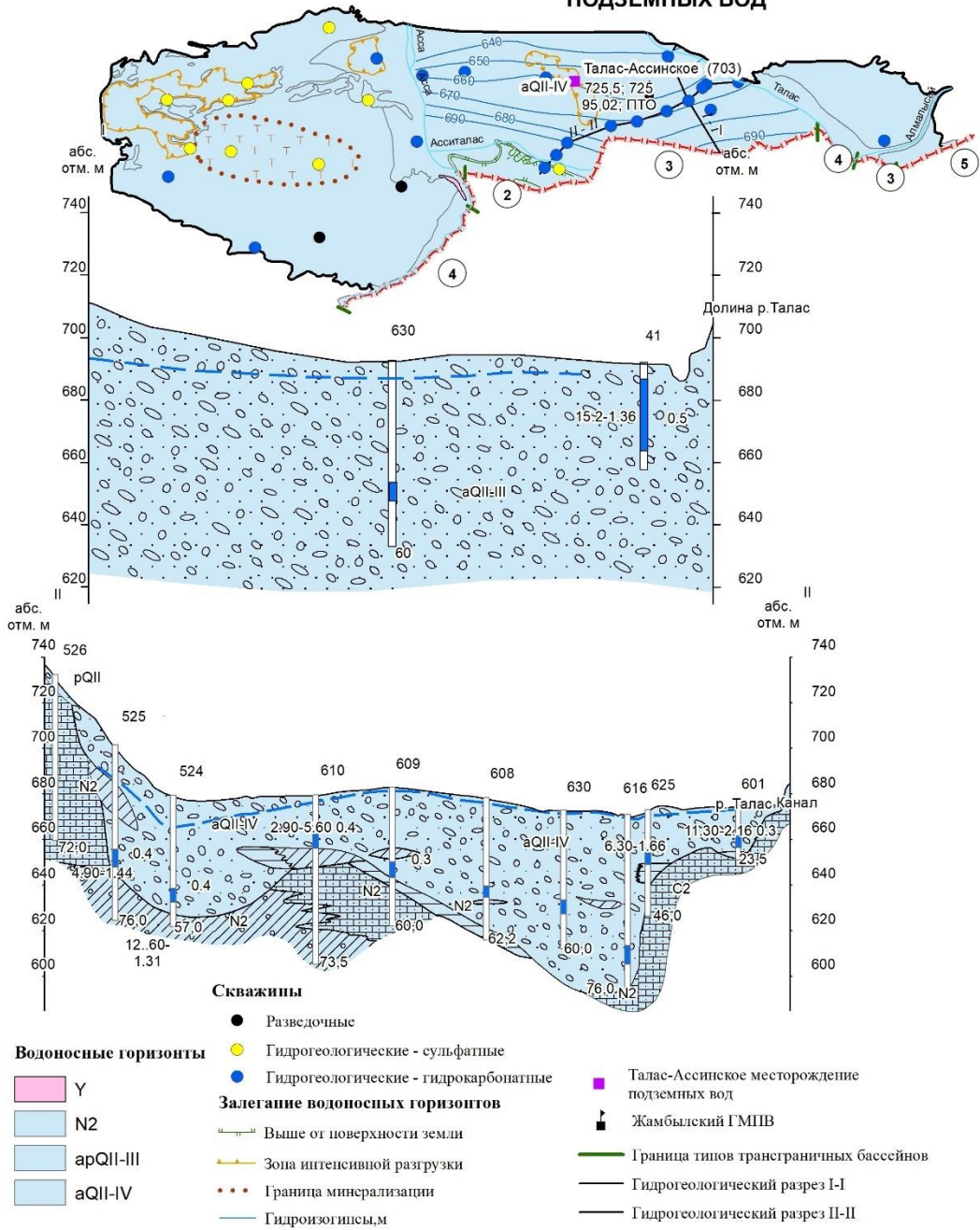


Рисунок 5.10 – Представление Северо-Таласского трансграничного бассейна подземных вод в базе графических данных

а) Система моделей включает графические материалы, сформированные в одной системе координат и на единой картографической основе, что позволяет осуществлять их эффективный анализ, при этом структурированные текстовые и числовые данные оформлены в виде таблиц, включающих поле-идентификатор для связи с графическими объектами.

б) Территория Жамбылской области включает области формирования ресурсов подземных вод и накопление сведений о динамике их состояния позволит оценить влияние изменения климата на процессы формирования ресурсов подземных вод.

в) Информационно-аналитическая гидрогеологическая модель Жамбылской области может дополняться сведениями из смежных областей знания (почвоведения, ботаники и др.), что позволит решать задачи в области сельского хозяйства, землепользования и др.

Таким образом, создание системы интегрированных информационно-аналитических гидрогеологических моделей служит инструментом принятия управленческих решений по вопросам обеспечения рационального использования ресурсов и запасов подземных вод. Созданная система является открытой и может дополняться новыми сведениями о величинах запасов и ресурсов подземных вод, влиянии техногенных факторов на подземную гидросферу, процессах взаимодействия подземных вод с другими компонентами окружающей среды и т.д.

5.3 Разработка управленческих решений по рациональному использованию подземных вод

Под рациональным использованием подземных вод рекомендуется понимать экономически целесообразную их эксплуатацию, обеспечивающую охрану от загрязнения и истощения их эксплуатационных запасов и позволяющую сохранить на заданном уровне поверхностные водные ресурсы и экологические условия [99]. Обычно рассматриваются два сценария рационального использования ресурсов и запасов подземных вод:

1) Управление режимом эксплуатации подземных вод в соответствии с утвержденными эксплуатационными запасами и технологическими схемами.

2) Оценка возможности техногенного загрязнения подземных вод в соответствии с их защищенностью и мероприятия по локализации очагов загрязнения.

В соответствии с первым сценарием решается задача защиты подземных вод от истощения, в соответствии со вторым - от загрязнения. Следует отметить, что такое разделение довольно условно, поскольку, например, интенсивный водоотбор может спровоцировать загрязнение подземных вод, а наличие ореола загрязнения в водоносном горизонте может потребовать коррекции режима эксплуатации водозабора.

Управленческие решения по рациональному использованию ресурсов подземных вод. Управленческое решение - совокупность взаимосвязанных, целенаправленных и логически последовательных управленческих действий, которые обеспечивают реализацию управленческих задач [100]. Принятие

управленческих решений зависит от реализуемого сценария рационального использования ресурсов и запасов подземных вод и должны учитывать специфику гидрогеологических объектов – значительную площадь распространения, тесную взаимосвязь с другими объектами окружающей среды, невозможность получения полной и достоверной информации об объекте и субъективный характер ее анализа и др.

Выделяются следующие управленческие решения для недопущения истощения подземных вод, при принятии которых используются сведения, содержащиеся в информационно-аналитических моделях [101]:

- Организация учета и контроля использования подземных вод в соответствии с их целевым назначением и установленными лимитами. Необходимые сведения: карта утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод; схемы расположения водозаборных сооружений с указанием количества и качества извлекаемой воды и ее целевого использования; карты, отражающие изменение гидродинамической ситуации.

- Создание сети мониторинга подземных вод и окружающей среды. Необходимые сведения: схема расположения режимных скважин (существующих и планируемых) и результаты наблюдений за уровнем и химическим составом подземных вод; схема размещения гидропостов и результаты наблюдений за состоянием поверхностных вод; результаты наблюдений за состоянием почв, растительности, ландшафта на исследуемой территории и др.

- Переоценка эксплуатационных запасов подземных вод, если опытом эксплуатации не были подтверждены ранее утвержденные или завершены установленные сроки эксплуатации. Необходимые сведения: схемы участков с понижениями уровней больше допустимых, на которых требуется сокращение величины водоотбора; карта эксплуатационных запасов подземных вод после их переоценки; данные о местоположении водозаборных сооружений и количестве извлекаемой воды; прогнозные карты гидроизогипс и понижений уровней подземных вод для сокращенного водоотбора и др.

- Дополнительные меры по недопущению истощения запасов подземных вод: консервация или ликвидация самоизливающихся и разведочных скважин, а также скважин, непригодных для эксплуатации или использование которых прекращено]; отказ от размещения водоемких производств; меры по снижению количества дренажных вод при разработке месторождений полезных ископаемых; оформление разрешения на специальное водопользование при эксплуатации дренажных систем на мелиорированных землях и др.

К специальным управленческим решениям для первого сценария рационального использования ресурсов и запасов подземных вод относятся решения, реализующие комплекс мероприятий по искусственному восполнению запасов подземных вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью диссертации является научное обоснование эффективного освоения ресурсов подземных вод казахстанской части предгорий Киргизского Алатау для разработки рациональных управленческих решений по использованию их ресурсного потенциала для устойчивого развития городских и сельских территорий. Исследованы региональные особенности формирования и распространения, количественные и качественные показатели, естественные запасы, возобновляемые и прогнозные ресурсы, разведанные эксплуатационные запасы подземных вод.

В последние годы наблюдается нарастающий дефицит речных вод, связанный с климатическими изменениями и нарастающим водоотбором на сопредельной стороне Кыргызстана. В данных условиях, для при уменьшающемся поверхностном стоке основным и надежным источником воды для развивающегося аграрного сектора территории являются подземные водные ресурсы. Прогноз перспектив использования подземных вод для водоснабжения, орошения и обводнения является одной из важнейших научно-прикладных проблем.

Гидрогеологическое обоснование прогноза целесообразного использования подземных вод заключается в оценке их прогнозных ресурсов, методика оценки которых в Казахстане нацелена на получение возможного значения отбора подземных вод на конкретной территории. Отношение величины эксплуатационных запасов подземных вод к величине прогнозных ресурсов расценивается как степень разведанности территории. Тем самым, ресурсный потенциал подземных вод характеризуется, с одной стороны, прогнозными ресурсами как потенциальной возможностью использования подземных вод, а с другой – эксплуатационными запасами, разведанными на конкретных участках.

Предгорья Киргизского Алатау вытянуты субширотной полосой протяженностью вдоль северных склонов от долины реки Шу на востоке до долины реки Талас на западе. С севера примыкают песчаные массивы Мойынкум. Формирование ресурсов подземных вод территории определяется сложным взаимодействием природно-климатических и геолого-геоморфологических факторов. Особое значение играют литологический состав водовмещающих пород, интенсивность и глубина расчлененности рельефа, соотношения элементов водного баланса, взаимосвязь с поверхностными водами.

В гидрогеологическом отношении территория достаточно изучена в процессе региональных среднемасштабных съемок, поисково-оценочных и разведочных работ. Региональные научные исследования проводились с 70-х годов прошлого столетия по современный период специалистами Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина. В 2021-2022 годах под руководством автора выполнены экспедиционные обследования действующих водозаборов подземных вод и самоизливающихся скважин, результаты которых

позволяют оценить современное состояние гидрогеологических условий предгорий Киргизского Алатау.

1) Территория расположена на юго-западной периферии обширного Шу-Сарысуйского артезианского бассейна и представляет собой предгорный гидрогеологический бассейн безнапорных и напорных поровых вод, покровный чехол которого сложен рыхлыми осадочными образованиями кайнозоя, а фундамент представлен кристаллическими палеозойскими и протерозойскими породами. Выделены два гидрогеологических района: А - Горный, представляющий собой гидрогеологический массив трещинных и трещинно-жильных безнапорных вод скальных пород Киргизского Алатау; В – Предгорный с тремя подрайонами - Шуйской долины (В.1), междуречья Шу-Талас (В.2) и междуречья Талас-Аса (В.3). Безнапорные и напорные поровые воды приурочены к различным по составу и генезису четвертичным отложениям и характеризуются пространственной выдержанностью потоков подземных вод с образованием единой уровенной поверхности.

2) В пределах территории на границе Жамбылской области и Кыргызстана выделяются Шуйский и Северо-Таласский трансграничные водоносные горизонты, для которых установлено пять типов трансграничных потоков подземных вод. Они отнесены к 3-й категории риска: трансграничные проблемы неизбежно возникнут при хозяйственном основании месторождений подземных вод или продвижении очага загрязненных подземных вод на территорию Жамбылской области со стороны сопредельного государства – Кыргызской Республики. Основные рекомендации по снижению трансграничных угроз, связанных с истощением и загрязнением пресных подземных вод трансграничных водоносных горизонтов, включают развитие потенциала международного сотрудничества Казахстана и Кыргызстана по совместному оптимальному управлению ресурсами подземных вод, обмену данными гидрогеологического мониторинга по количественным и качественным показателям.

3) Региональные особенности формирования ресурсов подземных вод территории определяются природно-климатическими, геоморфологическими и геолого-литологическими факторами, совокупность которых обусловила различные условия питания, циркуляции и накопления подземных вод в пределах выделенных гидрогеологических районов территории исследований. Горный гидрогеологический район относится к одной из основных областей питания Шу-Сарысуйского артезианского бассейна и является областью интенсивного формирования поверхностного и подземного стока. Долина реки Шу и междуречье Талас-Аса представляют собой области транзита поверхностного и подземного стока с зонами местного питания и разгрузки подземных вод. Междуречье Шу-Талас включает по особенностям формирования ресурсов подземных вод три зоны: зона интенсивного поглощения поверхностных вод и формирование подземного стока, зона транзита подземного стока и местного питания и разгрузки подземных вод и зона разгрузки подземного стока.

4) На территории предгорий Киргизского Алатау в продуктивных четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложениях распространены ультрапресные и пресные подземные воды пригодные для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения земель. По данным 2021-2022 годов качественные показатели подземных вод практически не изменились.

5) Ресурсный потенциал подземных вод обеспечивается, главным образом, естественными (ежегодно возобновляемыми) ресурсами и, в большинстве случаев при эксплуатации, естественными (емкостными) запасами. Уточненные естественные запасы подземных вод северных предгорий Киргизского Алатау для предгорного гидрогеологического района составляют $123,74 \text{ км}^3$, в том числе по подрайонам: долина реки Шу – $21,66 \text{ км}^3$, междуречье Шу-Талас – $98,5 \text{ км}^3$ и междуречье Талас-Аса – $3,58 \text{ км}^3$. Ежегодно восполняемые ресурсы подземных вод определены как суммарная величина питания подземных вод в естественных условиях и под влиянием искусственных факторов, в частности в результате регулярного орошения. На предгорной равнине оценены транзитный и местный подземные стоки, образующие общий подземный сток. Суммарная величина подземного стока территории $36,52 \text{ м}^3/\text{с}$: в том числе: долина реки Шу – $3,86 \text{ м}^3/\text{с}$; междуречье Шу-Талас – $26,56 \text{ м}^3/\text{с}$; междуречье Талас-Аса – $6,1 \text{ м}^3/\text{с}$. Подземный сток Киргизского Алатау оценен в $9,81 \text{ м}^3/\text{с}$ при среднем модуле $3,4 \text{ л/с на км}^2$.

6) Оценка прогнозных ресурсов подземных вод территории исследований проведена по трем вариантам: оптимистический - расчет основывается только на оцененных ежегодно восполняемых ресурсах подземных вод территории для недопущения осушения основных водоносных горизонтов, коэффициент использования принят $0,7$ (с учетом многолетнего опыта прогнозирования), время эксплуатации не ограничено; пессимистический - учитываются только оцененные емкостные запасы подземных вод, коэффициент использования принят $0,2$ (с учетом минимизации осушения), а период эксплуатации принят 25 лет как продолжительный засушливый период; ожидаемый и наиболее вероятный - учтены как ежегодно восполняемые ресурсы, так и емкостные запасы водоносных горизонтов и комплексов, коэффициенты использования $0,7$ (для возобновляемых ресурсов) и $0,2$ (для емкостных запасов), период эксплуатации принят 100 лет (с учетом многолетней практики Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина). Величина прогнозных ресурсов подземных вод территории по вариантам оценки варьирует в пределах $21,7-31,4 \text{ м}^3/\text{с}$.

7) На территории исследований разведано 8 месторождений пресных подземных вод, эксплуатационные запасы которых утверждены по промышленным категориям А+В в количестве $13,86 \text{ м}^3/\text{с}$, а по категориям А+В+С₁ – $19,7 \text{ м}^3/\text{с}$. Тем самым, разведанность предгорий Киргизского Алатау оценивается в $44-64\%$ для запасов промышленных категорий по различным вариантам прогнозных ресурсов. Особенно важно, что величина запасов подземных вод по категориям А+В+С₁ не превышает оптимистичный вариант

прогнозных ресурсов, тем самым осушения продуктивных водоносных горизонтов и комплексов не ожидается.

8) В связи с благоприятными гидрогеологическими условиями хозяйственно-питьевое водоснабжение осуществляется преимущественно за счет подземных вод аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений конусов выноса и предгорных равнин Киргизского Алатау, а также аллювиальных отложений долин рек Шу, Талас и Аса. Поверхностные воды используются крайне редко. Перспективная потребность пресных подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд составит 4,2 м³/с. Тем самым, резервы пресных подземных для развития регулярного орошения на территории исследований оцениваются в 9 м³/с по запасам промышленных категорий (А+В) и в 15 м³/с по суммарным запасам категорий А+В+С₁. В советский период месторождения предгорной равнины, в основном, разведаны для орошения земель.

9) Фонтанная эксплуатация подземных вод на предгорной равнине позволяет повысить объем располагаемых водных ресурсов для увеличения площадей орошаемых земель, особенно плодово-ягодных культур. Развитие мелких крестьянских хозяйств окажет положительное влияние на привлечение частных инвестиций, повышение трудовой занятости сельского населения, увеличение ассортимента продовольственной корзины. Скважины необходимо оборудовать краново-регулирующими устройствами, надкаптажными сооружениями и емкостями для хранения воды. Для каждой скважины следует оформить разрешение на специальное водопользование, паспортные данные и др. документацию согласно казахстанскому законодательству.

10) Создана система интегрированных разномасштабных информационно-аналитических гидрогеологических моделей, включающая модель Жамбылской области, модель предгорной равнины Киргизского Алатау, модель Шуйского, Северо-Таласского и Южно-Таласского трансграничных водоносных горизонтов, модель самоизливающихся гидрогеологических скважин; модели крупных месторождений подземных вод, для принятия управленческих решений по сценариям рационального использования и охраны ресурсного потенциала подземных вод.

Задачи дальнейших научно-прикладных гидрогеологических исследований территории включают:

- организация и ведение оптимальной системы мониторинга подземных вод по региональным, площадным (массивы орошения) и локальным (водозаборы) сетям наблюдений, включая сети трансграничного мониторинга с адаптацией и внедрением систем автоматизированных датчиков;

- эксплуатация системы интегрированных разномасштабных информационно-аналитических гидрогеологических моделей с созданием связанных математических моделей конкретных гидрогеологических объектов;

- обоснование и организация современных ирригационных систем с эффективным освоением ресурсного потенциала подземных вод территории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод. Алма-Ата, ГКЗ РК, 1997 г.
- 2 Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1964. - 307 с.
- 3 Региональные ресурсы подземных вод Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1983. - 175 с.
- 4 Биндеман Н.Н., Язвин Л.С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Недра, 1970. - 216 с.
- 5 Боровский Б.В., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод. Киев: Выща школа, 1989. - 407 с.
- 6 Jean Margat, Jac van der Gun. Groundwater around the World. A Geographic Synopsis. U.S. Government works. CRC Press Taylor & Francis Group, 2013. - 341 p.
- 7 Freeze R. Allan, Cherry, John A. Groundwater. Prentice-Hall. Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632, 1979. - 604 p.
- 8 Язвин А.Л. Ресурсный потенциал пресных подземных вод России (решение современных проблем геологического изучения). Дис. ... доктор геол.-мин. наук, 25.00.07 – Гидрогеология, Москва, 2015. - 323 с.
- 9 Смоляр В.А., Буров Б.В., Мустафаев С.Т. Ресурсы подземных вод Республики Казахстан // Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. – Т.VIII. Алматы, 2012. - 632 с.
- 10 Ахмедсафин У.М. Подземные воды песчаных массивов южной части Казахстана. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1951. - 267 с.
- 11 Гидрогеология СССР. Т. XXXVI. Южный Казахстан. М., 1970. - 472 с.
- 12 Артезианские бассейны Южного Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1968. - 122 с.
- 13 Формирование и гидродинамика артезианских вод Южного Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1973. - 232 с.
- 14 Артезианские воды Чу-Сарысуйской впадины. Алма-Ата: Наука, 1979. - 160 с.
- 15 Батабергенова М.Ш. Гидрогеологические условия и формирование подземных вод четвертичных отложений предгорий Киргизского хребта (КазССР). Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Алма-Ата, 1978.- 20 с.
- 16 Некрасов Б.А. Формирование эксплуатационных запасов подземных вод конусов выноса при использовании их для орошения (Киргизский и Джунгарский Алатау). Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Ташкент, 1987. - 25 с.
- 17 Джаkelов А.К. Формирование подземных вод Чу-Сарысуйского артезианского бассейна, их ресурсы и перспективы использования. Алматы: Ғылым, 1993. - 240 с.
- 18 Справочник «Месторождения подземных вод Казахстана». Т. I. Западный и Южный Казахстан. Алматы: Второе издание, 2019. —426 с.

- 19 Смоляр В.А., Буров Б.В. и другие. Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние) // Справочник. – А.: НИЦ Ғылым, 2002. – 596 с.
- 20 Абсаметов М.К., Мухамеджанов М.А., Сыдыков Ж.С., Муртазин Е.Ж. Подземные воды Казахстана – стратегический ресурс водной безопасности страны. – Алматы, 2017. – 220 с.
- 21 Рациональное использование и охрана подземных вод Республики Казахстан в условиях климатических и антропогенных изменений/под ред. академика НАН РК М.К. Абсаметова. -А.: Print Express, 2020. -282 с.
- 22 Ахмедсафин У.М., Шлыгина В.Ф. Формирование подземных вод. Алма-Ата: Наука, 1985. - 160 с.
- 23 Справочник по климату Казахстана. Многолетние данные. 1971-2000 г. Алматы: изд. Казгидромет. 2004. – 38 с.
- 24 Справочник по климату Казахстана. Многолетние данные. Выпуск 1. Температура воздуха. Раздел 13. Жамбылская область. Алматы: изд. Казгидромет. 2004. – 294 с.
- 25 Справочник по климату Казахстана. Многолетние данные. Выпуск 2. Атмосферные осадки. Раздел 13. Жамбылская область. Алматы: изд. Казгидромет. 2004. – 42 с.
- 26 Современные проблемы Шу-Таласского бассейна. Информационный бюллетень. ПРООН Казахстан. Алматы, 2006. – 152 с.
- 27 Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Шу с притоками. Т. I. Кн. 1. Сводная записка. ПК «Институт Казгипроводхоз». Алматы, 2007. – 141 с.
- 28 Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Талас с притоками. Т. I. Кн. 1. Сводная записка. ПК «Институт Казгипроводхоз». Алматы, 2007. – 144 с.
- 29 Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов. Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 8 апреля 2016 года № 200. -URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1300001434>.
- 30 Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. Т. 3. Бассейны рек Шу и Талас. Алматы: Изд. «Қағанат», 2018, - 511 с.
- 31 Shared global vision for Groundwater Governance 2030 and a call-for-action. Revised edition. March 2016. FAO 2015. 12 p.
- 32 Веселов В.В. Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана. Алматы: НИЦ «Ғылым», 2002. – 438 с.
- 33 Сыдыков Ж.С., Шлыгина В.Ф. Подземные воды Казахстана. Структурно-гидрогеологическая основа и систематика. Алматы: «Ғылым», 1998. – 346 с.
- 34 Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes [Helsinki, 17 March 1992].
- 35 Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей ООН по докладу Шестого комитета (А/63/439), 63 сессия, п. 75 повестки дня -15 января 2009, 10 с.

- 36 Типовые положения по трансграничным подземным водам. ЕЭК-ООН. Нью-Йорк. Женева. 2014. – 28 с.
- 37 НАШИ ВОДЫ: ВОЗЬМЕМСЯ ЗА РУКИ МИНУЯ ГРАНИЦЫ. Первая оценка состояния трансграничных рек, озер и подземных вод. ЕЭК-ООН. Нью-Йорк. Женева. 2007. – 392 с.
- 38 Вторая оценка состояния трансграничных рек, озер и подземных вод. ЕЭК-ООН. Нью-Йорк. Женева. 2011. – 448 с.
- 39 Подольный О.В., Скоринцева И.Б., Салыбекова В.С. и др. Приташкентский трансграничный водоносный горизонт: Отчет о результатах оценки / Управление Ресурсами Подземных Вод Трансграничных Горизонтов (GGRETA) – Фаза 1. – Париж, ЮНЕСКО, 2016. – 155 с.
- 40 Podolny O., Skorinceva I, Salybekova V. Assessment of Pretashkent transboundary aquifer - HYDROGEOLOGY: BACK TO THE FUTURE! 42nd IAH Congress – ROME. Sapienza University of Rome - 13/18 September 2015/ ABSTRACT BOOK - Aqua 2015/ Abstract № 159 – p. 546.
- 41 Кучин А. Г. Трансграничные водоносные горизонты Казахстана (типизация, оценка рисков, информационная основа управления). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Бишкек, 2012. 20 с.
- 42 Podolny O. Transboundary aquifers in Kazakhstan. Report on UNESCO' Contract 123/2009/sc. – UNESCO Cluster in Almaty. 2009. 62 с.
- 43 Подольный О.В., Смоляр В.А., Буров Б.В., Мустафаев С.Т. Проблема трансграничных подземных вод. - В кн. Водные ресурсы Казахстана: Оценка, прогноз, управление. Том VIII. Ресурсы подземных вод Казахстана, – Алматы, НИЦ "ФЫЛЫМ", 2011, с. 527 – 558.
- 44 Мандычев А.Н. Управление трансграничными подземными водами Кыргызстана. 2002 // <http://geohydro.narod.ru/stat18R.htm/>
- 45 Оролбаева Л.Э. Формирование и геориски трансграничных потоков подземных вод Кыргызстана. 7 с. <http://www.cawater-info.net/library/rus/orolbaeva1.pdf>
- 46 Оролбаева Л.Э. Подземные воды Кыргызстана: проблемы использования и сохранения. // Горный журнал, №8. 2016. С. 41-47.
- 47 Аламанов С.К. Трансграничные водные ресурсы Киргизии. 2016, - 24 с. <https://www.postsovietarea.com/jour/article/download/85/86>.
- 48 Тажиев С.Р. Трансграничные ресурсы подземных вод междуречья Талас-Асса. // IX Сибирская конференция молодых учёных по наукам о Земле. Новосибирск, 2018. - с. 596-598. ISBN 978-5-4437-0838-6
- 49 Калугин С.К. Подземные воды Джезказган-Улутауского района Центрального Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1967. - 137 с.
- 50 Шапиро С.М. Подземные воды юго-востока Центрального Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1974. - 184 с.
- 51 Касымбеков Д.А. Формирование подземных вод Чу-Илийского горно-складчатого региона (юго-восточная часть и ее обрамление) и перспективы их использования. Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Алма-Ата, 1990.- 22 с.

- 52 Формирование, прогноз, управление режимом подземных вод конусов выноса. Алма-Ата: Наука, 1978. - 154 с.
- 53 Подземные воды Южного Прибалхашья. Алма-Ата, Наука, 1980, 128 с.
- 54 Смоляр В.А., Мустафаев С.Т. Гидрогеология бассейна озера Балхаш. Алматы, Ғылым, 2007. – 352 с.
- 55 Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к водоисточникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению, местам культурно-бытового использования и безопасности водных объектов», утвержденные постановлением Правительства Республики Казахстан от 16.03.2015 г. №209.
- 56 Программа по гидрохимии. Обработка гидрогеохимических данных проведена с применением программного средства AquaChem 11.0
- 57 Dinara Adenova, Sultan Tazhiyev et al. Groundwater Quality and Potential Health Risk in Zhambyl Region, Kazakhstan // Water (Switzerland), 15(3), 482 p. 1-21? <https://doi.org/10.3390/w15030482>
- 58 Территориальное распределение ресурсов подземных вод Казахстана. Алма-Ата, Наука, 1979, 152 с.
- 59 Региональные ресурсы подземных вод Казахстана (перспективы и методы рационального использования). Алма-Ата, Наука, 1983, 175 с.
- 60 Формирование подземного стока на территории Казахстана. Алма-Ата, Наука, 1970, 147 с.
- 61 Тажиев С.Р. Влияние реки Шу и Тасоткельского водохранилища на формирование эксплуатационных запасов подземных вод Чу-Новотроицкого месторождения. // XI международная конференция молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях». Материалы докладов. Т. 1. Бишкек, 2019. – с. 378-384. ISBN 978-9967-12-794-4
- 62 Тажиев С.Р. Влияние Кировского водохранилища и рек Талас и Асса на формирование эксплуатационных запасов подземных вод Талас-Ассинского месторождения. // Сборник материалов X международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях». Бишкек, 2018. – с. 237-242. ISBN 978-9967-12-728-9
- 63 Смоляр В.А., Буров Б.В., Мустафаев С.Т. Подземные воды Казахстана: обеспеченность и использование. // Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. – Т. XIX. – Алматы, 2011. – 402 с.
- 64 Подземные воды Казахстана. Ресурсы, использование и проблемы охраны. Алма-Ата, Ғылым, 1999, 284 с.
- 65 Подземные воды Казахстана - резерв орошаемого земледелия. Алма-Ата, Наука, 1988, 128 с.
- 66 Тажиев С.Р. Использование подземных вод предгорья Киргизского Алатау. // Труды Сатпаевских чтений «Инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии». Алматы, 2018. - с. 160-163. ISBN 978-601-323-111-2
- 67 Тажиев С.Р. Экономическая целесообразность использования южной части Талас-Ассинского месторождения подземных вод для некоторых аулов

Жамбылского и Байзакского района Жамбылской области. // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина. Т. 1. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. –с. 395-396. ISBN 978-5-4387-0878-0 (т. 1)

68 R.G. Taylor, Bridget R. Scanlon, Petra Doll, Matt Rodell, Rens van Beek, et al. Groundwater and climate change. *Nature Climate Change*, 2013, 3, pp.322-329. [ff10.1038/nclimate1744](https://doi.org/10.1038/nclimate1744)[ff. ffinsu-00817351](https://doi.org/10.1038/nclimate1744)

69 United Nations, The United Nations World Water Development Report 2022: Groundwater: Making the invisible visible. UNESCO, Paris.

70 Non-renewable groundwater resources. A guidebook on socially-sustainable management for water-policy makers. IHP-VI, Series on Groundwater № 10. UNESCO. 2006. – 104 с.

71 REYENGA P. J., HABERMEHL M.A. and HOWDEN S.M., 1998. The Great Artesian Basin - Bore Rehabilitation, Rangelands and Groundwater Management. *Bureau of Resource Sciences*, Canberra, 76 pp.

72 COX R. and BARRON A. (Eds). 1998. *Great Artesian Basin Resource Study*. Great Artesian Basin Consultative Council, Brisbane, 235 pp.

73 Тажиев С.Р. Оценка потенциала самоизливающихся скважин Меркенского района для развития сельского хозяйства. // VI Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике, посвященной памяти академика Н. Л. Добрецова. Улан-Уде, пос. Горячинск, 2021. - с. 110-112. ISBN 978-5-7925-0604-6

74 Ye.Zh. Murtazin, D.K. Adenova, S.R. Tazhiyev. Assessment of the potential of self-discharging hydrogeological wells for sustainable development of rural areas of Zhambyl region. // *NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES*. Vol. 5, Number 455 (2022). – Almaty, NAS RK, 2022. – p. 143-155. ISSN 2518-170X. https://doi.org/10.32014/2518-170X_2022_5_455_143-155

75 Global Groundwater Information System. 2019. <https://www.unigrac.org/global-groundwater-information-system-ggis>

76 Gebbert S., Pebesma E. A temporal GIS for field based environmental modeling // *Environmental Modelling & Software*. – 2014. – №53. – С.1-12.

77 Федеральное агентство геодезии и картографии РОСКАРТОГРАФИЯ. Национальный атлас России. Ресурсы подземных вод. 2019. – <http://xn--80aaaa1bhnc1cc1cl5c4ep.xn--p1ai/cd2/214/214.html>

78 Митракова О.В. Методика и технология создания информационно-аналитических систем мониторинга недропользования. Дисс... доктор техн. наук, 25.00.35 – Геоинформатика, Москва, – 2011.

79 Кочетков М.В., Митракова О.В. Информационно-аналитическая система учета и баланса питьевых и технических подземных вод // *Недропользование XXI век*. – 2012. – №2. – С. 64-69.

- 80 Карта ресурсного потенциала пресных подземных вод России / под ред. Б.В.Боревского. <http://www.hydrogeoecology.ru/index.php/biblioteka-gidek/karta-resursnogo-potentsiala-presnykh-podzemnykh-vod-rossii>
- 81 Информационно-аналитическая система AquaBase. 2019. Геолинк консалтинг. <http://www.geolink-consulting.ru/products/aquabase>
- 82 Управление подземными водами и трансграничными подземными водами в Республике Беларусь. Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/cwc/groundwater/Управление_подземными_водами_и_трансграничными_подземными_водами_в_Республике_Беларусь_Бережко_и_Васнева.pdf 2012
- 83 USGS (2020). Groundwater Data for the Nation. National Water Information System: Web Interface. <https://waterdata.usgs.gov/nwis/gw>
- 84 GIN (2019). Groundwater Information Network of Canada. http://gin.gw-info.net/service/api_ngwds:gin2/en/gin.html
- 85 Australian Government, Bureau of Meteorology (2019). Groundwater Dependent Ecosystems Atlas. <http://www.bom.gov.au/water/groundwater/gde/map.shtml>
- 86 Zheng J. Towards Integrated Groundwater Management in China// In Book: Integrated Groundwater Management. Concepts, Approaches and Challenges. – Springer International Publishing, 2016. – 762p.
- 87 Selvam S., Manimaran G., Sivasubramanian P., Balasubramanian N., Seshunarayana T. GIS-based Evaluation of Water Quality Index of groundwater resources around Tuticorin coastal city, south India // Environmental Earth Sciences. – 2014. – №71. – P.2847-2867.
- 88 European Commission (2006). Groundwater Resources maps of Europe. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/groundwater-resources-maps-europe-0>
- 89 British Geological Survey. 2015. Groundwater resources in the UK. <http://www.bgs.ac.uk/research/groundwater/waterResources/GroundwaterInUK/home.html>
- 90 Department of Water and Sanitation of Republic of South Africa (2018). National Groundwater Information System. <http://www.dwaf.gov.za/Groundwater/NGIS.aspx>.
- 91 Elbeih S.F. An overview of integrated remote sensing and GIS for groundwater mapping in Egypt // Ain Shams Engineering Journal. – 2015. – №6. – P.1-15.
- 92 Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>.
- 93 Веселов В.В., Паничкин В.Ю. Геоинформационно-математическое моделирование гидрогеологических условий Восточного Приаралья. – Алматы: Комплекс, 2004. – 426 с. Murtazin E., Miroschnichenko O., Trushel L. Methods of making of geoinformational and analytical system of groundwater resources in Kazakhstan// News of the Academy of sciences of the Republic Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. – 2018. – № 5. – P. 21-31.

94 Murtazin E., Miroshnichenko O., Trushel L. Methods of making of geoinformational and analytical system of groundwater resources in Kazakhstan// News of the Academy of sciences of the Republic Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. – 2018. – № 5. – P. 21-31.

95 Murtazin E., Miroshnichenko O., Trushel L. Description of the informational system of groundwater resources and reserves of Kazakhstan //19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference & EXPO SGEM 2019, <http://www.sgem.org> 137-144 P.

96 Murtazin E., Miroshnichenko O., Trushel L. Structure of geoinformational and analytical system “groundwater resources and reserves of the republic of Kazakhstan” //News of the Academy of sciences of the Republic Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. – 2019. – № 3. – P. 21-29.

97 Y.Z. Murtazin, O.L. Miroshnichenko, L.Y. Trushel, V.A. Smolyar, V.M. Mirlas. Creation of computer models of the maps of groundwater availability in Kazakhstan// News of the Academy of sciences of the Republic Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. – 2020. – № 2 (440). – P. 114-122.

98 Розенберг И.Н. ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. – №5 (часть 4), С.675-676.

99 Зекцер И.С. Подземные воды компонент окружающей среды. М., Научный мир, 2001. – 328 с.

100 Кабушкин Н.И. Основы менеджмента. М.: Новое знание, 2009. – 336 с.

101 Гледко Ю.А. Экология подземной гидросферы. Факультет географии и геоинформатики БГУ. <https://geo.bsu.by/images/pres/oz/hgeol/hgeol11.pdf>.