

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

УДК 556.3 (574) (043)

На правах рукописи

АДЕНОВА ДИНАРА КИЫЗБАЕВНА

**Экосистемный подход к оценкам и использованию ресурсов подземных вод
Казахстана в условиях климатически и антропогенно обусловленных
изменений окружающей среды**

6D075500 – Гидрогеология и инженерная геология

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научные консультанты

доктор геолого-минералогических наук,
профессор Абсаметов М.К.

доктор PhD,
профессор J. Sagin

Республика Казахстан
Алматы, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1 ЭКОСФЕРА ЗЕМЛИ И ЭКОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД – СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ	12
1.1 Экосфера Земли	12
1.2 Экосистемный подход	14
1.3 Сущность экосистемного подхода	15
1.4 Принципы, цели, задачи экосистемного подхода	17
2 ГИДРОСФЕРА	18
2.1 Гидрологический цикл	18
2.2 Гидрогеологический цикл	19
2.3 Водопотребление в природно-хозяйственных системах	20
2.3.1 Потребность в воде биоты	20
2.3.2 Индустриально-сельскохозяйственное потребление воды	21
2.4 Проблемы питьевой воды	22
2.5 Глобальные водно-экологические проблемы и мероприятия ООН	24
3 ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ КАЗАХСТАНА	27
3.1 Поверхностный сток	27
3.1.1 Гидрография Казахстана	27
3.1.2 Особенность орографики Казахстана	29
3.1.3 Морфологическая характеристика речной сети	30
3.1.4 Ресурсы поверхностных вод Казахстана	33
3.1.5 Использование водных ресурсов в экономике Казахстана	36
3.1.6 Гидрологические угрозы: причины и следствия	41
3.2 Подземный сток	43
3.2.1 Формирования подземного стока	43
3.2.2 Подземный сток в реки	47
3.2.3 Типизация подземного стока	49
3.2.4 Инфильтрационное питание подземного стока	49
3.2.5 Ландшафтная зональность инфильтрационного питания подземного стока Казахстана	50
3.2.6 Методы оценки инфильтрационного питания	56
3.2.7 Уравнение водного баланса зоны аэрации	58
3.2.8 Дифференцированное уравнение водного баланса суши	60
3.2.9 Ресурсы подземных вод Казахстана	69
3.2.10 Экологическая функция подземного стока	82
3.3 Фундаментальная экосистемная взаимосвязь загрязнения и истощения водных ресурсов	86
3.3.1 Обострение дефицита пресной воды	86
3.3.2 Уравнение загрязнения – истощения ресурса пресной воды гидросферы	88

3.3.3	Оценки интенсивности водообмена инфильтрационного этапа гидрогеологического цикла	90
4 ИЗМЕНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАЗАХСТАНА		97
4.1	Экологическое состояние природных систем Казахстана	97
4.2	Климатически обусловленные изменения окружающей среды	100
4.3	Ледники Центральной Азии как индикаторы глобальных климатических изменений	103
4.4	Прогноз изменения водно-ресурсного потенциала недр в связи с климатическими изменениями	108
4.5	Районирование территории Казахстана по степени нарушенности ландшафтов и экосистем	111
5 УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАЗАХСТАНА		115
5.1	Интегрированное управление	116
5.2	Опыт зарубежных исследований по интегрированному управлению	117
5.3	Управление использованием ресурсов подземных вод	118
5.4	Сценарии состояния и интегрированного управления подземными водными ресурсами (водными ресурсами недр)	120
5.5	Искусственное восполнение эксплуатационных запасов подземных вод	122
5.6	Комбинированное использование водных ресурсов	124
5.7	Мероприятия по управлению питанием подземных вод	124
6 ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КАЗАХСТАНА		128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		134
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ		136

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие документы и стандарты:

Закон Республики Казахстан «О науке» от 18.02.2011 г. №407-IV ЗРК;

Закон Республики Казахстан «Об образовании» от 27 июля 2007 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 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;

Закон Республики Казахстан «О недрах и недропользовании» от 24 июня 2010 года №291-IV;

ГОСТ 2874-82 (95). Вода питьевая, гигиенические требования и контроль за качеством;

Кодекс Республики Казахстан «Водный кодекс Республики Казахстан» от 9 июля 2003 года №481-П;

Кодекс Республики Казахстан «Экологический кодекс Республики Казахстан» от 9 января 2007 года №212-III.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ЭС	Экосистема
АЭС	Атомная электростанция
UNEP	United Nations Environment Programme (Программа ООН по окружающей среде)
ОЭСР	Организации экономического сотрудничества и развития
ЮНСО	Бюро ООН по вопросам Судано-сахельского района
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development (Конференция Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию)
BP	British Petroleum (Британская нефтегазовая компания)
ГТК	Гидротермический коэффициент
ГКЗ	Государственная комиссия по запасам
КПД	Коэффициент полезного действия
ИП	Инфильтрационное питание
ЕРПВ	Естественные ресурсы подземных вод
FAO	Food and Agriculture Organization (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН)
МПВ	Месторождения подземных вод
ХПВ	Хозяйственно-питьевое водоснабжение
ПТВ	Производственно-техническое водоснабжение
ОРЗ	Орошение земель
БВ	Бальнеологическое водоснабжение
МВ	Минеральные воды
ЭЗПВ	Эксплуатационные запасы подземных вод
ВХБ	Водохозяйственные бассейны
УГВ	Уровень грунтовых вод
БЭС	Базисный экологический сток
ВВП	Валовой внутренний продукт
ТГВГ	Трансграничный водоносный горизонт
ИЗА	Индекс загрязнённости атмосферы
МОЦАО	Модели общей циркуляции атмосферы и океана
ИУВР	Интегрированное управление водными ресурсами
УППВ	Управление питанием подземных вод
ИВЭЗПВ	Искусственное восполнение эксплуатационных запасов подземных вод
ПХС	Природно-хозяйственные системы
ПЭК	Природно-экологический каркас

ВВЕДЕНИЕ

Состояние проблемы. Современные экологические проблемы, от глобальных до региональных и локальных, связаны, с нарастающим из года в год взаимодействием человека с природной средой. В настоящее время оно приобретает черты глобального техногенного процесса с присущими ему фундаментальными экологическими закономерностями и проблемами экологической нестабильности, требующими своего разрешения на всех рангах и уровнях организации экосистем. Основной характеристикой экосистемы является наличие относительно замкнутых, стабильных в пространстве и времени потоков вещества и энергии между биотической и абиотической ее частями, важнейшее место в которых занимает гидросфера. При этом взаимодействие человечества с окружающей средой, как и прежде во всей его истории, остается антропоцентрическим.

Ясно, что на этапе развития разумного отношения к сохранению природы – биоцентризму, должно произойти постепенное превращение биотехносферы в ноосферу – сферу разума, которая, по В.И. Вернадскому, является неизбежным и закономерным этапом развития биосферы.

Доказательством начала такого превращения является принятая ООН концепция «устойчивого развития» [1], напрямую связанная с понятием «устойчивость экологическая». Последняя подразумевает способность экосистемы сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних факторов. Нередко «экологическая устойчивость» рассматривается как синоним экологической стабильности.

Актуальность исследований. Для целей настоящего рассмотрения наиболее существенна специфика геологической среды – верхних горизонтов литосферы, как среды жизнедеятельности человека, которая рассматривается в качестве многокомпонентной динамической природно-хозяйственной системы, формирующейся под влиянием природно-техногенных и социальных факторов.

Подземные воды в качестве составной части природных вод – гидросферы Земли и важнейшей фазой составляющей геологической среды, являются основополагающей абиотической компонентой экосистем, обеспечивающей их формирование и функционирование. Такая исключительная роль природных вод, определяется тем обстоятельством, что они являются частью общего цикла круговорота воды и перемещения химических элементов в экосистемах (ЭС), а *«...по своей массе и энергии занимают такое положение в земной коре, с результатами изучения которых не может не считаться теория земной коры»* (В.И. Вернадский, «История природных вод»).

Являясь важнейшей составной частью экосистем, подземные воды во многом определяют не только ее свойства и структуру, но и ее экологические качества. Последние во многом контролируются фундаментальными свойствами как абиотических, так и биотических компонентов экосистем – пространственно-временной изменчивостью и устойчивостью, адаптивностью и способностью к саморегуляции и самоорганизации.

Учитывая единство природных вод – гидросферы Земли, необходимо признать, что гидрогеоэкологические проблемы, как и экологические в целом, составной и неотъемлемой частью которых они являются, характеризуются также определенной иерархической структурой.

На глобальном уровне основное значение приобретают глобальные климатологические и социальные факторы, характеризующие с одной стороны нарастающее потепление и химическое загрязнение всех без исключения геосфер, связанное с интенсивным техногенезом и способствующее опустыниванию, а с другой стороны рост народонаселения Земли, и как следствие – расширение продовольственной проблемы и голода, ухудшение качества питьевой воды и уменьшение ее количества и др. В результате загрязнения и истощения ресурсов пресной воды водообеспеченность жителей Земли в течение последних пятидесяти лет уменьшилась более чем в 2 раза.

На субглобальном уровне основное значение приобретают межгосударственные проблемы вододеления и водораспределения бассейнов Центральной Азии. Именно здесь продолжает разрастаться Аральский экологический кризис, охватывая значительные территории Приаральских государств СНГ.

На региональном и локальном уровнях основными проблемами становятся внутригосударственная экологическая политика и мышление, культура и этика, определяющие как позитивный, так и негативный вклад в глобальные, региональные и локальные экологические проблемы.

Началом трудного пути поиска взаимоприемлемых решений и объединения усилий мирового сообщества в разрешении глобальных и региональных экологических проблем явилась Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г), принявшая «Повестку дня на XXI век», в качестве Всемирного Плана Действий, предусматривающую оптимальное сочетание экономических интересов общества с экологической безопасностью окружающей среды, способное обеспечить качество жизни и устойчивое развитие, провозглашенное в решениях (принципах) Пятой конференции сторон Конвенции по биоразнообразию (Найроби, 2000 г), в качестве экосистемного подхода. В продолжении Стороны Конвенции по биоразнообразию по сохранению, использованию и получению справедливых выгод (Япония, 2010 г) приняли Стратегический план в области сохранения и устойчивого использования биоразнообразия на 2011-2020 годы [2].

Экосистемный подход представляет собой стратегию комплексного управления земельными, водными и биологическими ресурсами, обеспечивающую их сохранение и устойчивое использование на справедливой основе. Таким образом, применение экосистемного подхода поможет в обеспечении сбалансированного решения всех трех задач Конвенции по биоразнообразию: сохранения, устойчивого использования, справедливого и равного распределения всех выгод от их использования.

Основу экосистемного подхода составляют применение соответствующей научной методологии, охватывающее все уровни биологической организации, включая основные структуры, процессы, функции и взаимосвязи между

организмами и окружающей их средой. Этот подход признает, что люди со всем их культурным разнообразием являются неотъемлемой частью многих экосистем.

Связь исследований с государственными программами Республики Казахстан. Экосистемный подход не подменяет собой другие стратегии управления и сохранения, такие как биосферные заповедники, охраняемые районы и программы по сохранению отдельных видов, а также другие подходы, осуществляемые в рамках существующей национальной стратегии и законодательных структур, но должен скорее способствовать интеграции всех перечисленных подходов и других методов для решения комплексных проблем. Не существует единого пути внедрения экосистемного подхода, поскольку это зависит от местных, районных, национальных, региональных или глобальных условий. В действительности, существует много возможных способов применения экосистемного подхода для практического осуществления целей Конвенции.

Динамичное и устойчивое развитие Республики Казахстан на основе реализации Стратегий «Казахстан-2030» и «Казахстан-2050» невозможны без совершенствования территориально-географического и социально-экономического размещения производств, территориальной организации страны, создания пространственной основы формирования новой конкурентоспособной экономики, отвечающей требованиям вхождения в число развитых стран мира с высоким уровнем жизни населения, которые обстоятельно обоснованы и разработаны в «Генеральной схеме организации территории Республики Казахстан» (2013г.), конечной целью реализации которой являются повышение качества жизнедеятельности населения и устойчивое пространственное развитие территории Казахстана в условиях интеграции и глобализации экономических процессов с обязательным учетом требований экосистемного подхода, а также экологической нравственности и безопасности: социальной экологии, экологического мышления, этики и культуры. Это реальный путь экологического оздоровления Казахстана.

Цель исследований. Изучение влияния различных сторон техногенеза на гидрогеологическую обстановку и решение экологических проблем всех рангов и уровней организации ЭС, направлено, прежде всего, на совершенствование методологической базы исследования техногенеза, его воздействия и последствий, необходимости а также возможности экологической реабилитации, оздоровления, а также включает оценку состояния и прогноз функционирования, ранжирование и районирование гидрогеоэкологических процессов и систем и, наконец, систему управления техногенезом на основе экосистемного подхода.

Задачи исследований:

1. Анализ использования естественных ресурсов поверхностных и подземных вод и водно-экологических проблем для обоснования необходимости применения экосистемного подхода и устойчивого функционирования экосистем;

2. Оценка потенциала подземного стока путем решения дифференцированного уравнения водного баланса речного стока;

3. Изучение и оценка интенсивности загрязнения подземной гидросферы для предотвращения сокращения ресурсов пресной воды;

4. Обоснование применения экосистемного подхода к ресурсам подземных вод для разработки стратегии развития экономики республики.

В большинстве стран, в том числе и Казахстане, водный кризис, по сути, является кризисом управления. В частности, основными причинами экологических, социальных последствий является ресурсный подход к использованию природных ресурсов, прежде всего водных, когда зачастую игнорируется состояние экосистем. Такой подход к использованию водных ресурсов преобладает и в настоящее время. Необходима интеграция экологических, социальных и экономических соображений в области принятия решений, а также интегрированное сбалансированное использование поверхностных и подземных вод, внедрение технологий вторичного использования воды и восполнение запасов подземных вод.

Научное и практическое значение исследований. Важность и необходимость экосистемного подхода в гидрогеологических исследованиях диктуется, прежде всего, тем, что естественные ресурсы подземных вод, составляющие вместе с поверхностными водами основу устойчивого функционирования экосистем, обеспечивают высокий потенциал эксплуатационных ресурсов подземных вод, базирующийся на разведанных месторождениях, гарантирующих надежное водоснабжение городов, горнодобывающих предприятий, агропромышленных комплексов и большинство сельских населенных пунктов Республики.

Область применения – гидрогеология, геоэкология, сельское хозяйство, чрезвычайные события наводнений и засух, восполнение запасов подземных вод.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Необходимость применения экосистемного подхода к оценке и использованию естественных ресурсов поверхностных и подземных вод, как фактора устойчивого функционирования экосистем;

2. Экосистемной основой оценки потенциала естественных ресурсов подземных вод является дифференцированное уравнение водного баланса суши периода зимней межени, характеризующееся минимумом эвапотранспирационной составляющей уравнения, что позволяет исключить ее из уравнения и, тем самым, оценить максимальный потенциал подземного стока величиной в 50% речного стока;

3. Необходимость оценки интенсивности загрязнения подземной гидросферы, приводящее к сокращению ресурсов пресной воды;

4. Обоснование необходимости применения экосистемного подхода при оценке ресурсов подземных вод для устойчивого стратегического развития экономики Республики.

Личный вклад исследователя. Основные результаты выполненных исследований, опубликованные в открытой печати, состоят в следующем:

- осуществлена *оценка естественных ресурсов подземных вод* основных областей стока (Карского моря, Каспийского моря, Аральского моря, озера Балхаш и озера Тениз), шести речных бассейнов Республики Казахстан: Жайык-Жемского (область стока Каспийского моря); Тобыл-Есильского (область стока Карского моря); Ертисского (область стока Карского моря); Нура-Тенизского (область стока озера Тениз); Балкаш-Алакольского (область стока озера Балкаш); Арало-Сырдаринского (область стока Аральского моря) в объеме $44,95 \text{ км}^3/\text{год}$;

- на основе анализа дифференцированного уравнения водного баланса межлетнего периода, осуществлена *оценка потенциала естественных ресурсов подземных вод* Республики Казахстан *достигающего 50% речного стока*;

- установлено контрастное распределение естественных ресурсов подземных вод шести основных речных бассейнов Казахстана, отражающее зависимость величины подземного стока речных бассейнов от природных условий его формирования, проявляющееся модульным показателем подземного стока, максимальные значения которого ($1,71-2,25 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$ или $53,97-84,25 \text{ мм/год}$) характерны для Ертисского и Балкаш-Алакольского речных бассейнов, тяготеющих, соответственно, к северному и южному склонам главного орографического водораздела Евразии, в Восток-Юго-Восточной части которого располагаются высокогорные системы Центральной Азии, а минимальные средневзвешенные ($0,05-0,07 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$ или $1,58-2,17 \text{ мм/год}$) – для Нура-Тенизского и Тобыл-Есильского речных бассейнов, соответственно, расположенных вдоль седловинной части главного орографического водораздела Евразии;

- осуществлена оценка *располагаемых водных ресурсов недр* Казахстана, равная естественным ресурсам подземных вод – $44,95 \text{ км}^3/\text{год}$, за вычетом 50% экологического спроса (стока) на водные ресурсы недр – $37,85 \text{ км}^3/\text{год}$, в объеме: $44,95 - 37,85 \times 0,5 = 26,0 \text{ км}^3/\text{год}$. Таким образом, для перспективного (до 2040 г.) лимита водозабора подземных вод в объеме $1,91 \text{ км}^3/\text{год}$, имеется *13,6-кратный резерв* водообеспечения Казахстана ресурсами подземных вод;

- научно обосновано балансовое уравнение *«загрязнения-истощения ресурса пресной воды гидросферы (глобального и регионального масштаба)»*, отражающее закон сохранения в условиях неизменности объема гидросферы;

- теоретически обоснована и осуществлена оценка интенсивности водообмена инфильтрационного этапа гидрогеологического цикла Приташкентского трансграничного верхнемелового водоносного горизонта Сарыагашского месторождения;

- осуществлен прогноз изменения водно-ресурсного потенциала недр Южного и Юго-Восточного Казахстана в связи с климатическими трансформациями ледников Центральной Азии;

- осуществлено районирование территории Казахстан по степени нарушенности ландшафтов и экосистем с выделением земель экологического благополучия, риска, кризиса, бедствия и катастрофы;

- теоретически и методологически обоснованы принципы управления ресурсами подземных вод и *эксплуатационное истощение ресурсов подземных вод*, обусловленное дисбалансом между объемами восполнения естественных ресурсов подземных вод и эксплуатационным их извлечением, сопровождающееся снижением пьезоуровней с образованием обширных депрессионных воронок, осушением зоны аэрации и последующими негативными экосистемными процессами, как регулируемое – на месторождениях подземных вод, так и не регулируемое – на участках самоизлива скважин;

- в качестве оптимальной экосистемной основы устойчивого развития Казахстана на ближайшую перспективу рассмотрена «Генеральная схема организации территории Республики Казахстан» (2013 г), предполагающая повсеместное использование ресурсов подземных вод широкого спектра применения.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований доложены и одобрены на Международной научно-практической конференции, посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни «Водные ресурсы центральной Азии и их использование» (Алматы, 2016г.); VIII международной конференции «Наука и Технология» (Лондон, 2017г.); XIII международной научно-практической конференции «Вопросы современной науки: Проблемы, тенденции и перспективы» (Москва, 2017г.); X международной конференции «Наука и Технология» (Лондон, 2018г.); XXXII международной научно-практической конференции «Вопросы современной науки: Проблемы, тенденции и перспективы» (Москва, 2019г.); XI международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях» (Бишкек, 2019г.).

Связь диссертации с планами НИР. Работа выполнена в ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» по грантовому финансированию Комитета геологии МОН РК: «Разработка методологии экосистемного подхода к оценкам ресурсов и запасов подземных вод и гидрогеологическому районированию».

Отражение результатов исследований в публикациях. Опубликованы **13** научных трудов, в том числе **4** статьи с импакт-фактором в базе Scopus, **3** статьи, рекомендованные Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОиН РК, **6** докладов на международных научно-практических конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения и списка использованных литературы. Работа изложена на 142 страницах машинописного текста, содержит 11 таблиц, 25 рисунков, список литературы из 110 наименований.

Автор выражает искреннюю благодарность: научным консультантам, профессорам В.И. Порядину, М.К. Абсаметову, J. Sagin, Е.Ж. Муртазину за помощь в процессе написания диссертации, сотрудникам Института гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина за сбор и подготовку, а также за помощь в оформлении настоящей работы.

1 ЭКОСФЕРА ЗЕМЛИ И ЭКОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД – СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ

1.1 Экосфера Земли

Возникновение экологии как науки было обосновано Э. Геккелем в 1866 г., хотя Ч. Дарвин опубликовал свой самый знаменитый труд «О происхождении видов...» несколько ранее – в 1858 г. Тем не менее, экология и эволюционная теория долгое время развивались независимо.

Основой и центральным местом экологии является понятие экосистемы как чрезвычайно сложной (по определению сложных систем Л. Бераланфи) самоорганизующейся, саморегулирующейся и саморазвивающейся системы. Впервые определение экосистемы как совокупности живых организмов с их местообитанием было дано английским ботаником А. Тенсли в 1935 году. Основной характеристикой экосистемы является наличие относительно замкнутых, стабильных в пространстве и времени потоков вещества и энергии между биотической и абиотической частями экосистемы. Трудности изучения структуры и функционирования экосистем определяются не только сложностями их пространственно-временной локализации, но и самой природой этих объектов, включающих в себя как отдельные организмы и их совокупности, но также обязательно и различные неживые компоненты. Очевидно, объединить в понятие экосистемы ее живые и неживые компоненты можно, только подчеркнув ту особую роль, которая принадлежит процессам их взаимодействия. Это было сделано американским экологом Р. Линдеманом (1942г.), определившим экосистему как *«...систему физико-химико-биологических процессов, протекающих в пределах некоторой пространственно-временной единицы любого ранга»* и сформулировавшим закон пирамиды энергий, согласно которому с одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой ее уровень в среднем не более 10% энергии.

Несмотря на все сложности в установлении объема экосистемы и ее границ, многие исследователи считали и продолжают считать, что именно экосистема является основным объектом экологии. Вокруг понятия экосистемы строит свой неоднократно переиздававшийся учебный курс общей экологии Ю.Одум [3].

Необходимо подчеркнуть, что экосистемный подход отнюдь не однороден. В пределах его можно выделить разные направления, существенно различающиеся между собой как по постановке проблем, так и по методам их решения.

В качестве примера направления, ориентированного главным образом на изучение структуры экосистем, следует назвать биогеоценологию, основы которой были заложены В.Н. Сукачевым (1964 г): «Биогеоценоз – это совокупность на известном протяжении однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющая свою особую специфику взаимодействия этих слагающих ее компонентов и определенный

тип обмена веществами и энергией между собой и другими явлениями природы и представляющая собой внутренне противоречивое единство, находящееся в постоянном движении, развитии» [4].

Таким образом, центральное место в биогеоценозе занимает совокупность взаимосвязанных организмов и абиотических компонентов, существующих на определенной территории (рисунок 1). Так как биогеоценология формировалась в значительной степени на основе фитоценологии (науки о наземных растительных сообществах), неудивительно, что границы биогеоценозов В.Н.Сукачев считал совпадающими с границами фитоценозов.

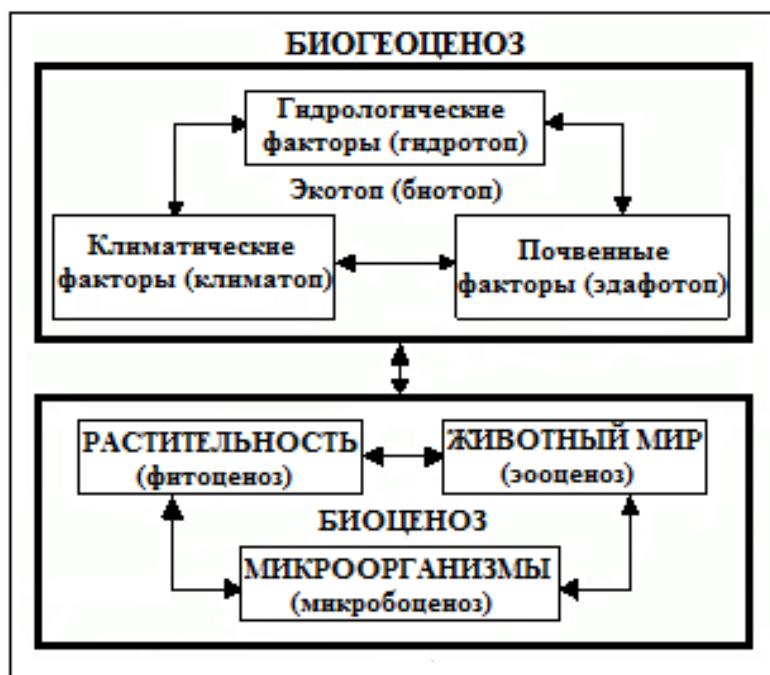


Рисунок 1 – Структура биогеоценоза [4, с. 22]

В отличие от понятия биосферы существует более широкое, комплексное понятие экосферы Земли, включающее в себя характеристику состояния окружающей среды, в которой находятся биологические системы, а также области, где могут находиться живые организмы.

Экосфера Земли, рассматриваемая как синоним биосферы Земли – экосистемы высшего порядка, в качестве ее экологической оболочки, выступающей в виде совокупности ее свойств как планеты, создающих условия для развития биологических систем; пространственно экосфера включает в себя все слои атмосферы (самая легкая из оболочек Земли, граничащая с космическим пространством; через атмосферу происходит обмен вещества и энергии с космосом – внешним пространством), гидросферу (водная оболочка Земли; почти такая же подвижная, как и атмосфера, она фактически проникает всюду; вода – соединение с уникальными свойствами, одна из основ жизни, универсальный растворитель), литосферу (внешняя твердая оболочка Земли, состоит из осадочных и магматических пород; на данный момент под земной корой понимается верхний слой твердого тела планеты, расположенный выше

границы Мохоровича) и педосферу (самый верхний слой литосферы, включает почву и процессы почвообразования; она находится на границе между литосферой, атмосферой, гидросферой; в ней замыкаются все циклы вещества и энергии в биосфере). Термин биосфера был введен Ж. Ламарком в начале XIX века, а в геологии предложен в 1875 году австрийским геологом Э. Зюссом, однако создание целостного учения о биосфере принадлежит В.И.Вернадскому.

Термин «экосфера» впервые использовал Л. Кол (1958 г.). Позднее термин встречается в трудах американского биолога и эколога Б. Коммонера (1973 г.), установившего четыре закона экологии, сформулированных им в виде афоризмов: 1. Все связано со всем – в законе отражен экологический принцип холизма (целостности), он основан на законе больших чисел; 2. Все должно куда-то деваться – закон говорит о необходимости замкнутого круговорота веществ и обеспечения стабильного существования биосферы; 3. Природа знает лучше – закон несет двойной смысл – одновременно призыв сблизиться с природой и призыв крайне осторожно обращаться с природными системами; 4. Ничто не дается даром – закон говорит о том, что каждое новое достижение неизбежно сопровождается утратой чего-то прежнего [5].

1.2 Экосистемный подход

Экосистемный подход официально принят Пятой Конференцией Сторон Конвенции по биоразнообразию, прошедшей в мае 2000 года в Найроби, как стратегии комплексного управления земельными, водными и живыми ресурсами, направленной на их охрану и устойчивое использование на основе принципа справедливости.

Конвенция о биологической разнообразии была принята в Рио-де-Жанейро 5 июня 1992 г. с целью сохранения биологического разнообразия, устойчивого использования его компонентов и совместного получения на справедливой и равной основе выгод, связанных с использованием генетических ресурсов, в том числе путем предоставления необходимого доступа к генетическим ресурсам и путем надлежащей передачи соответствующих технологий с учетом всех прав на такие ресурсы и технологии, а также путем должного финансирования. Конвенция была открыта для подписания всем заинтересованным государствам 5 июня 1992 года и вступила в силу 29 декабря 1993 года, Казахстан подписал Конвенцию 9 июня 1992 года.

Сохранение биологического разнообразия имеет две категории: *ex-situ* означает сохранение компонентов биологического разнообразия вне их естественных мест обитания (в зоопарках и в лабораториях путем ведение генетических банков данных вымирающих видов, чтобы в дальнейшем иметь возможность восстановить утерянное, например, путем клонирования); *in-situ* означает сохранение экосистем и естественных мест обитания, а также поддержание и восстановление жизнеспособных популяций видов в их естественной среде, а применительно к одомашненным или культивируемым видам – в той среде, в которой они приобрели свои отличительные признаки. Сохранение *in-situ* подразумевает сохранение компонентов биологического разнообразия на особо охраняемых природных территориях (заповедниках,

заказниках, национальных парках, памятниках природы и тому подобное; включающее сохранение местообитаний видов и структуры взаимосвязей).

1.3 Сущность экосистемного подхода

Экосистемный подход представляет собой стратегию комплексного управления земельными, водными и живыми ресурсами, обеспечивающую их сохранение и устойчивое использование на справедливой основе. Таким образом, применение экосистемного подхода поможет в обеспечении сбалансированного решения всех трех задач Конвенции по биоразнообразию: *сохранения, устойчивого использования, справедливого и равного распределения всех выгод от использования генетических ресурсов.*

Основу экосистемного подхода составляет применение соответствующей научной методологии, охватывающее все уровни биологической организации, включая основные структуры, процессы, функции и взаимосвязи между организмами и окружающей их средой. Этот подход признает, что люди со всех их культурным разнообразием являются неотъемлемой частью многих экосистем.

Преимущественная направленность на структуру, процессы, функции и взаимосвязи внутри экосистемы соответствует определению экосистемы, приведенному в статье 2 Конвенции о биологическом разнообразии [1, с. 5]: *«Экосистема» означает динамический комплекс сообществ растений, животных и микроорганизмов, а также их неживой окружающей среды, взаимодействующих как единое функциональное целое». В противоположность определению понятия «место обитания», предложенному Конвенцией, данное определение не уточняет конкретных пространственных границ или масштаба. Таким образом, термин «экосистема» необязательно соотносится с понятиями «биом» или «экологическая зона», но может быть отнесен к любой функционирующей единице любого масштаба. На самом деле, масштабы анализа и деятельности должны определяться сутью решаемой проблемы. При этом объектами могут стать, к примеру, песчинка, пруд, лес, биом или целая биосфера.*

Экосистемный подход требует гибкого адаптивного управления, учитывающего как комплексную и динамическую природу экосистем, так и отсутствие полного понимания механизмов их функционирования. Процессы в экосистемах зачастую носят нелинейный характер, а их результаты нередко бывают отсроченными, в результате чего отсутствие строгих закономерностей может создавать определенную неясность или приводить к неожиданным результатам. Управление должно быть достаточно гибким, чтобы вовремя реагировать на возникающие затруднения и использовать в своей тактике элементы «обучения в процессе работы» или обратной связи с научно-исследовательскими работниками. Принятие мер может быть необходимо даже в том случае, когда окончательная связь причины и следствия еще научно не установлена в полной мере.

Экосистемный подход не подменяет собой другие стратегии управления и сохранения, такие как биосферные заповедники, охраняемые районы и

программы по сохранению отдельных видов, а также другие подходы, осуществляемые в рамках существующей национальной стратегии и законодательных структур, но должен скорее способствовать интеграции всех перечисленных подходов и других методов для решения комплексных проблем. Не существует единого пути внедрения экосистемного подхода, поскольку это зависит от местных, районных, национальных, региональных или глобальных условий. В действительности, существует много возможных способов применения экосистемного подхода для практического осуществления целей Конвенции. В качестве практических указаний по применению 12 принципов экосистемного подхода предлагаются следующие пять указаний к действию.

1. *Ориентация на функциональные взаимосвязи и процессы в экосистемах.* Многие составляющие биологического разнообразия играют ключевую роль в экосистемах, контролируя запасы и потоки энергии, воды и питательных веществ, а также обеспечивая их устойчивость в случае серьезных осложнений. Экосистемный подход может способствовать осуществлению практического управления экосистемами (как на местном уровне, так и на уровне государственной политики).

2. *Содействие справедливому пользованию благами.* Большое число полезных функций биологического разнообразия на уровне экосистемы обеспечивают основу безопасности и устойчивости окружающей человека среды.

3. *Использование стратегии адаптивного управления.* Все процессы и функции в экосистеме носят сложный, изменчивый характер. При этом уровень их неопределенности еще более возрастает, если учесть малоизученное взаимодействие экосистем с социальными структурами. Поэтому управление экосистемами должно также подразумевать приспособление существующих методов к реальным процессам управления и мониторинга экосистемы.

4. *Осуществление управления при помощи мер, соразмерных решаемому вопросу, и путем максимальной децентрализации в соответствующих случаях.* Как отмечалось выше, экосистема представляет собой функционирующую единицу, которая может действовать в любом масштабе в зависимости от сути решаемой проблемы или вопроса. Исходя из этого понимания, следует определять соответствующий уровень решений и мероприятий по управлению.

5. *Обеспечение межведомственного взаимодействия.* Как первооснова всей деятельности в рамках Конвенции, экосистемный подход должен в полной мере учитываться при разработке и пересмотре государственных стратегий и программ деятельности по поддержанию биологического разнообразия. Кроме того, экосистемный подход должен внедряться в сельском хозяйстве, рыбной промышленности, лесном хозяйстве и других промыслово-хозяйственных системах, которые оказывают влияние на состояние биологического разнообразия. Управление природными ресурсами в соответствии с экосистемным подходом требует активизации межведомственного взаимодействия и сотрудничества на различных уровнях государственной системы.

1.4 Принципы, цели, задачи экосистемного подхода

Экосистемный подход позволяет сбалансировать три задачи Конвенции по биоразнообразию: охрану; устойчивое использование; справедливое распределение выгод; приобретаемых в результате использования генетических ресурсов. Задачи реализуются на основе 12 принципов и 5 указаний к действию, составляющие инструмент принятия конкретных экосистемных решений.

1. Задачи управления всеми ресурсами определяются обществом. Экосистемы должны управляться с учетом их истинных ценностей, на справедливой и равной основе.

2. Управление должно быть, максимально децентрализованным, поскольку обладают большей эффективностью и справедливостью.

3. Органы управления экосистемами должны учитывать влияние своей деятельности на смежные или любые другие экосистемы.

4. Величайшая угроза биологическому разнообразию заключается в его замене альтернативными системами землепользования.

5. Одной из первоочередных задач экосистемного подхода являются сохранение структуры и функций экосистемы в целях поддержания экосистемных услуг.

6. Управление экосистемами должно осуществляться только в пределах естественного функционирования.

7. Экосистемный подход следует осуществлять в соответствующих пространственных и временных масштабах. Экосистемный подход учитывает иерархическую природу биологического разнообразия, характеризующуюся взаимодействием и интеграцией на генном, видовом и экосистемном уровнях.

8. Учитывая изменчивость временных характеристик и возможность отсроченных последствий, свойственных экосистемным процессам, цели управления экосистемой должны быть долгосрочными.

9. При управлении экосистемами необходимо учитывать неизбежность изменений экосистем в числе состава видов и изобилия популяций. Экосистемный подход требует гибкого управления, предусматривающего прогнозирование возможных изменений и событий к ним, таких как изменение климата.

10. Экосистемный подход должен обеспечивать достижение надлежащего равновесия между сохранением и использованием биологического разнообразия и их интеграцию. Биологическое разнообразие является необходимым не только потому, что представляет собой непосредственную ценность, но и потому, что играет ключевую роль в осуществлении функций экосистем и других процессов, от которых в конечном итоге зависит и человек.

11. Экосистемный подход должен учитывать все формы соответствующей информации, включая научные данные, знания, нововведения и практику коренных и местных общин.

12. К реализации экосистемного подхода должны быть привлечены все заинтересованные группы общества и научные дисциплины и привлекать по мере необходимости заинтересованные стороны на местном, национальном, региональном и международном уровнях.

2 ГИДРОСФЕРА

Водная оболочка Земли, именуемая гидросферой в качестве составной части экосферы, занимает три четверти поверхности земного шара в виде Мирового океана – из-за испарения он теряет больше воды, чем получают с осадками; однако на суше Земли, где развиты поверхностные и подземные воды – положение обратное.

Моря и океаны составляют свыше 96% объема гидросферы, около 2% - подземные воды, около 2% - льды и снега, около 0,02% - поверхностные воды суши [6].

Поверхностные и подземные воды, занимая сравнительно малую долю в общей массе гидросферы, тем не менее, играют важнейшую роль в жизни наземной биосферы, являясь также основным источником водоснабжения, орошения и обводнения. Более того, эта часть гидросферы находится в постоянном взаимодействии с атмосферой и литосферой. Взаимодействие и взаимные переходы из одних видов вод в другие составляют сложный круговорот воды на земном шаре.

Без воды невозможно существование растительности и живых организмов – биосферы, поскольку вода является средой, в которой происходят биохимические реакции и превращения, без которых они не могут существовать: у наземных животных содержание воды в организме составляет 45-95%, следовательно, вода является самым ценным и самым необходимым веществом биосферы.

В целом, вода, непрерывно перемещаясь на земном шаре в глобальном гидрологическом цикле под влиянием энергии Солнца, сохраняет общее свое количество неизменным, существуя в трех агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном.

2.1 Гидрологический цикл

Круговорот воды в гидросфере Земли подразделяется на три вида (рисунок 2):

- *Большой* (глобальный) круговорот, когда водяной пар, образовавшийся над поверхностью океанов, переносится ветрами на материки, выпадает здесь в виде атмосферных осадков и возвращается в океан в виде речного стока; в этом процессе изменяется качество воды: при испарении соленая морская вода превращается в пресную, а загрязненная – очищается;

- *Малый* (океанический) круговорот, когда водяной пар, образовавшийся над поверхностью океана, сконденсируется и выпадает в виде осадков снова в океан;

- *Континентальный* круговорот, когда вода, испарившаяся над поверхностью суши, опять выпадают на сушу в виде атмосферных осадков.

Среднее время обновления воды составляет: в океанах – 2700 лет, в озерах – 15 лет, в ледниках – 1600-9700 лет, в реках – 17-19 дней, в атмосфере – 9 дней в сезонном снежном покрове – 6-7 месяцев, в почве – 1-2 месяца, грунтовые воды – 100-200 лет, подземные воды глубокого залегания – 10000 лет. Наиболее

активная форма водообмена наблюдается в живых организмах и растениях – несколько часов; поэтому фотосинтез перерабатывает массу воды равную всей гидросфере ($1,5 \cdot 10^9 \text{ км}^3$) в течение 10 млн. лет.

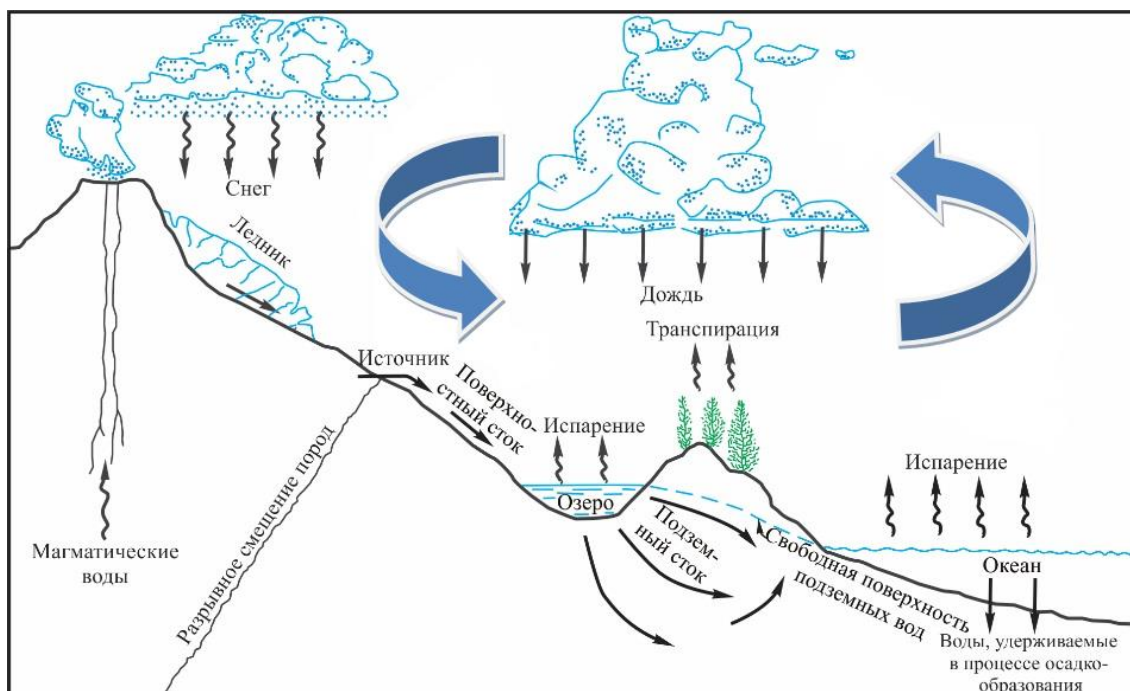


Рисунок 2 – Гидрологический цикл (круговорот воды в природе) [7]

В гидросфере впервые зародилась жизнь на Земле. Лишь в начале палеозойской эры началось постепенное переселение животных и растительных организмов на сушу.

Особенности водного баланса поверхности суши, контролируемого термическим режимом солнечной радиации, определяется уравнением водного баланса суши [6, с. 15]:

$$E = P - R, \quad (1)$$

где E и P суммарное испарение (эвапотранспирация, E) и атмосферные осадки (P), внутри замкнутой изучаемой области; R - полный речной сток, ($R=S+U$) поверхностный (S) и подземный (U) сток.

Все составляющие уравнения водного баланса суши являются основой формирования ландшафтной зональности природных комплексов, то есть ландшафтов определенной природной зоны – в Казахстане их пять: лесостепная, степная, полупустынная, пустынная и горная, включающих реки, озера, почвы, геологический субстрат, подземные воды, растительный и животный мир и другие [8].

2.2 Гидрогеологический цикл

В соответствии с представлениями о гидросфере как геологической системе А.Н. Павлов [9] предложил общий круговорот воды на Земле разделять

на два типа. Климатический круговорот – происходит в области между поверхностью Земли и тропопаузой; обусловлен преимущественно метеорологическими факторами и функционирует в виде различных циркуляционных ячеек. Геологический круговорот – пространственно приурочен в основном к литосфере, а также верхней мантии; обусловлен, главным образом, геохимическими, петрологическими и тектоническими процессами.

Иное представление о гидрогеологическом цикле круговорота, в наибольшей мере отвечающее рассматриваемой проблеме, находим у В.П.Зверева [10], трактующего цикл как передвижение свободных (гравитационных) вод от области питания к местам их разгрузки на земной поверхности. В его понимании, отражающем известные взгляды Н.К. Игнатовича (1944 г.), А.И. Мятиева (1947 г.), У.М. Ахмедсафина (1966 г.) выделяются потоки зоны активного водообмена, связанные с верхними частями земной коры и дренируемые местной эрозионной сетью, и потоки глубокого замедленного водообмена, разгрузка которых осуществляется в наиболее врезанных долинах крупных рек, котловинах озер или в прибрежных частях морских бассейнов.

2.3 Водопотребление в природно-хозяйственных системах

2.3.1 Потребность в воде биоты

Как известно, жизнь построена на «мокрых технологиях». Материализованная в биоте – совокупности живых организмов, она представлена гидрофильными организмами с очень высокой скоростью водообмена по сравнению с абиотическими системами.

Высокая интенсивность водообмена в живых организмах означает, что масса загрязняющих веществ, попадающая в водные объекты, непрерывно поступает в теле живых организмов, включая человека, в процесс водообмена и затем, в зависимости от свойств поллютанта, участвует в процессе метаболизма и полного или частичного (когда поллютанты и их метаболиты накапливаются в тканях) вывода из организма его продуктов. Таким образом, биота и человек как часть биоты оказываются одновременно и очистными устройствами, и местами депонирования отходов. Масса биоты на 6 порядков меньше массы биокосного вещества в биосфере, по индивидуальному размеру тел организмы меньше биокосных систем на 17 порядков, но интенсивность водообмена в них гораздо выше. Например, в кровеносной системе человека интенсивность водообмена на 16 порядков больше, чем в океане [11]. Высокие темпы водообмена позволяют биоте Мирового океана дважды в год пропускать через тела своих организмов всю его водную массу, а биота суши в процессе транспирации многократно пропускает через себя выпадающие на суше осадки. Поэтому, как отмечал Н.В. Тимофеев-Ресовский еще в 1968 году, биота формирует концентрации веществ в водных объектах, а в Мировом океане она поддерживает соотношение концентраций основных биогенов (Число Редфилда), совпадающее с соотношением их концентраций при синтезе органики. Основное потребление воды биотой земной суши осуществляется

при производстве органики в процессе фотосинтеза. Для синтеза 1 грамма органики требуется от 100 грамма воды и более в зависимости от вида растения. Остальное потребление воды составляет небольшую долю от потребностей синтеза. Синтез органики является важнейшим гидрологическим процессом, так как именно он обеспечивает на суше через транспирацию континентальный влагооборот. Таким образом, биота контролирует этот влагооборот [12].

В сутки человеку на физиологические нужды необходимо потреблять примерно 2,5 литра воды. Для удовлетворения бытовых потребностей, в первую очередь санитарно-гигиенических, современному городскому жителю требуется от 180 до 250 литров воды.

2.3.2 Индустриально-сельскохозяйственное потребление воды

Индустриальное потребление воды преобладает в относительно небольшом числе развитых стран Европы, России, Канаде и Австралии, то есть в развитых индустриальных странах. В США затраты воды в промышленности и сельском хозяйстве примерно равны. В остальных странах, преимущественно в водопотреблении доминирует сельское хозяйство – в мире основная масса потребляемой воды – 70%, используется в сельском хозяйстве, в основном для орошения. Экологические последствия потребления водных ресурсов связаны не только с величиной водозабора, но и со структурой использования извлекаемой из водоисточников воды.

Значительную часть воды – 20%, расходует индустрия, а оставшаяся вода – 10%, направляется в коммунальное хозяйство. Например, теплоэлектростанция мощностью 1 млн. кВт потребляет более 1 км³ воды в год; АЭС той же мощности – не менее 1,5 км³. Средний расход воды на производство 1 т стали составляет около 20 м³, 1 т бумаги – 200 м³, 1 т химического волокна – более 4000 м³ [13].

Как в научных работах [6, с. 34; 14], так и публицистических выступлениях часто отмечается неравномерность распределения водных ресурсов по территории, имеющую естественное, природное происхождение. Так, удельная водообеспеченность по странам мира изменяется от 0-1000 м³ на человека в Северной Африке, Аравии, Средней Азии и Пакистане, 3000-15000 в Казахстане до 15000-780000 м³ на человека в северных частях Европы и Азии, Северной и Южной Америки. Большой разброс удельной водообеспеченности – историческое завоевание человечества. Первоначально люди расселялись исключительно по берегам рек и озер, на территориях с высокой водообеспеченностью – именно такие местности остаются наиболее населенными и сегодня. Вместо с тем, долгосрочные прогнозы динамики водообеспеченности, базирующиеся на демографических прогнозах и предположениях о неизменности объема доступных водных ресурсов, неутешительны – водообеспеченность в мире в расчете на одного человека в 2015 г. уменьшилась в сравнении с 1970 г. почти вдвое, однако к 2050 г. следует ожидать ее дальнейшее снижение в сравнении с 2015 г. в полтора раза. На самом деле ситуация может оказаться еще менее благоприятной, если не

удастся переломить тенденцию ухудшения качества воды в природных источниках по антропогенным причинам; кроме того, климатологические прогнозы указывают на высокую вероятность ухудшения условий водопользования из-за изменения режима осадков (в большинстве регионов предполагается увеличение их неравномерности в течение года) [15].

2.4 Проблемы питьевой воды

Пресная (преимущественно питьевого качества) вода обладает соленостью, не превышающей 1 грамм солей в литре (или 0,1%). Доля пресной воды в общем количестве воды на Земле составляет по разным оценкам лишь 2,5-3% или 28 253 200 км³. Наибольшая часть пресной воды Земли – 24 000 000 км³ (85-90% общих ресурсов воды), содержится в ледяных массивах в полярных регионах и ледниках. Пресная вода формируется также в реках и ручьях (1200 км³), пресных озерах (155 000 км³), а также в облаках (14 000 км³). Значительный объем общих ресурсов воды (14%) приходится на пресные подземные воды – 4 000 000 км³.

Вода обеспечивает три важнейшие для человечества функции: 1) производство продовольствия; 2) производство энергии и промышленной продукции; 3) бытовое водопотребление и удовлетворение санитарно-гигиенических потребностей. Неудивительно, что беспрецедентный рост мировой экономики в XX в., демографический взрыв, сопутствующее этому увеличение антропогенной нагрузки на экосистемы и природные водные объекты, стали причиной возникновения дефицита воды во многих регионах мира.

С нехваткой воды человечество знакомо едва ли не с момента своего возникновения, но ее сегодняшние масштабы совершенно беспрецедентны – из разнообразных водных источников каждый год отбирается более 4000 км³ (4·10¹² т) воды, по массе на порядок больше остальных природных ресурсов в совокупности; в процессе хозяйственной деятельности человечество использует значительно больше воды – 9000 км³ [16], возвращая в глобальную гидросферу ежегодно 2000 км³ сточных вод. Неудивительно, что практически все реки мира в той или иной степени загрязнены, как и некоторые озера, замкнутые моря и прибрежные воды, а также верхний горизонт подземных вод. По данным [17] в настоящее время загрязняется до 17 тыс. км³ воды, что составляет половину от максимальной оценки ее доступного для использования объема.

Обострение дефицита пресной воды стало одним из главных сюжетов в сценариях будущего. По оценкам Всемирного банка, на существенное изменение ситуации в ближайшие 50 лет рассчитывать не приходится: к середине XXI в. уже 40% населения Земли будет испытывать дефицит воды, 20% - серьезно страдать от него. Этот безрадостный прогноз не учитывает глобальных изменений климата, которые, по всей вероятности, могут лишь усугубить ситуацию. Пророчества водных войн, грандиозные проекты перераспределения речного стока или буксировки антарктических айсбергов к берегам пустынь заполняют СМИ. Активно обсуждаются меры по

преодолению дефицита воды не только в границах национальных экономик, но и в международном аспекте.

Вода стала предметом дискуссий на всех крупнейших форумах планеты последние 25 лет, в т.ч.: Дублинской Международной конференции ООН по водным ресурсам и окружающей среде (1992 г.); Конференции по окружающей среде и развитию (Бразилия, 1992 г.); заседании Генеральной Ассамблеи ООН «Рио+5», посвященном итогам выполнения положений конференции в Рио-де-Жанейро; Саммите Тысячелетия; Всемирном саммите по устойчивому развитию «Рио+10» (Южно-Африканская Республика, 2002 г.); Конференция сторон Конвенции о биологическом разнообразии (Япония, 2010 г.); Конвенция о биологическом разнообразии (Мексика, 2016 г.); Конвенция о биологическом разнообразии (Египет, 2018 г.).

В связи с прогрессирующим техногенным загрязнением источников пресной воды, ростом населения, освоением новых территории встает задача искусственного получения пресной воды, что достигается: 1) опреснением морской воды, в том числе солнечным опреснением; 2) конденсацией водяных паров из воздуха, с использованием глубинной морской воды; 3) конденсацией водяного пара в суточных аккумуляторах холода, в частности – естественного происхождения, такие как пещеры в прибрежных скалах. Естественные конденсационные процессы создают огромные природные запасы пресной воды в прибрежных районах ряда стран, которые были обнаружены недавно; пласты с пресной водой иногда уходят под морское дно, а через трещины в непроницаемых слоях бьют пресные источники (ключи). Стоимость пресной воды, получаемой искусственно, становится настолько высокой, что начат выпуск холодильных установок, получающих воду из влажного воздуха методом конденсации.

Распределение пресной воды по земному шару крайне неравномерно. В Европе и Азии, где проживает 70% населения мира, сосредоточено лишь 39% речных вод. Россия по ресурсам поверхностных вод занимает ведущее место в мире. Только в уникальном озере Байкал сосредоточено около 1/5 мировых запасов пресной воды и более 4/5 запасов России. При общем объеме 23,6 тыс.км³ в озере ежегодно воспроизводится около 60 км³ редкой по чистоте природной воды.

По данным ООН, уже сейчас более 1,2 млрд. людей живут в условиях постоянного дефицита пресной воды, около 2 млрд. людей страдают от него регулярно, а к концу XXI в. численность живущих при постоянной нехватке воды превысит 4 млрд. человек. Таким образом, можно говорить о надвигающемся глобальном водном кризисе.

Представление о том, что пресная вода является ограниченным природным ресурсом, возникает из того факта, что в результате естественного гидрологического цикла – круговорота воды в природе, в среднем в годовом разрезе, формируется фиксированный объем воды. Этот объем не может быть значительно увеличен в результате деятельности человека, однако он может быть, как это зачастую и происходит, сокращен в результате антропогенного (техногенного) загрязнения.

Следовательно, природный ресурс пресной воды необходимо поддерживать, гарантируя необходимые запросы устойчивого функционирования биосферы и ее экосистем, услуги человечества и его техносферы, которые обеспечиваются за счет ресурса пресной воды. Поскольку вода необходима для различных целей, функций и услуг, поэтому управление водными ресурсами должно быть экосистемным и интегрированным (целостным), учитывая, как спрос на ресурс, так и угрозы его сохранности от загрязнения и истощения – как общего ресурса, так и его пресной (питьевой) части.

2.5 Глобальные водно-экологические проблемы и мероприятия ООН

Первая Конференция ООН по экологическим проблемам окружающей человека среды состоялась 1972 г. в Стокгольме, где впервые обсуждалась концепция устойчивого развития, которая в настоящее время является наиболее популярной концепцией развития человечества, установившая 26 принципов сохранения окружающей среды и были признаны права человека на «свободу, равенство и адекватные условия жизни в окружающей среде» и принят план действий из 109 пунктов, реализацией которого занялась предложенная на конференции организация – Программа ООН по окружающей среде (UNEP), а также Фонд окружающей среды. В честь конференции установлен «Всемирный день окружающей среды» - 5 июня [18].

Конференция привлекла значительное внимание к проблеме защиты окружающей среды. Например, в период 1971-1975 гг. в странах ОЭСР были приняты 31 закон в области охраны среды. За десять лет после конференции в государствах-членах ООН было создано около ста министерств охраны окружающей среды.

В 1973 году было создано Бюро ООН по вопросам Судано-Сахельского района (ЮНСО), которое возглавило усилия по борьбе с распространением опустынивания в Западном Африке. Однако процесс принятия решений по этому вопросу продвигался крайне медленно. К тому же, состояние окружающей среды ухудшалось, более того, такие проблемы, как глобальное потепление, истощение озонового слоя и загрязнение воды, усугублялись, и темпы уничтожения природных ресурсов ускорялись.

Начало глобальным мероприятиям по водным ресурсам было положено в 1977 г. На конференции в Мардель-Плата (Аргентина). 1980-1989-е годы были объявлены Международным десятилетием питьевого водоснабжения и санитарии; результат этого мероприятия – доступ к чистой пресной воде был улучшен для половины тех жителей планеты, которые страдают от ее недостатка.

В 1992 г. В Дублине (Ирландия) состоялась Международная конференция ООН по водным ресурсам и окружающей среде, которая предложила человечеству четыре принципа в отношении водных ресурсов [19].

Principle No.1 («Ecological»): Fresh water is a finite and vulnerable resource, essential to sustain life, development and the environment. // *Пресная вода является*

ограниченным и уязвимым ресурсом, имеющим существенное значение, для обеспечения жизни, развития и окружающей среды.

Principle No.2 (“Institutional”): Water development and management should be based on a participatory approach, involving users, planners and policy-makers at all levels. //Развитие и управление водными ресурсами должно быть основано на принципах совместного участия, вовлекая пользователей, лиц, планирующих и принимающих решения на разных уровнях.

Principle No.3 (“Gender”): Women play a central part in the provision, management and safeguarding of water. //Женщины играют ключевую роль в обеспечении, управлении и хранении воды.

Principle No.4 (“Instrumental”): Water has an economic value in all its competing uses and should be recognized as an economic good //Вода имеет экономическую ценность во всех формах ее использования и должна признаваться экономическим благом.

Также, в 1992 году в Рио-де-Жанейро состоялась Конференция ООН по окружающей среде и развитию. На конференции была принята «Agenda 21» - программа того как сделать развитие устойчивым с социальной экономической и экологической точек зрения. По итогам Конференции ООН по окружающей среде и развитию (UNCED) была учреждена Комиссия ООН по устойчивому развитию. Декларация включает в себя 27 принципов, которые определяют права и обязанности стран в деле обеспечения развития и благосостояния людей.

Первостепенное внимание было уделено водным проблемам на Саммите тысячелетия, на который в 2000 г. собрались руководители 189 стран - членов ООН. Среди сформулированных на этом форуме целей развития на ближайшие десятилетия отмечена необходимость "в ближайшее будущее сократить наполовину число людей, не имеющих доступа к доброкачественной питьевой воде, а также к санитарному обслуживанию" [20].

Второй Всемирный форум по водным ресурсам в Гааге (2000 г.) и Международная конференция в Бонне (2001 г.) наметили пути улучшения управления водными ресурсами в целях устойчивого развития. Гаагский форум сформулировал семь основных направлений будущих действий:

- удовлетворение базовых потребностей людей в безопасной питьевой воде и в благоприятных санитарно-гигиенических условиях;
- обеспечение продовольственной безопасности посредством более эффективного использования водных ресурсов;
- защита экосистем и обеспечение их целостности путем устойчивого управления водными ресурсами;
- совместное использование как различными хозяйствующими субъектами, так и государствами водных ресурсов на основе устойчивого управления ими;
- защита от опасностей, связанных с водой, путем управления рисками;
- управление водными ресурсами на основе определения ценности воды в экономическом, социальном, экологическом, культурном аспектах и установление такой цены на воду, которая не ляжет тяжелым бременем на бедные и уязвимые слои населения;

- рациональное управление водными ресурсами при общественном контроле и соблюдении интересов всех слоев населения.

Позднее эти направления были дополнены еще четырьмя:

- развитие более экологически безопасной промышленности, не наносящей ущерба качеству воды и потребностям в ней других потребителей;

- учет ключевой роли воды в выработке энергии для обеспечения растущих потребностей в ней;

- значение воды для быстро урбанизирующегося мира;

- обеспечение для всех доступности информации о водных ресурсах и водопользовании.

В 2002 году в Йоханнесбурге (ЮАР) состоялась Всемирная встреча на высшем уровне по устойчивому развитию, которая оценила достижения, произошедшие изменения и появившиеся новые проблемы после встречи на высшем уровне «Планета Земля» 1992 году. Этот саммит трансформировал цели, обещания и обязательства «Agenda 21» в конкретные, практические действия.

К этому саммиту Генеральный секретарь ООН Кофи Аннан сформулировал пять ключевых проблем перехода человечества к устойчивому развитию: вода и канализация, энергия, здоровье, сельское хозяйство, биоразнообразии, сокращенно обозначаемых в англоязычной литературе как WENAB (Water and Sanitation, Energy, Health, Agriculture, Biodiversity). Вода здесь поставлена на первое место, так как она является ключевым фактором для решения всех остальных проблем.

В связи с огромной важностью водных проблем 2003 г. был объявлен ООН Международным годом пресной воды, проведено множество национальных и международных мероприятий – научных, общественных, экономических конференций и семинаров, крупнейшим из них стал Третий Всемирный форум по водным ресурсам (Киото, Япония, 2003 г.), где подчеркнули, что ухудшение экологического состояния природных ресурсов, прежде всего водных, их дефицит "могут стать причиной возникновения или осложнения гражданских конфликтов и конфликтов между государствами".

Однако все предпринятые до сих пор меры недостаточны и проблему дефицита пресной воды отнюдь не решают. По прогнозам ООН, в ближайшие годы следует ожидать, что объем ресурсов пресной воды в расчете на душу населения в мире сократится на четверть – в годовом исчислении с 3 тыс. до 2,3 тыс.м³ [21].

Спустя 20 лет в 2012 г., после конференции по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро, вновь прошла встреча стран на саммите Рио+20, где обсудили возникшие проблемы «зеленой» экономики и устойчивого развития.

В 2018 г. прошла очередная Конвенция о биологическом разнообразии в Египте.

3 ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ КАЗАХСТАНА

3.1 Поверхностный сток

3.1.1 Гидрография Казахстана

На территории Казахстана насчитывается около 85 тыс. рек и временных водотоков из них более 8 тыс. имеют длину свыше 10 км. Средняя площадь речного бассейна составляет порядка 30 км².

Большая часть рек принадлежит к внутренним замкнутым бассейнам Каспийского и Аральского морей, озер Балкаш, Алаколь и Тениз. Крупнейшими реками республики являются: Ертис, длиной в пределах Казахстана 1700 км, Сырдария – 1400 км, Жайык – 1082 км. Шесть наиболее крупных рек Казахстана имеют расходы воды в пределах от 30 до 900 м³/сек (среднемноголетние значения), семь рек – от 50 до 100 м³/сек и 40 рек – от 5 до 50 м³/сек [22].

Речная сеть на территории Казахстана составляет шесть гидрографических бассейнов: I. Жайык-Жемский (область стока Каспийского моря); II. Тобыл-Есильский (область стока Карского моря); III. Ертисский (область стока Карского моря); IV. Нура-Тенизский (область стока озера Тениз, бессточная); V. Балкаш-Алакольский (область стока озера Балкаш); VI. Арало-Сырдарьинский (область стока Аральского моря, бессточная) [8, с. 72]. В зоне интенсивного водообмена бассейны грунтовых вод совпадают с гидрографическими бассейнами.

Речной сток Республики характеризуется значительной межгодовой изменчивостью: максимальные и минимальные значения годового стока в три раза больше и в два раза меньше нормы, соответственно. Речному стоку также присуще чередование группировок: маловодные по 5-7 лет и многоводные по 1-3 года. В силу климатических особенностей республики до 90% годового стока проходит в весенний и до 70% стока горных рек в летние периоды.

Наряду с естественным – гидрографическим, принципом районирования речной сети в Казахстане в его научных и производственных организациях широко используется водохозяйственно-административное районирование, в основу которого положено территориально-гидрографическое деление республики на речные водохозяйственные бассейны (ВХБ), именуемые также как природно-хозяйственные системы (ПХС): в их границы входят бассейны основных рек с притоками, бассейны прочих рек и бессточные территории (междуречья). По территориально-гидрографическому принципу на территории республики выделены восемь ВХБ [8, с.72]: Арало-Сырдарьинский, Балкаш-Алакольский, Ертисский, Есильский, Жайык-Каспийский, Нура-Сарысуский, Тобыл-Торгайский и Шу-Таласский (рисунки 3).

Распределение речного стока по территории Казахстана крайне неравномерно. Наибольшие объемы стока формируются в Ертисском и Балкаш-Алакольском бассейнах (73-86% общих ресурсов). В Нура-Сарысуском, Есильском и Тобыл-Торгайском бассейнах в маловодные годы местный сток практически отсутствует.

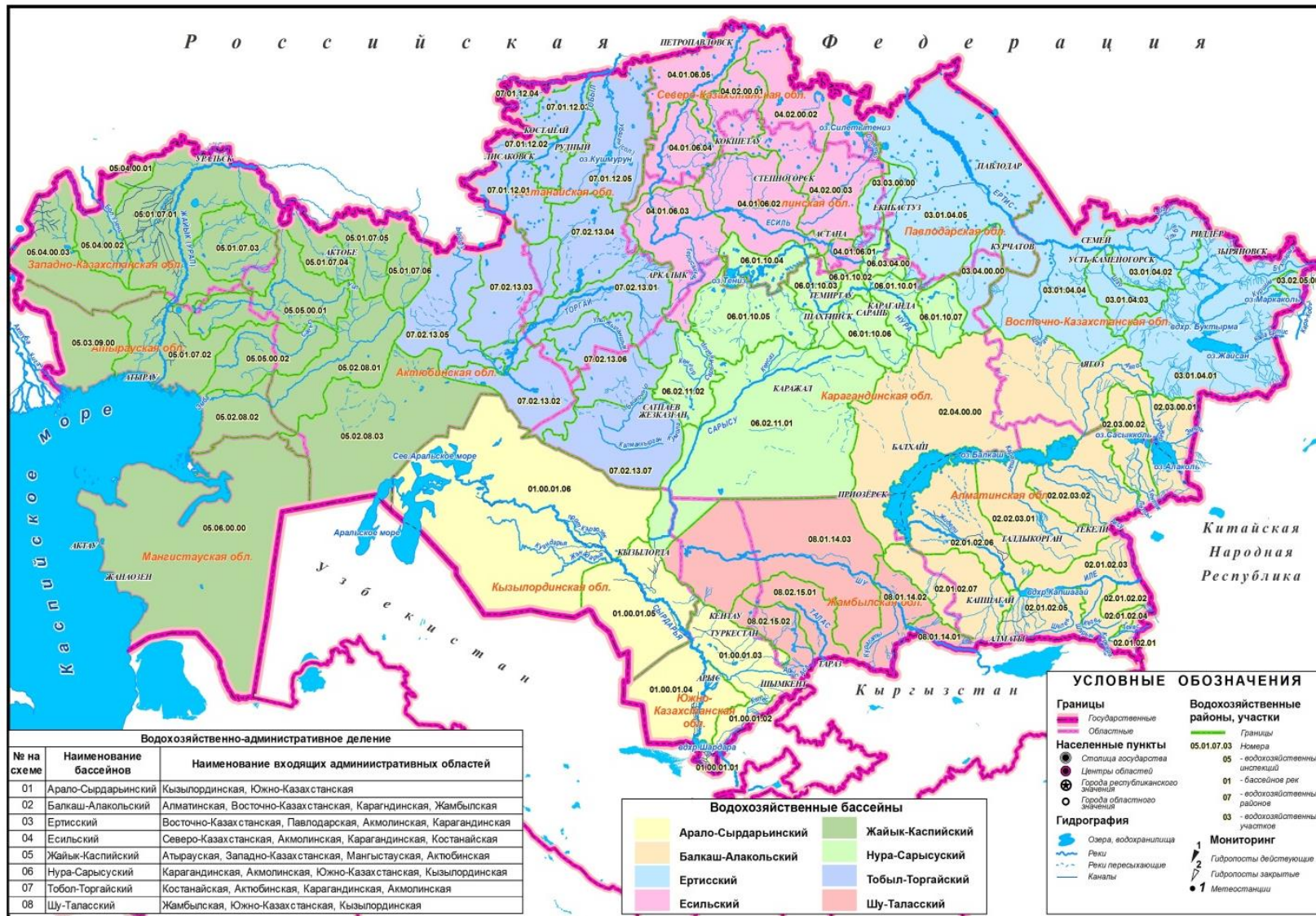


Рисунок 3 – Водохозяйственно-административное районирование Казахстана [23]

3.1.2 Особенности орогидрографии Казахстана

Эта особенность состоит в наличии главного орографического водораздела Европы и Азии – Евразии, делящий ее на Атлантико-Арктическую и Индо-Тихоокеанскую водосборные субглобальные орографически выраженные регионы: от восточных границ республики он проходит по гребням Саур-Тарбагатайской горной системы, Чингиз-Тау и, следуя к югу от озера Кушмурун (Кустанайская седловина), оставляет к северу верховья р. Тобыл и его притоков и уходит за пределы Казахстана к хребтам Уральской горной системы.

В северной и восточной части республики лежат пространства, относящиеся к Атлантико-Арктическому субглобальному региону, большая же территориальная ее часть расположена в Евразийской бессточной области. В целом орографический водораздел проходит по южным границам: Тобыл-Есильского бассейна, Нура-Тенизского бессточного бассейна и Ертисского бассейна [8, с. 72-118].

Орографические, морфологические и климатические особенности этих двух гидрологических областей Казахстана определяют различные гидрографии. В области Атлантико-Арктического субглобального региона характерно наличие крупных речных артерий, снеговое и дождевое их питание, незначительная засоленность вод поверхностного стока.

В бессточном Евразийском бассейне характерны совершенно другие черты: пестрая картина распределения густоты постоянной речной сети – немало здесь территорий, совершенно лишенных постоянного поверхностного стока, большое разнообразие в величинах рек и их режимах; различие в условиях питания рек, большое распространение осолоняющихся вод.

Общими чертами гидрологии обеих областей является относительно малое развитие речной сети, объясняющееся внутриконтинентальной засушливостью климата [8, с. 72-118].

Характерной чертой гидрографической сети Казахстана является ее замкнутость внутри страны. За исключением части территории, имеющей сток в Северный Ледовитый океан (бассейн р. Ертис), вся остальная территория расчленяется на отдельные, разобщенные друг от друга бессточные бассейны. Главными являются системы рек, сток которых направлен в Каспийское и Аральское моря и озеро Балкаш (рисунок 4).

Однако разделение всей гидрографической сети Казахстана только по перечисленным выше основным впадинам было бы недостаточным. Необходимо более детальное подразделение каждого из главных гидрографических бассейнов Казахстана на отдельные частные системы, которые в силу климатических и геоморфологических условий могут представлять собой более или менее обособленные области.

Одной из характерных черт казахстанской гидрологии является разделение рек на постоянные, пересыхающие и сезонные. Постоянные реки, благодаря более крупной длине и ширине, отличаются наибольшей водностью и функционируют круглый год. Сюда следует отнести реки Северного Казахстана, потоки горной части Республики и более крупные речные артерии

остальной территории. Многие реки пустынно-степной и окраин пустынной полосы, теряя свою водность в сухих условиях климата, не дотекают до главной реки или озера и могут быть названы «слепыми» потоками. Этому явлению в предгорной части способствует также использование значительной части воды на орошение.

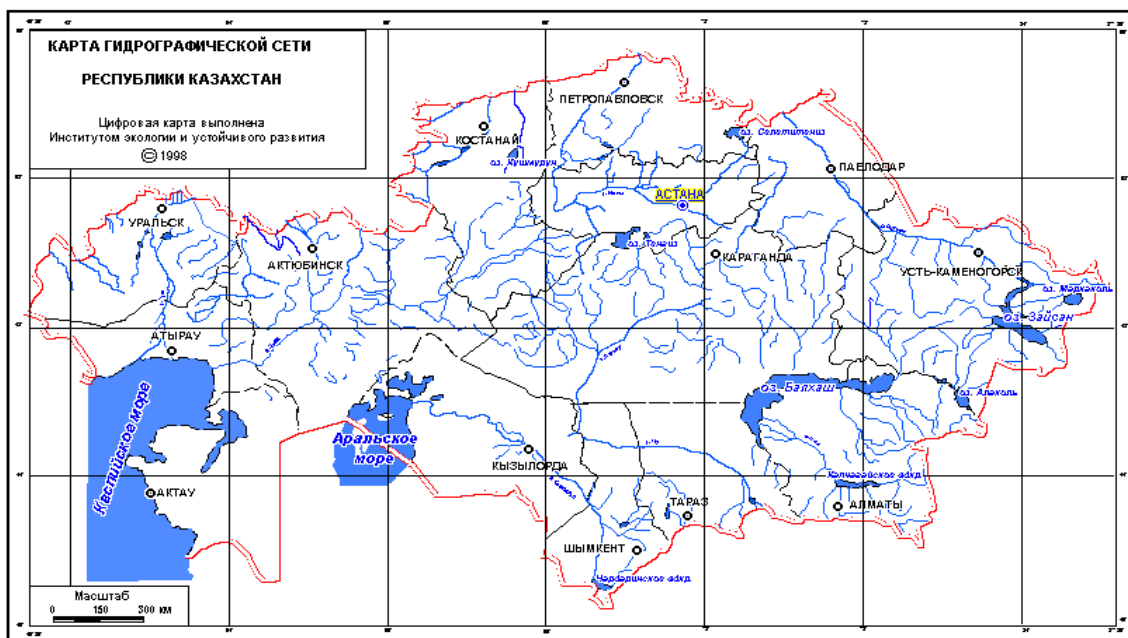


Рисунок 4 – Карта гидрографической сети Казахстана [24]

Пересыхающие реки встречаются в условиях жарких и сухих пространств степей и пустынь. Мелкие потоки летом совершенно высыхают, и даже в крупных реках летнее высыхание настолько сильно, что в низовьях они часто образуют разомкнутые плесы.

К сезонным потокам можно отнести и многочисленные лога, и овраги, долины речек и ручьев пустынной и пустынно-степной зоны, которые большую часть года остаются сухими и только весной наполняются водой, образующейся при снеготаянии.

3.1.3 Морфологическая характеристика речной сети

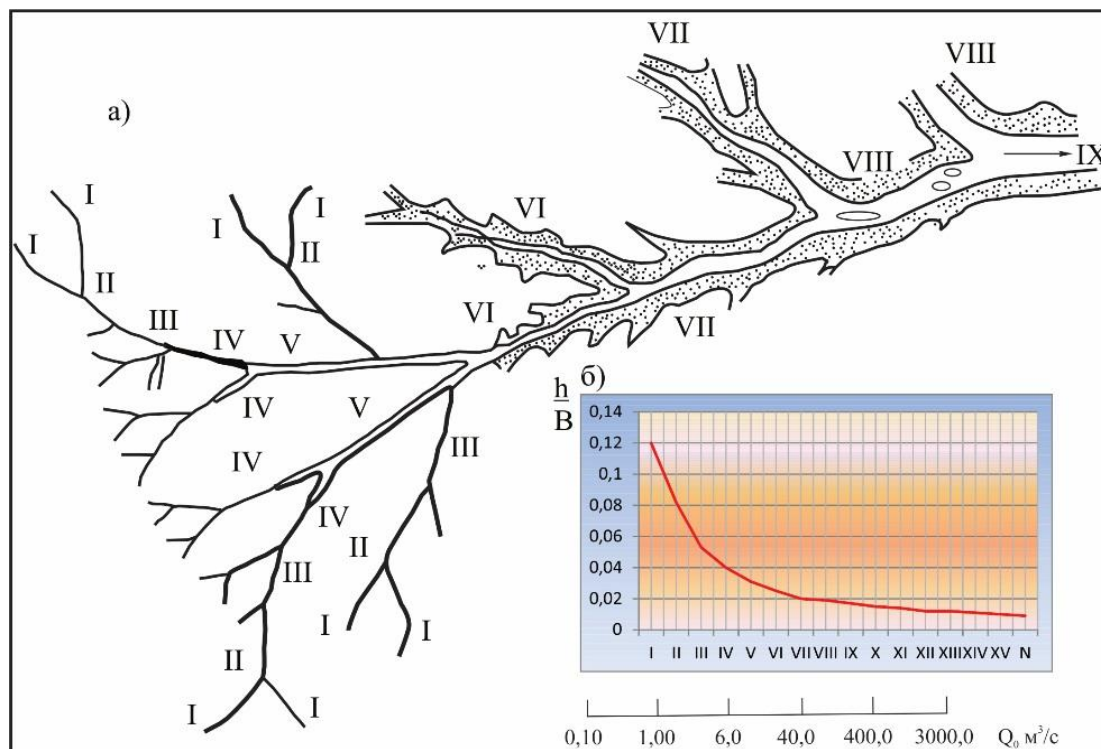
Русловая сеть речного бассейна в зависимости от литологического состава пород, орографии, растительного покрова и количества выпадающих осадков характеризуются глубиной эрозионного вреза и густотой речной сети

$d = \left(\sum_n L_n \right) / F$, которая определяется отношением длины всех водотоков

речного бассейна $\sum_n L_n$ к площади этого бассейна F , причем на всей площади F

число таких водотоков n , каждый длиной L_n . При этом стандартная структура речного бассейна достаточно типична (рисунок 5).

Следуя широтно-зональным изменениям географических ландшафтов, густота гидрографической сети по мере движения с севера на юг на территории Казахстана дифференцируется – сравнительно густая сеть рек на севере республики с продвижением к югу становится все более и более редкой (рисунок 5).



а – схема речной системы; б – зависимость относительной глубины (h/B) от порядка потока (N) и среднего годового расхода (Q_0). I-VIII – порядки естественных потоков

Рисунок 5 – Структура и морфологические характеристики речной сети [25]

Центр страны, занятый пустынными степями и пустынями, характеризуется весьма слабым развитием или даже отсутствием сети постоянных рек. Еще дальше к югу, с переходом к полосе предгорий, густота постоянной речной сети увеличивается и достигает своего наибольшего развития на южной и юго-восточной окраине горных областей.

В бассейне Карского моря Северного Ледовитого океана наиболее густая сеть рек приурочена к горным областям Алтая, Саур-Тарбагатай, Чингизтау – бассейну р. Ертис.

Пестрая картина распределения рек наблюдается на равнинах Северного Казахстана, где вдоль крупных притоков Ертиса – рек Есиля и Тобыла, располагаются области с густой речной сетью: от 4-6 до 6-8 км на 100 км². Плоские водораздельные степные пространства более безводны: густота гидрографической сети здесь всего лишь 0-2 км на 100 км²; есть площади, лишенные постоянного стока [22, с.19].

Наибольшие по площади территории Казахской складчатой страны имеют густоту гидрографической сети от 4 до 6 км на 100 км², а в более возвышенных ее частях повышается до 8-10, изредка до 12 км. Отдельными пятнами, обычно приуроченными к местным бассейнам мелкие бессточные озера, не имеющих постоянных притоков, разбросаны участки с густотой речной сети до 2 км; есть области безводные (район к северу от озера Тениз).

В Иле-Балкашском бассейне ясно выделяются два противоположных друг другу пояса – равнинный и горный. Первый чрезвычайно беден реками, второй, наоборот, ими богат. В равнинной части Иле-Балкашского бассейна густота сети 0-2 км с повышением до 6 км в областях бассейнов-притоков в оз. Балкаш.

В Аральском бассейне, благодаря его большой площади и положению в разных ландшафтно-географических зонах, наблюдается очень пестрая картина. В общем, весь бассейн можно разделить на меньшую по площади горную часть и большую – равнинную, которая, в свою очередь, распадается на область пустынь и области пустынно-степную и степную. В степной и пустынно-степной области бассейна Аральского моря густота речной сети уменьшается с севера на юг от 4-6 км до 2-0 км. Кроме того, вдоль основных речных артерий густота гидрографической сети 4-6 км, на обширных плоских водоразделах она всего лишь 0-2 и реже 2-4 км на 100 км². Пустынная область Аральского бассейна почти повсеместно безводна. Только вдоль рек Сырдарии, Сарысу и Шу тянутся полосы с постоянной речной сетью от 2-4 до 4-6 км. В горной части сеть рек богатая. От подножья горных систем до их вершин показатели густоты речной сети изменяются от 2 до 12 км на 100 км². В районе Голодной степи выделяется безводное пятно.

В Каспийском бассейне наибольшие показатели густоты речной сети 10-12 км и свыше 12 км наблюдаются на севере и северо-западе – в пределах степной зоны. В пустынно-степной зоне густота понижается до 2-4 км на 100 км²; в пустынях и песчаных массивах лежат территории, лишенные постоянного стока. Только вдоль крупных рек (Жайык, Жем, Ойыл и др.) языками внутрь областей, бедных поверхностным стоком, вдаются территории, более обогащенные им.

Наиболее развита временная речная сеть в пустынно-степной зоне, меньше – в степной и еще меньше в пустынной. Временно функционирующая речная сеть больше развита в условиях расчлененного рельефа и возвышенной местности. Она мало развита или отсутствует совершенно на плоских, слабо расчлененных равнинах.

В горных областях Республики развита постоянная речная сеть. В предгорных областях, где распространены пустыни и пустынные степи, развита сеть временных потоков. Так, в Илейском и Алакольской котловинах имеется пятна с густотой 0-2 км на 100 км², а в Зайсанской даже до 6 км и более. В Шу-Илейских горах и Каратау густота временной сети достигает до 8 и 10 км. Наибольшей густотой речной сети (40-180 км) характеризуются высокогорные районы Алтая, Жонгар Алатау и Иле Алатау.

Наибольшую густоту временная речная сеть имеет в областях низкогорных и среднегорных возвышенностей Казахстана, расположенных в полосе

пустынно-степных и пустынных географических ландшафтов. Так, в Мугоджарах она имеет величину 6-8 км и двумя отдельными пятнами более 12 км на 100 км².

По западным окраинам Центрально-Казахстанского мелкосопочника густота временной речной сети 6-8, 8-10, 10-12 км и отдельными пятнами 14-16 и более 16 км на 100 км². В северной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника и по его юго-восточным окраинам 4-6 и 6-8 км. В Торгайской столовой стране развита временная речная сеть (6-8, 8-10 км), а в низовьях р. Торгая – свыше 16 км на 100 км². В степной полосе временный сток представлен более или менее умеренно. Обычно отметки для Северного Казахстана 0-2 км, ближе к долинам крупных рек 4-6 км на 100 км².

3.1.4 Ресурсы поверхностных вод Казахстана

Запасы воды в Казахстане. Располагаемые ресурсы Казахстана составляют 524 км³, в том числе: естественные водоемы (включая Каспий и Арал) – 190, годовой сток рек – 101, искусственные водоемы (водохранилища) – 95, ледники – 80, подземные воды – 58 (рисунок 6).

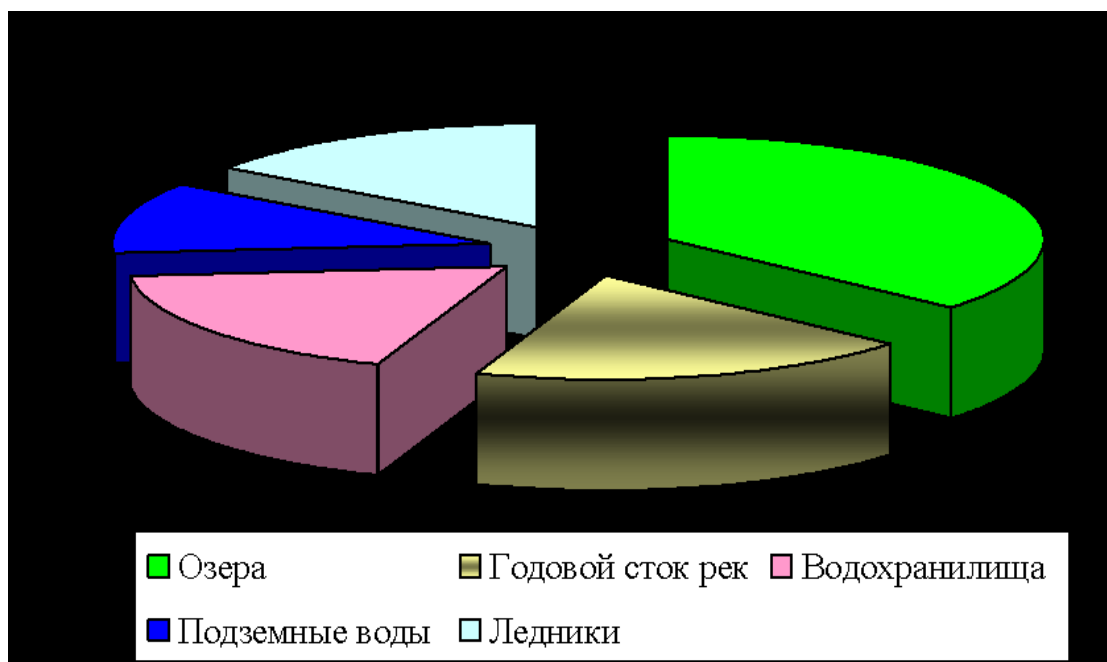


Рисунок 6 – Запасы воды в Казахстане [23, с.2-70]

На современном уровне изученности поверхностных вод, норма стока всех рек Казахстана оценивается величиной 102,3 км³/год, из которых 57,6 км³/год формируется на территории Республики и 44,7 км³/год – в сопредельных государствах (20,4 км³/год – в Китае, 14,4 км³/год – в Узбекистане, 7,01 км³/год – в России, 2,59 км³/год – в Киргизии) [26].

Ситуация с обеспеченностью ресурсами поверхностных и подземных вод по отдельным регионам Республики существенно различна. Наиболее обеспечены собственными ресурсами как поверхностных, так и подземных вод

бассейны рек Ертис, Балкаш-Алакольский. Дефицитными по подземным водам являются Нура-Сарысуский, Есильский, Тобыл-Торгайский бассейны. Значительные территории бассейнов: Есильского, Жайык-Каспийского, Арало-Сырдарьинского, Тобыл-Торгайского и Нура-Сарысуского испытывают дефицит, как и в поверхностных, так и в подземных водах (рисунок 7).

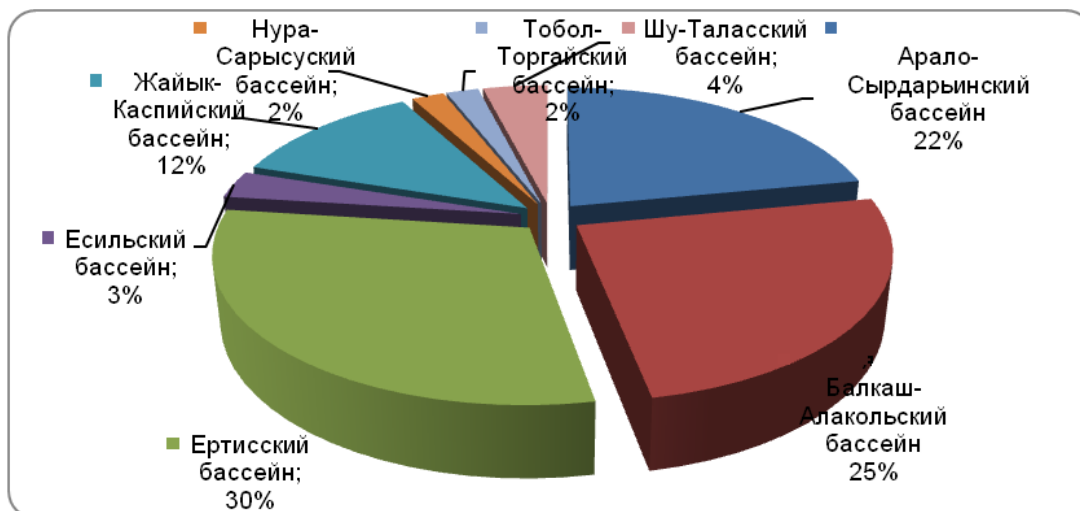


Рисунок 7 – Распределение ресурсов поверхностных вод по водохозяйственным бассейнам [23, с. 3]

Главной целью водохозяйственного комплекса Республики Казахстан является обеспечение качественной водой населения и всех отраслей экономики, создание благоприятных условий для их функционирования, охрана водных ресурсов от истощения и загрязнения.

Основными водопотребителями в современном их состоянии являются нужды промышленности, городского и сельского коммунального хозяйства, орошаемого земледелия (рисунок 8).

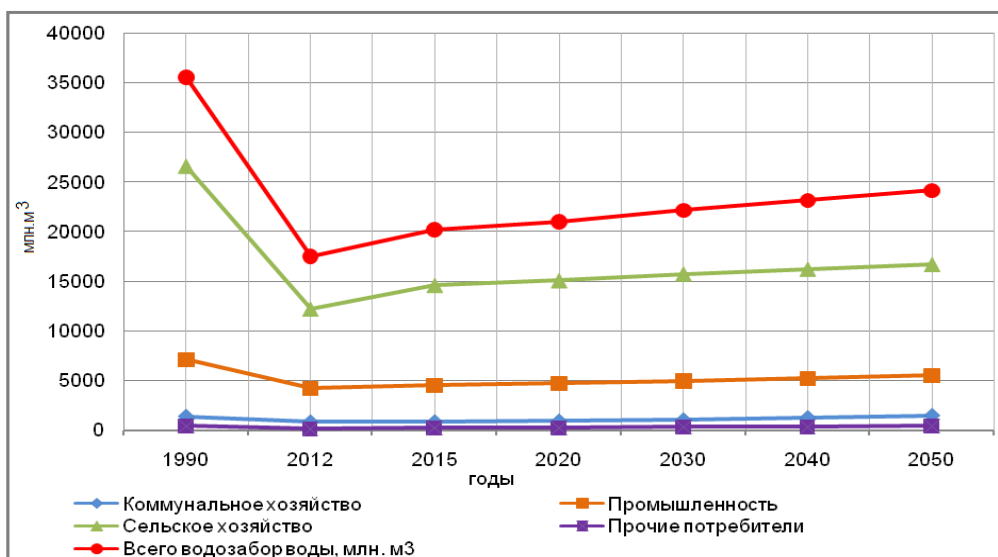


Рисунок 8 – Динамика водозаборов на перспективные уровни [23, с. 10]

На современном уровне в стране имеется достаточное количество водных ресурсов, которые удовлетворяют потребности практически всех отраслей экономики – общие потребности в воде на уровне 2040 года составят 23,1 км³ и будут покрываться на 84-87% за счет поверхностных источников, однако в перспективе их может оказаться недостаточными (рисунок 8) [23, с.2-70].

Уместно напомнить, что в период 1974-2008 гг. за счет интенсивной водохозяйственной деятельности ресурсы поверхностных вод – бытовой сток Казахстана уменьшился на 23,8 км³/год (на 21%), в том числе трансграничного стока – на 15,9 км³/год (на 26%), местного стока – на 7,9 км³/год (на 14%) и ресурсы поверхностных вод (50% обеспеченности) составляли 91,3 км³/год, из которых 44,3 км³ поступали из сопредельных государств, 47,0 км³ составлял местный сток [26, с. 2].

Главным источником поверхностных водных ресурсов, питающих реки Казахстана, являются ледники, площадь которых равна почти 2 тыс. км², объем – более 98 км³.

Установлено, что оледенение гор Центральной Азии с середины XX века находилось, преимущественно, в состоянии деградации, ускорившейся с начала 1970-х годов. Темпы деградации ледников Центральной Азии одни из самых высоких в мире: 0,8% от площади и 1% от объема в год. Если общая тенденция изменений температурного режима территории в ближайшие десятилетия сохранится, таяние ледников будет продолжаться.

Состояние, перспективы, риски. Как было сказано ранее, вода стремительно становится одним из самых дефицитных природных ресурсов. Она превратилась в товар, сформировался международный рынок. Наступившее столетие можно смело назвать «веком водных проблем».

В XX веке мировую известность получили вододефицитные экологические кризисы, такие как деградация Аральского моря (Центральная Азия) и чрезвычайная засуха в Сахеле (Африка). В условиях обострения водных проблем в мире и с учетом роли пресной воды как стратегического природного ресурса ООН провозгласила Международное десятилетие 2005-2015 гг. периодом активных действий по программе «Вода для жизни» (International Decade for Action «Water for Life»).

В настоящее время особенно актуальны проблемы трансграничных вод, поскольку речные системы, составляющие региональных и глобальных гидрологических циклов, не имеют границ. Во всем мире 261 водный бассейн является трансграничным; они покрывают 45% поверхности суши. По поводу трансграничных вод возникло более 500 конфликтных ситуаций.

По данным российских ученых, капитальные затраты для получения дополнительных водных ресурсов или экономии 1 км³ пресной воды составляют (млн. долл.): при опреснении соленых и солоноватых вод 600-1800, очистке сточных вод 200-1500, реконструкции оросительных систем 700-900, территориальном перераспределении речного стока 100-800.

3.1.5 Использование водных ресурсов в экономике Казахстана

Казахстан – крупнейшая по территории страна Центральной Азии, располагающаяся между Каспийским морем, Нижним Поволжьем, Уралом, Сибирью, Китаем и Средней Азией. По площади территории республика занимает девятое место среди государств мира (2 724,9 тыс.км², в том числе водной поверхности 1,5%).

Казахстан вытянут по широте от восточной окраины дельты Волги на западе до Алтайских гор на востоке, а по меридиану – от Западно-Сибирской равнины и южной оконечности Урала на севере до Тянь-Шаньской горной системы и пустыни Кызылкум на юге. Граничит на севере и западе с Россией – 7548,1 км, на востоке с Китаем – 1782,8 км, на юге с Киргизстаном – 1241,6 км, Узбекистаном – 2351,4 км и Туркменистаном – 426,0 км. Общая протяженность сухопутных границ – 13 392,6 км. Протяженность страны с востока на запад составляет 2963 км, а с севера на юг 1652 км. Республика омывается водами внутриконтинентальных Каспийского и Аральского морей, однако, в качестве крупнейшей страны Евразии, не имеет выхода в Мировой океан (рисунок 9).

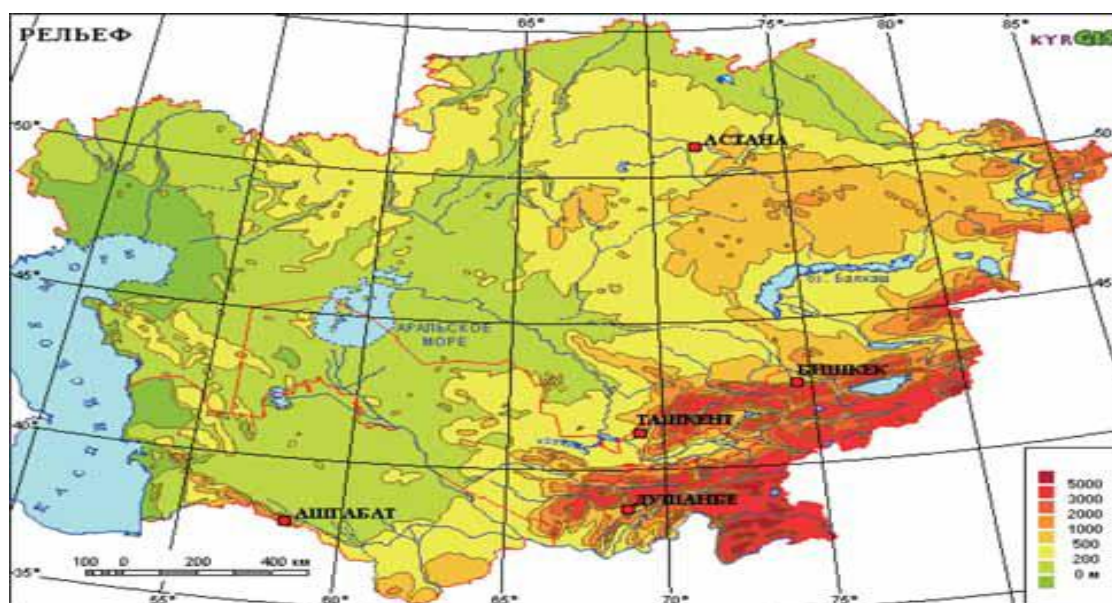


Рисунок 9 – Рельефная карта Центральной Азии [27]

Республика Казахстан – светское государство, в его составе 14 областей, 87 городов, в том числе 3 города республиканского значения (г.Нур-Султан, г.Алматы и г.Шымкент), 161 сельских районов, 16 городских районов. Численность населения превышает 18 млн. человек (64-е место в мире), плотность населения 6,3 чел/км² (по состоянию на 1 июля 2019 года).

Республика является крупнейшей индустриально-аграрной экономикой Центральной Азии и в настоящее время занимает 41-е место в мире по объему ВВП (ППС) – 509,5 млрд. долл., в том числе на душу населения – 11,187 долл. (по состоянию на 2018 год). С 2010 года Республика является активным членом таможенного союза ЕврАзЭС.

Казахстан обладает разнообразными полезными ископаемыми – из 105 элементов таблицы Менделеева в недрах Казахстана выявлено 99, разведаны запасы по 70, вовлечено в производство более 60 элементов. В настоящее время известно 493 месторождения, содержащих 1225 видов минерального сырья. Это позволяет Казахстану развивать горнодобывающую отрасль экономики.

Казахстан занимает первое место в мире по разведанным запасам цинка, вольфрама и барита, второе – серебра, свинца и хромитов, третье – меди и флюорита, четвертое – молибдена, шестое – золота. По объему запасов полезных ископаемых Казахстан занимает первое место среди стран СНГ по хромовым рудам и свинцу, второе – по запасам нефти, серебра, меди, марганца, цинка, никеля и фосфорного сырья, третье – по газу, углю, золоту и олову. По добыче серебра, хромитов, свинца и цинка Республика занимает первое место, второе – по добыче нефти, угля, меди, никеля и фосфатного сырья, третье – по добыче золота.

Не менее значимой отраслью экономики Казахстана является нефтегазовый сектор. Казахстан располагает значительными запасами нефти и газа, сосредоточенными в западном регионе, позволяющими отнести республику к ряду крупнейших нефтедобывающих государств мира. Основные месторождения Казахстана – Тенгиз, Кашаган, Карашыганак, Узень, Жанажол, Кызылойское и другие. Открытие нового нефтеносного района в пределах Южно-Тургайской впадины расширяет перспективы дальнейшего развития нефтедобычи республики. На начало 2014 г. объем доказанных запасов нефти по данным ВР составляет 30,00 млрд. баррелей или 3,93 млрд. тонн, что составляет 1,8% от мировых запасов. Прогнозные запасы нефти только по месторождениям, расположенным в казахстанском секторе Каспийского моря, составляют более 17 млрд. тонн или 124,3 млрд. баррелей. Доказанные газовые запасы Казахстана на 2018 год составляют 2,407 трлн. м³ (по оценке ВР), что составляет 1,22% от мировых запасов. Основные нефтегазодобывающие компании Казахстана – Карачаганак Петролиум Оперейтинг, НК Казмунайгаз, CNPC-Актюбе-мунайгаз, Тенгиз-шевройл и другие.

Не менее значимую роль в экономике Республики занимает урановорудный сектор. Разведанные запасы урановых месторождений Казахстана составляют 1,7 млн. тонн – 21% мировых запасов (2-е место в мире по состоянию на 2009 г). Коммерческой реализацией урана в стране занимается государственная компания «Казатомпром». В 2005 г. по объему добычи урана компания заняла 3-е место в мире (после канадской «Самесо» и французской «Согема»). В 2009 г. Казахстан вышел на первое место в мире по поставкам концентрата урана на мировой рынок, добыв 13,5 тыс. тонн и опередив Канаду, которая оказалась на втором месте и была прежде мировым лидером по добыче урана в течение 17 лет. Доказанные урановые запасы Казахстана на 2015 год составляют 745300 тонн (по оценке WNA), что составляет 13% от мировых запасов.

В качестве горючих и неметаллических полезных ископаемых значимое место занимают залежи угля, фосфоритов и другие.

По результатам геолого-экономической оценки имеющихся запасов полезных ископаемых Казахстана, наибольший вес по экономической значимости имеют уголь, нефть, медь, железо, свинец, цинк, хромиты, золото, марганец. Руды черных и цветных металлов, добываемые в Казахстане, идут на экспорт в Японию, Южную Корею, США, Канаду, Россию, Китай и Европу.

Продукция машиностроения в общем объеме промышленного производства республики составляет около 8%. Казахстан производит оборудование для нужд своей горнодобывающей промышленности.

Из произведенной в Казахстане продукция машиностроения экспортируются: кузнечно-прессовое оборудование (Шымкент), металлорежущие станки (Алматы), аккумуляторы (Талдыкорган), центробежные насосы (Астана), рентгеновское оборудование (Актобе) и так далее. В городе Уральске, что на западе Казахстана, в последнее время увеличилось внимание государства к машиностроительной отрасли. Именно в Западном Казахстане планируется масштабно развивать машиностроение. В городе Уральске находятся такие крупные заводы, как «Зенит», «Металлист», «Омега», «Ремзавод». В советскую эпоху этим заводам уделялось должное внимание со стороны государства, но распадом СССР продукция этих заводов уменьшилась более чем на 70%.

Черная металлургия Казахстана производит более 12,5% республиканского объема промышленной продукции. По запасам железной руды Казахстан занимает восьмое место в мире. Его доля в мировых запасах составляет 6%. Из 8,7 млрд. тонн разведанных запасов железной руды 73,3% являются легкодобываемыми. Более 70% добываемой в стране железной руды уходит на экспорт. Основным производственным комплексом черной металлургии является Mittal Steel в Темиртау.

Удельный вес цветной металлургии в общем объеме промышленного производства превышает 12%. Производятся медь, свинец, цинк, титан, магний, редкие и редкоземельные металлы. Казахстан входит в число крупнейших в мире производителей и экспортеров рафинированной меди. Основными импортерами казахстанской меди являются Италия и Германия. Казахстан является крупным производителем золота. В стране зарегистрировано свыше 171 золотоносного месторождения.

В химическом и нефтехимической промышленности Республики производят пластмассы, химические волокна и нити, шины для автомобилей и сельхозмашин, широкий ассортимент резинотехнических изделий, хромовые соединения, карбид кальция, каустическая сода и другая продукция. В Казахстане действуют три нефтеперерабатывающих завода, производящие автобензин, дизельное, котельное топливо, авиационный керосин, нефтебитумы и другие нефтепродукты. Действует крупный комплекс по переработке фосфоритной руды с получением желтого фосфора (более 90% от общего производства бывшего СССР), минеральных удобрений, синтетических моющих средств.

Продукция промышленности строительных материалов в общем объеме промышленного производства Республики занимает более 4%. На

предприятиях отрасли производится цемент, шифер, асбестоцементные трубы, мягкие кровельные материалы, линолеум, санитарно-строительный фаянс, облицовочные керамические плитки для полов и отделки зданий, панели и другие конструкции для крупнопанельного домостроения, каолин для бумажной промышленности, радиаторы, конвекторы и ряд других видов строительных материалов и конструкций. Республика располагает достаточными запасами разнообразного сырья для выпуска строительных материалов.

Сельскохозяйственное производство является важным сектором экономики страны. По производству зерна Казахстан занимает третье место в СНГ после России и Украины. Экспорт пшеницы является одним из главных источников валютных поступлений в экономику Республики. Несмотря на то, что страна находится в зоне рискованного земледелия, а сбор зерновых может отличаться в разные года более чем на 50%. Казахстан полностью обеспечивает себя хлебом, и экспортирует не менее 70% урожая даже в самые неурожайные годы. Например, в феврале 2013 года Минсельхоз США снизил прогноз производства пшеницы в Казахстане в текущем сельхозгоду (2012 – 2013 гг.) до 9,84 млн. тонн; отметим, что 6,5 из них будет экспортировано. В 2011г. было собрано более 25 млн. тонн зерна. На севере Казахстана выращивается яровая пшеница, овес, ячмень и другие зерновые культуры, а также подсолнечник, лен-кудряш. Развито овощеводство, бахчеводство. Запад славится посевами кукурузы, овощей, подсолнечника и других сельскохозяйственных культур. На юге республики при искусственном орошении дают высокие урожаи хлопчатник, сахарная свекла, табак, рис, развито садоводство. Природные условия Казахстана, их многообразие обуславливают значительные потенциальные возможности для развития животноводства. В Казахстане традиционно занимаются овцеводством, коневодством, верблюдоводством, разведением крупного рогатого скота.

Транспортный потенциал Казахстана определяется географическим расположением республики в центре Евразии, предопределяя, тем самым, его значимость в области транзитных перевозок. Протяженность наземных транспортных магистралей республики составляет 106 тыс. км. Из них 13,5 тыс. км – магистральные железные дороги, 87,4 тыс. км – автомобильные магистрали общего пользования с твердым покрытием, 4 тыс. км – речные пути. В 2007 году казахстанская сторона обратилась к России с предложением строительства канала Евразия – прямого воднотранспортного соединения Каспийского моря и Азово-Черноморского бассейна, проходящего по российской территории, где в 2009 году Евразийским банком развития было выделено 2,7 млн. долларов на исследование возможности создание воднотранспортного соединения. В случае реализации проекта Казахстан может при помощи России получить прямой доступ к международным морским коммуникациям и стать морской державой.

Жилищно-коммунальный комплекс. По состоянию на 1 июля 2019 года в Казахстане насчитывается 87 городов и 35 поселков с общей численностью городского населения 10141,8 тыс. человек (54,8% от общей численности) и

7031 сельских населенных пунктов, где проживает 8365,2 тыс. человек (45,2%) сельского населения.

За последние годы естественный прирост населения характеризуется положительной динамикой, и, согласно прогнозам, численность населения страны к 2030 г. превысит – 21,0 млн., к 2040 г. превысит – 23,0 млн., к 2050 г. превысит - 25,0 млн. человек.

Приоритетные направления экономики. В настоящее время в свете располагаемого разнообразия природоресурсного потенциала основными секторами экономики Казахстана являются: горнодобывающее и горноперерабатывающее, сельскохозяйственное и промышленное производство, металлургия, транспорт и жилищно-коммунальное хозяйство.

Основным источником экономического роста республики является добыча нефти и полезных ископаемых, хотя в последнее время существенно увеличилась роль потребительского спроса на внутреннем рынке республики. Стабильный рост потребления населения превышает 11% в год и приблизительно соответствует среднему росту за последние годы. Количество потребителей в Республике продолжало увеличиваться за счет роста численности населения. Кроме этого, большие урожаи зерновых обеспечивают прирост выпуска продукции сельского хозяйства до 11%. Позитивной экономической ситуации обеспечит также и начало коммерческой добычи нефтегазоконденсата на новом месторождении Кашаган.

В структуре казахстанского экспорта преобладает нефть и нефтепродукты – 35% далее идут: цветные металлы – 17%, черные металлы – 16%, руды – 12%, зерновые культуры – 9% и другие – 11%.

Основной импортируемой продукцией являются сырье, а именно – сырая нефть, машины и оборудование, средства транспорта, приборы и автоматы, химическая продукция, топливо минеральное, продовольственные товары, готовые изделия и товары народного потребления.

Стратегический план развития Республики Казахстан до 2025 года утвержденный Указом Президента Республики Казахстан 15 февраля 2018 года №636 предусматривает план построения вокруг семи важнейших системных реформ и семи приоритетных политик, которые будут реализовываться в экономике и социальной жизни страны в период до 2025 года, при этом важным ориентиром будут являться Цели устойчивого развития ООН [28].

Из всего многообразия мегатрендов выбраны пять ключевых групп: социальные, технологические, экономические, экологические и политические.

Одним из пяти ключевых групп является экологическое, в котором важной проблемой остается обеспечение базовых условий жизни, таких как доступ к чистому воздуху и чистой питьевой воде.

Для обеспечения населения питьевой водой соответствующего качества и в полном объеме, а также необходимого уровня очистки сточных вод продолжатся строительство новых объектов водоснабжения и водоотведения и реконструкция уже действующих объектов. Увеличится выделение бюджетных средств на эти цели. В результате к 2025 году все города будут обеспечены

централизованным водоснабжением, а уровень обеспечения централизованным водообеспечением в селах составит 80%.

Также необходимо повысить экологические стандарты страны до уровня развитых стран, в том числе по показателям выбросов в атмосферу промышленными предприятиями и автотранспортом [28, стр. 78].

Успешная диверсификация экономики неразрывно связана с устойчивым развитием республики путем:

- внедрения технологий эффективного использования водных ресурсов страны с учетом принципов интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР);
- обеспечения населения питьевой водой;
- оптимизации системы управления устойчивого развития;
- снижения негативного воздействия антропогенной нагрузки;
- решения экологических проблем.

Диверсификация экономики увязывается с планами по формированию центров экономического роста с целью создания рациональной территориальной организации экономического потенциала и благоприятных условий для жизнедеятельности населения [29].

Стратегические цели диверсификации экономики состоят в том, что Казахстан с его огромными земельными ресурсами имеет долгосрочное преимущество в развитии сельскохозяйственного производства. Поэтому, необходимо повышение эффективности сельского хозяйства и производительности труда в агропромышленном комплексе к 2025 году не менее чем в 4 раза.

3.1.6 Гидрологические угрозы (причины и следствия)

Проблема водной безопасности Республики Казахстан (безопасности водохозяйственной жизнедеятельности) в условиях ограниченности и уязвимости водных ресурсов рассматривается как компонент национальной безопасности. Это вызвано тем, что пресная вода – важнейший природный ресурс, без которого невозможно никакая деятельность человека и который ничем нельзя заменить. С другой стороны, вода – неотъемлемая часть всей природы и главный компонент окружающей среды. Наконец, вода – грозная природная стихия, приносящая разрушения и бедствия. Это обуславливает большую сложность взаимодействия общества с водной средой, которая имеет много особенностей для различных регионов Казахстана и претерпевает существенные изменения по мере развития общества и изменения климатических условий.

Основными угрозами и вызовами в области водообеспечения Республики являются глобальные и региональные изменения климата, несогласованность межгосударственных водных отношений, использование водозатратных технологий и несовершенство технических средств водорегулирования и водораспределения. Следствиями реализации водных опасностей могут стать обострение межгосударственных водных противоречий, развитие новых очагов

экологической нестабильности, срыв программ социально-экономического развития.

Институтом Географии Казахстана определены два пути устранения дефицита пресной воды в республике [26, с. 2-7]: 1) снижение нагрузки на водные ресурсы и 2) увеличение ресурсов пресной воды. Первый путь предусматривает реализацию мероприятий по уменьшению темпов развития водоемких производств и использованию более современных технологий для сокращения потребления пресной воды в промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве. Второй путь предполагает увеличение располагаемых для использования водных ресурсов за счет многолетнего и сезонного регулирования речного стока, использования запасов подземных пресных вод, опреснения соленых и солоноватых вод, территориального, в том числе трансграничного перераспределения водных ресурсов.

Прогнозный сценарий изменения ресурсов речного стока. Практически во всех странах мира по характеристикам речного стока оцениваются величина возобновляемых водных ресурсов, их динамика во времени и распределение по территории. Сток речных систем обеспечивает основной объем водопотребления в мире, определяет степень водообеспеченности территории и населения, избыток и дефицит водных ресурсов. Речной сток в процессе круговорота в значительной мере восстанавливает качество пресной воды за счет естественного самоочищения, которым обладают речные системы.

Суммарные ресурсы поверхностных вод Республики Казахстан (бытовой сток) за период 1974-2008 гг. составлял 91,3 км³/год (50% обеспеченности), из которых 44,3 км³ поступает из сопредельных государств, и 47,0 км³ составляет местный сток (таблица 1). За счет хозяйственной деятельности ресурсы речного стока Республики Казахстан уменьшились на 23,8 км³/год (21%), в том числе трансграничного стока – на 15,9 км³/год (26%), местного стока – на 7,9 км³/год (14%) [26, с. 2-7].

Таблица 1 – Состояние поверхностных вод по водохозяйственным бассейнам Казахстана (2008 г.) [26, с. 2-7]

Наименование водохозяйственных бассейнов	Ресурсы поверхностных вод (обеспеченность 50%), км ³ /год		
	Всего	В том числе	
		Сопредельные страны	РК
Арало-Сырдарьинский	15,9	14,2	1,7
Балкаш-Алакольский	25,6	11,9	13,7
Ертисский	31,0	6,5	24,5
Есильский	1,7	-	1,7
Жайык-Каспийский	10,5	8,3	2,2
Нура-Сарысуский	1,1	-	1,1
Тобыл-Торгайский	1,4	0,3	1,1
Шу-Таласский	4,1	3,1	1,0
Итого по РК	91,3	44,3	47,0

С учетом высокой степени уязвимости природной среды и отраслей экономики Казахстана к возможным изменениям речного стока стратегия устойчивого водообеспечения Республики должна быть ориентирована на неблагоприятное сочетание двух дестабилизирующих факторов: климатически обусловленным изменениям местного стока (10-20%) и антропогенным сокращением трансграничного стока (50%).

При неблагоприятной реализации климатических и трансграничных гидрологических угроз в перспективе реально уменьшение ресурсов речного стока в целом по Казахстану к 2030 г. – до 72,4 км³/год, в том числе трансграничного – до 22,2 км³/год, местного – до 50,2 км³/год. Наиболее зависим от трансграничного стока Арало-Сырдаринская ПХС (89%), Жайык-Каспийская (79%), Шу-Таласская (76%). Думается, указанные предпосылки должны быть взяты в основу стратегии обеспечения водной безопасности Республики Казахстан [26].

Водосбережение в отраслях экономики. Оптимизация использования водных ресурсов в отраслях экономики достигается ограничением темпов и объемов развития водоемких производств, внедрением водосберегающих технологий, снижением непроизводительных потерь воды в сфере водораспределения.

Ожидаемый на перспективу рост производства в Казахстане должен быть в максимальной степени обеспечен интенсификацией использования водных ресурсов, а не ростом потребления пресной воды. Хозяйственные водозаборы в перспективе не должны превышать фактических объемов на уровне 2010 г. (23,3 км³/год, в том числе безвозвратное водопотребление – 15,3, водоотведение – 8,0 км³/год) с распределением по отраслям: сельское хозяйство – 15,4; промышленность – 4,0; коммунальное хозяйство – 2,2; прочие отрасли – 1,8 км³/год.

Перспективные лимиты водозабора планируется обеспечить за счет поверхностных вод – 19,8 км³/год; подземных вод – 1,5; морских вод – 1,1; прочих водоисточников – 0,9 км³/год. Рекомендуется провести в ближайшие годы реконструкцию орошаемых земель с внедрением механизированных поливов и микроорошения, обеспечив повышение КПД оросительных систем до 0,75, экономию водных ресурсов на 30%, повышение урожайности в 1,5-2,0 раза.

Рекомендуется улучшить водообеспеченность пастбищных территорий Казахстана за счет строительства искусственных водоисточников, в том числе, шахтных колодцев и водозаборных скважин. Намечается внедрить системы оборотного и замкнутого водоснабжения в водоемких отраслях промышленности и обеспечить приоритетное устойчивое водоснабжение объектов коммунального хозяйства, в том числе за счет подземных вод.

3.2 Подземный сток

3.2.1 Формирования подземного стока

Факторы формирования естественных ресурсов подземных вод, проявляющихся в качестве подземного стока, находятся на стыке двух наук –

гидрогеологии и гидрологии. Это предопределяет большую сложность и необходимость применения комплексного гидролого-гидрогеологического подхода к решению проблемы. Гидрогеологические исследования закономерностей формирования и режима подземного стока в зависимости от геологического строения, гидрогеологических условий речных бассейнов и гидрологического режима рек позволили подвести научную базу к объективному решению вопроса о количественной оценке подземного стока в реки и подняли проблему взаимосвязи подземных и поверхностных вод на новую, качественно более высокую ступень развития.

Наиболее существенными результатами исследований по проблеме взаимосвязи подземного и поверхностного стока на основе учета единства природных вод, выдвинутой в начале 40-х годов XX-го столетия академиком Ф.П. Саваренским, и выполненные Б.И. Куделиным [30] явились: разработка классификации подземного (грунтового) питания рек; становление закономерностей (динамики) подземного стока в реки из разных водоносных горизонтов, участвующих в подземном питании рек; разработка комплексного гидролого-гидрогеологического метода генетического расчленения гидрографа общего стока рек и выделение на нем подземной составляющей; разработка уравнений полного среднего многолетнего водного баланса речных бассейнов, в которых впервые в качестве члена водного баланса был введен артезианский (глубокий) подземный сток.

Выполненные работы подвели теоретическую базу к разработке учения о подземном стоке и надежные научные основы к разработке принципов региональной оценки и картированию естественных ресурсов подземных вод путем установления модуля подземного стока зоны интенсивного водообмена отдельных водоносных комплексов по их стратиграфической принадлежности для территорий развития постоянно действующей гидрографической сети, дренирующей подземные воды и имеющей гидрометрические данные по расходу рек применительно к различным особенностям физико-географических условий изучаемых территорий.

Выбор схемы расчленения гидрографов рек и выделения на них подземной составляющей производится гидрологами на основании рекомендаций гидрогеологов, основанных на учете гидрогеологического строения речных бассейнов и типов режима подземного стока в реку из водоносных горизонтов, участвующих в подземном питании рек.

Не меньшее значение придается учету физико-географических условиям, поскольку влияние физико-географических факторов на формирование подземного стока может быть столь значительным, что не всегда позволяет выявить с желаемой четкостью влияние структурно-гидрогеологического фактора. При этом не малое значение придается и пространственным закономерностям формирования поверхностного стока в речном бассейне и стока в руслах рек.

Построение всех карт подземного стока производится на гидрогеологической основе, представляющей собой карту дренирования водоносных пород, характеризующей основные особенности

гидрогеологических условий формирования подземного стока. Учет этих особенностей позволяет правильно определить на картах положение изолиний модулей, коэффициентов и других количественных показателей подземного стока и границ участков, на которые можно распространить их расчетные величины, сообразуясь при этом в первую очередь с обводненностью пород, условиями питания подземных вод и дренажаводоносных горизонтов и, в конечном итоге, выявить региональные закономерности распределения подземного стока.

В среднем многолетнем разрезе величина питания подземных вод эквивалентна подземному стоку, поэтому естественные ресурсы могут быть выражены величинами модулей, коэффициентов подземного стока и другими его количественными характеристиками.

Подземный сток, преимущественно пресных подземных вод, **приурочен к зоне интенсивного водообмена** и в районах с постоянно действующей гидрографической сетью формируется под дренирующим воздействием речных систем. Следовательно, ресурсы пресных подземных вод на большей части таких территории могут быть охарактеризованы величиной подземного стока в реки, определяемой на основе генетического расчленения гидрографа общего стока рек, и путем выделения на нем той части стока, которая формируется за счет дренирования водоносных комплексов и горизонтов.

Для аридной и полуаридной зон Казахстана, где речная сеть отсутствует или слабо развита, или реки имеют транзитный характер и не дренируют подземные воды, метод генетического расчленения гидрографа реки Б.И.Куделина для региональной оценки естественных ресурсов подземных вод применять нельзя [30, с. 22-31]. Для таких зон необходимо использовать гидрогеологические методы расчета расхода подземного потока или экспериментальные методы определения величины питания подземных вод, либо методы водного баланса.

Под естественными ресурсами подземных вод понимается обеспеченный питанием приток или отток подземных вод. Они характеризуют естественную производительность (расход) водоносных горизонтов (комплексов) или величину питания подземных вод. Естественные ресурсы возникают и непрерывно возобновляются в процессе общего круговорота влаги на Земле. В системе эксплуатации естественные ресурсы составляют наиболее важный элемент баланса, характеризующий восполнение запасов подземных вод.

Под региональной оценкой естественных ресурсов подземных вод понимается определение этих ресурсов на территории Казахстана в пределах бассейнов грунтовых и артезианских вод. При такой оценке преследуется цель получения как средней (на единицу площади), так и суммарной характеристики естественных ресурсов для бассейнов грунтовых или артезианских вод территории Республики.

Под зоной интенсивного водообмена понимается верхний ярус сравнительно неглубоко залегающих обычно пресных или солоноватых безнапорных и напорных вод, которые находятся в сфере дренирующего воздействия речных систем, озер, бессточных впадин, или разгружаются в

прибрежной зоне непосредственно в моря. Под дренирующим воздействием гидрографической сети находятся и более глубокие воды, которые обычно относят к зоне замедленного водообмена. Верхняя часть этой зоны, содержащая пресные или слабоминерализованные воды, с некоторой долей условности может быть отнесена к зоне интенсивного водообмена. Сроки возобновления вод зоны интенсивного водообмена различны, но по сравнению с более глубокими водами относительно невелики. Подземные воды этой зоны формируют подземный сток, разгружающийся в поверхностные водотоки или водоемы, а в бессточных аридных и полуаридных районах – расходуется на испарение.

Естественные ресурсы подземных вод выражаются модулем или слоем подземного стока: модуль подземного стока характеризует расход подземного потока в литрах в секунду с площади 1 км²; слой подземного стока характеризует количество воды, стекающей из водоносных горизонтов за какой-либо промежуток времени, выраженное в виде слоя, равномерно распределенного по площади (обычно миллиметры в год).

Наименьшая величина естественных ресурсов подземных вод определяется минимальным модулем (слоем) подземного стока, который обычно определяется по устойчивым зимним или летним расходам воды рек в меженьный период.

Наряду с абсолютными значениями подземный сток характеризуется относительными величинами: коэффициентом подземного стока и коэффициентом подземного питания рек. Под коэффициентом подземного стока понимается отношение величины подземного стока к величине атмосферных осадков, выпадающих за тот же период.

Для районов, где питание подземных вод связано с конденсацией и известна ее величина, последняя суммировалась с осадками. В случае участия в питании подземных вод оросительных или поверхностных вод, в расчетах коэффициента подземного стока из величины этого стока вычиталась та его часть, которая формируется за счет оросительных или поверхностных вод. В случаях невозможности таких определений коэффициент подземного стока вычислялся как отношение суммарного подземного стока к сумме осадков и конденсации. В этом случае коэффициент подземного стока может быть больше единицы.

Коэффициент подземного стока является важнейшей воднобалансовой характеристикой, показывающей, какое количество атмосферных осадков (плюс конденсация) расходуется на питание подземных вод.

Под коэффициентом подземного питания рек понимается отношение величины подземного стока к величине общего речного стока (в процентах или долях единицы), показывающее участие подземного стока в формировании общего речного стока. Эта величина имеет большое значение при изучении вопросов взаимосвязи поверхностных и подземных вод. Она вычислялась для районов, где подземный сток формируется за счет дренирования водоносных горизонтов реками.

При оценке естественных ресурсов подземных вод предпочтение отдаются среднесуточным величинам – норме подземного стока, являющейся основной устойчивой его характеристикой.

Подземные воды являются составной и неотъемлемой частью гидросферы Земли, пронизывая ее литосферу и образуя подземную гидросферу – специфическую гидрогеологическую оболочку. Следовательно, источником формирования подземных вод и динамического ее количества – подземного стока, является сама гидросфера в трех своих агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном, реализуемым как через атмосферные осадки и поверхностный сток, так и конденсацию парообразной влаги в зоне аэрации.

Основным механизмом формирования подземного стока является процесс проникновения воды на уровень подземных вод так называемой инфильтрации, представляющей собой важнейшую часть круговорота воды в природе. За многолетний период инфильтрационное питание подземных вод, как правило, характеризуется его среднесуточной величиной, которую по аналогии с осадками именуют нормой инфильтрационного питания. Именно среднесуточное инфильтрационное питание подземных вод – норма питания, составляет естественные ресурсы подземных вод. Для больших территорий это практически основная и часто единственная приходная статья водного баланса.

3.2.2 Подземный сток в реки

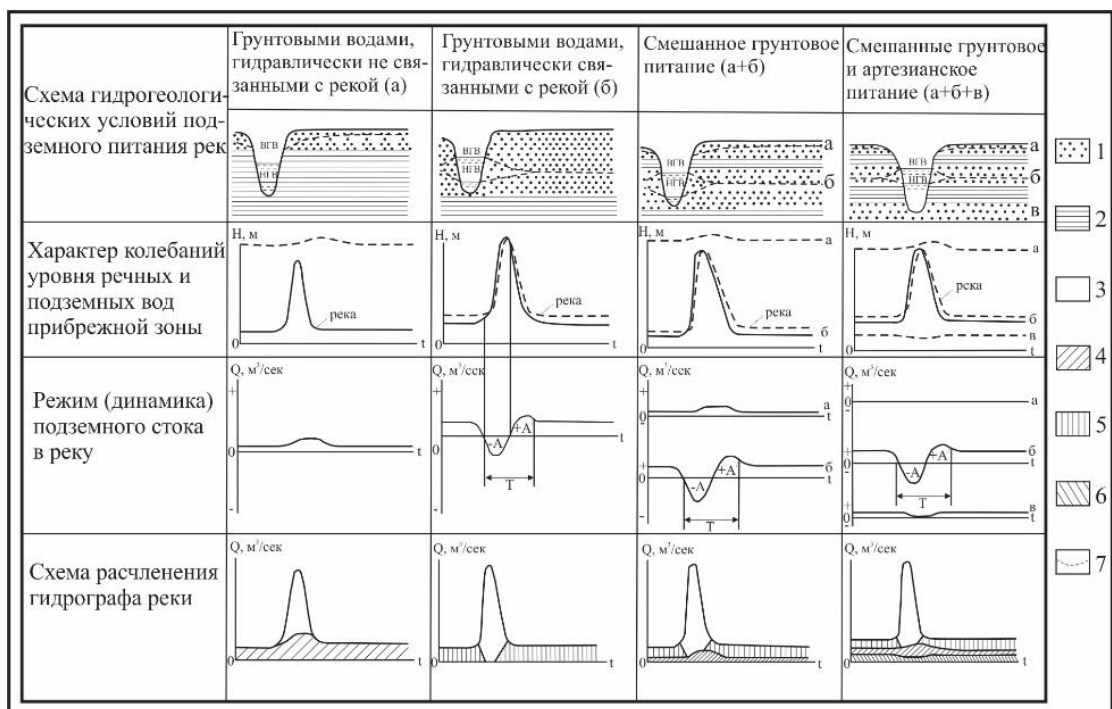
Подземное питание рек складывается из грунтового и артезианского стоков в реки. Закономерность (динамика) стока из отдельных водоносных горизонтов, дренируемых речной долиной, определяется условиями залегания и питания водоносного горизонта – грунтовой, артезианский потоки и положением мест разгрузки – выходов на дневную поверхность по отношению к урезу реки.

При изучении подземного питания рек различают: 1) водоносные горизонты, не имеющие гидравлической связи с рекой; 2) водоносные горизонты, имеющие полную гидравлическую связь с рекой; 3) водоносные горизонты, имеющие периодическую гидравлическую связь с рекой (рисунок 10).

Разнообразие указанных условий взаимосвязи водоносных горизонтов с рекой приводит к совершенно различному распределению подземного стока в реки внутри года, то есть к его разнофазности. Водоносные горизонты, не имеющие гидравлической связи с рекой (рисунок 10), для грунтовых вод обладают режимом и фазами стока, близкими к режиму и фазам поверхностного стока. Разница заключается в том, что пик подземного стока выражен менее резко, чем у речного стока, и запаздывает по сравнению с пиком половодья или паводка на реке.

Режим подземного стока в реку из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой (рисунок 10), может иметь прямо противоположную направленность фаз поверхностного и подземного стоков. Максимум

поверхностного стока соответствует минимуму подземного стока этой категории при развитии процессов берегового регулирования поверхностного стока. Гидрологическая сущность берегового регулирования состоит в том, что поверхностный сток, сформированный за счет талых вод и жидких атмосферных осадков, уже дошедших склоновым стоком до поверхностного водотока, благодаря взаимодействию с берегами и грунтовыми водами прибрежной зоны временно теряется для поверхностного стока, инфильтруясь в берега, и трансформируясь в грунтовые воды (отрицательный подземный сток), аккумулируется в берегах всю восходящую стадию половодья благодаря подпору от высоких вод в реке и вскоре после прохождения пика половодья вновь поступает в реку, увеличивая тем самым водоносность реки на спаде половодья.



1–водоносные породы; 2–водоупорные породы; 3–поверхностный сток; 4–грунтовый сток из водоносных горизонтов, гидравлически не связанных с рекой; 5–грунтовый сток из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой; 6–артезианский сток; 7–уровень подземных вод; НГВ–низкий горизонт воды; ВГВ–высокий горизонт воды; Т–время берегового регулирования поверхностного стока: $-A$ и $+A^1$ — отрицательная и положительная фазы подземного стока в период весеннего половодья

Рисунок 10 – Типовые схемы расчленения гидрографа реки в зависимости от гидрогеологических условий речных бассейнов и режима подземного стока [30, с. 22-31]

Береговое регулирование может быть представлено приближенным равенством, которое справедливо для каждого створа реки: $-A+A'\cong 0$ (A –

величина инфильтрации речных вод на единицу длины берега в восходящей стадии половодья, т.н. отрицательное подземное питание; A' – величина стока грунтовых вод в реку на единицу длины берега в нисходящей стадии половодья).

3.2.3 Типизация подземного стока

Режим подземного стока из водоносных горизонтов, имеющих периодическую гидравлическую связь с рекой: смешанный – при низких уровнях речных вод их режим соответствует режиму первой категории водоносных горизонтов, при высоких – второй. В свою очередь, напорные воды и восходящие источники, питающиеся водами глубоко залегающих артезианских водоносных горизонтов, имеют свои закономерности режима стока. Из изложенного вытекает: соотношение долей участия указанных видов подземного питания реки влияет на форму гидрографа подземного стока.

Разнофазность подземного стока в реки, обусловленная различными условиями разгрузки отдельных водоносных горизонтов, осложняется асинхронным развитием гидрологических процессов в бассейне.

Более общий случай имеет место, когда река питается и грунтовыми и артезианскими водами. Это самый общий и сложный случай гидрогеологических условий подземного питания реки.

Величина артезианского питания из водоносных горизонтов, гидравлически не связанных с рекой, т.н. открытый артезианский сток устанавливается по материалам наблюдений за дебитом восходящих родников. По этим данным – суммарному дебиту родников – выделяется артезианское питание на гидрографе реки.

Артезианское питание из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой, в подавляющем большинстве случаев представляют собой т.н. закрытый артезианский сток, поскольку разгрузка в реку напорных вод происходит через верхний водоносный горизонт путем т.н. перетекания. В большинстве случаев им является безнапорный водоносный горизонт, приуроченный к аллювиальным отложениям (хотя это и не обязательно), выстилающим русла и низкие части речных долин, в пределах которых, как правило, и создаются гидравлические условия разгрузки артезианских вод. В этом случае артезианские воды вместе с аллювиальными водами представляют единый гидравлический комплекс.

Являясь одним из источников питания аллювиальных вод, артезианские воды разгружаются в реку вместе с потоком грунтовых вод, подчиняясь его режиму стока в реку, и учитываются вместе с грунтовым стоком в реку.

3.2.4 Инфильтрационное питание подземного стока

Водобалансовые процессы речного бассейна определяются комплексом факторов: метеорологических, ландшафтных и гидролого-гидрогеологических, которые в совокупности определяют региональную пространственно-временную изменчивость инфильтрационного питания и естественных

ресурсов подземных вод. Главенствующими факторами формирования инфильтрации являются:

- Ландшафтные: характер поверхности (лес, степь, пустыня, акватория, урбанизированная территория и другие);
- Литологический состав почвенного покрова: песчано-супесчаный, супесчано-легкосуглинистый, суглинистый;
- Рельеф: водораздел, склон долины (экспозиция: северная, южная);
- Строение зоны аэрации: дисперсные породы (пески, супеси, суглинки, глины); скальные породы;
- Гидрогеологические – глубина УГВ (z): 0-1 м (пойма); 1-3 м (терраса); 3-5 м (склон); >5 м (водораздел);
- Метеорологические: осадки, температура, влажность, солнечная радиация.
- Условия дренирования.

Водно-балансовая роль почвы определяется ее фильтрационными и емкостными (водоудерживающими) свойствами, зависящими, главным образом, от ее литологического состава, что позволяет интегрально учитывать природное многообразие типов почвы.

Гидрогеологическими факторами, определяющими процессы формирования инфильтрационного питания, являются состав и строение верхней части зоны аэрации, а также глубина уровня грунтовых вод [31].

Влияние микроландшафтных условий на отдельные элементы водного баланса, их генеральные различия, определяющие средне- и мелкомасштабную неоднородность инфильтрационного питания как ресурсообразующего фактора, прослеживаются на макроуровне, определяющем характер поверхности, тип растительности и степень закрытости ландшафта.

3.2.5 Ландшафтная зональность инфильтрационного питания подземного стока Казахстана

Проблема природной (географической) зональности была впервые рассмотрена в начале прошлого века немецким ученым А. Гумбольдтом, исследовавшим феномены живой природы в их взаимодействии с окружающей средой в различных областях земного шара. А. Гумбольдт фиксировал наличие определенных закономерностей в смене типов живого покрова Земли, обусловленных в первую очередь климатическими изменениями и приводящих к формированию природных зон; он отметил периодическое повторение в пространстве природных явлений, составляющих феномен зональности; обосновал существование высотной поясности.

В конце 90-х годов 19-го столетия появилось учение В.В. Докучаева о природных зонах. Был сформулирован и обоснован всеобщий географический закон географической зональности, согласно которому вся ландшафтная сфера и океанические пространства Земли имеют зональное строение, многие проявления человеческой жизни подчиняются зональному распределению, а зональность – это глобальное и универсальное свойство эволюционирующей

земной поверхности. Учение В.В. Докучаева коренным образом повлияло на дальнейшее развитие физической географии.

В физической географии идеи В.В. Докучаева и вопросы географически обусловленного взаимодействия природных компонентов попали в сферу экологии с составлением ряда схем идеального континента, фиксирующих зональные закономерности распределения растительного покрова в зависимости от значений гидротермических параметров.

Наиболее известен гидротермический коэффициент Т.Г. Селянинова, являющийся характеристикой увлажненности территории – ее влагообеспеченности:

$$K = \frac{10R}{\sum t}, \quad (2)$$

где, R – сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше 10^0 , $\sum t$ – сумма температур в градусах за то же время. Так, северная граница степной полосы совпадает с изолинией $K=1$, а северная граница полупустыни – с изолинией $K=0,5$, то есть, чем ниже ГТК, тем засушливее местность.

Засушливость местности характеризуется также радиационным индексом сухости М.И. Будыко, показывающим какая доля остаточной радиации затрачивается испарение:

$$R_i = \frac{R}{L_r}, \quad (3)$$

где, R_i – радиационный индекс сухости, R – величина радиационного баланса, сумма тепла L_r , необходимого для испарения осадков за год (L – скрытая теплота парообразования). Если тепла меньше, чем требуется для испарения годовой суммы осадков, увлажнение будет избыточным. При $R_i=0,45$ увлажнение избыточное; при $R_i=0,45-1,00$ увлажнение достаточное; при $R_i=1,00-3,00$ увлажнение недостаточное.

Широтная зональность выражается в последовательной, географически обусловленной смене типов природных комплексов (ландшафтов, геосистем, экосистем) и компонентов природной среды (климат, четвертичные отложения, коры выветривания, почвы, растительность, животный мир, поверхностные и подземные воды) по широтному градиенту. В горных странах аналогом зональности ландшафтов выступает высотная поясность.

Ведущим фактором зональности на глобальном уровне является неравномерность поступления солнечной радиации на земную поверхность, что обусловлено шарообразной формой Земли, вращением ее вокруг своей оси и наклоном оси к плоскости эклиптики. Термически однородные области земного шара выделяются в широтные пояса (синонимы – географические, физико-географические, климатические пояса), которых насчитывается 13: 1 – экваториальный, 2 – субэкваториальных, 2 – тропических; 2 – субтропических, 2 – умеренных, 2 – субполярных, 2 – полярных.

Зональная дифференциация ландшафтов происходит за счет изменений термического режима совместно с режимом увлажнения – гидротермического

режима. Их отношение становится основным фактором возникновения природных зон. При этом разности режима увлажнения происходят, в первую очередь, из термической неоднородности Земли и также подчиняются зональному распределению.

Количество выпадающих осадков без учета ландшафтных условий – величина абстрактная, потому что она не определяет условий увлажнения территории. Так, в тундре Ямала и полупустынях Прикаспийской низменности выпадает одинаковое количество осадков – около 300 мм, но в первом случае увлажнение избыточное, велика заболоченность, во втором – увлажнение недостаточное, растительность здесь сухолюбивая, ксерофитная.

Под увлажнением территории понимают соотношение между количеством атмосферных осадков (R), выпадающих в данной местности, и испаряемостью (E_n) за один и тот же период (год, сезон, месяц). Такое отношение, выраженное в процентах, или в долях от единицы, именуют коэффициентом увлажнения Г.Н. Высоцкого — Н.Н. Иванова $K_{yg}=R:E_n$, показывающим либо избыточное увлажнение ($K_{yg}>1$), если осадки превышают возможное при данной температуре испарение, либо различные степени недостаточного увлажнения ($K_{yg}<1$), если осадки меньше испаряемости (в лесостепи 0,6-1,0; в полупустыне 0,1-0,3; в пустыне меньше 0,1). Коэффициент увлажнения Г.Н. Высоцкого — Н.Н. Иванова является величиной, обратной радиационному индексу сухости М.И. Будыко.

Характер увлажнения, то есть соотношение тепла и влаги в атмосфере, – основная причина существования природно-растительных зон на Земле.

По гидротермическим условиям выделяют несколько типов территорий:

1. Территории с избыточным увлажнением – K_{yg} больше 1, то есть 100-150%. Это зоны тундр и лесотундр, а при достаточном количестве тепла – леса умеренных, тропических и экваториальных широт. Такие переувлажненные территории известны как гумидные, а заболоченные – экстрагумидные.

2. Территории оптимального (достаточного) увлажнения – это узкие зоны, где K_{yg} около 1 (примерно 100%). В их пределах наблюдается соразмерность между суммой осадков и испаряемостью. Это узкие полосы широколиственных лесов, редкостойные переменновлажные леса и влажные саванны. Условия здесь благоприятны для произрастания мезофильных растений.

3. Территории умеренно-недостаточного (неустойчивого) увлажнения. Выделяют разные степени неустойчивого увлажнения: территориям с $K_{yg} = 1-0,6$ (100-60%) свойственны луговые степи (лесостепи) и саванны, с $K_{yg} = 0,6-0,3$ (60-30%) – сухие степи, сухие саванны. Им свойственен сухой сезон, что затрудняет сельскохозяйственное освоение из-за частых засух.

4. Территории недостаточного увлажнения. Выделяют аридные зоны с $K_{yg} = 0,3-0,1$ (30-10%), здесь типичны полупустыни, и экстрааридные зоны с K_{yg} менее 0,1 (менее 10%) – пустыни.

Природные зоны – гидротермически и геотипологически обусловленные зоны одного типа климата, растительности, почв, водного режима и так далее (что не исключает возможности наличия других типов, но преобладающим

является один) однородные области земной поверхности, закономерно сменяющие друг друга по географическому градиенту.

Более трети территории Казахстана относится к горным областям (Мугоджары, горы Жонгарии и Тянь-Шаня, Центрального Казахстана, Саур-Тарбагатая, Алтай), природные комплексы которых в своем распространении подчиняются как широтной зональности, так и высотной поясности. Каждая горная страна имеет свой специфический набор высотных поясов, что зависит от ее положения в системе широтной зональности (в первую очередь), от ориентации относительно основных путей воздухопереноса, экспозиции макросклонов, высоты над уровнем моря, истории формирования. Здесь аналогия с широтной зональностью проявляется в закономерной смене высотных поясов снизу-вверх в соответствии с изменениями температурных и влажностных характеристик. Чем ниже географические широты горной страны и чем выше ее абсолютные высоты, тем богаче и своеобразнее спектр высотной поясности. Наряду с природной зональностью в ландшафтной оболочке закономерно обнаруживаются азональные явления, частные случаи которых – секторность, интразональность, экстразональность [7, с.118-121].

Секторная дифференциация земной поверхности наблюдается из-за различий в геологическом фундаменте, что лежит в основании выделения единых по генезису ландшафтных провинций и подпровинции.

Явление интразональности объясняет происхождение природных комплексов, не имеющих строгой зональной и региональной приуроченности, ведущими факторами развития которых служат геоморфологические, литологические и гидрологические особенности земной поверхности – классическими примерами которых являются природные комплексы речных долин, переувлажненных междуречий, зандровых и эоловых поверхностей.

Экстразональность – достаточно редкое явление в подземной гидросфере, имеет островное распространение в качестве реликтов прошедших плювиальных климатических эпох – например, линзы пресных подземных вод в пустынях.

Ландшафты равнинного и горного Казахстана по своей структуре, свойствам, особенностям функционирования и развития различны и многообразны. На основе морфоструктурных и биоклиматических признаков четко выделяются классы, подклассы, типы, подтипы и виды ландшафтов. В основу выделения таксономических единиц природно-территориальных комплексов положены морфоструктурные и биоклиматические признаки [7, с.118-121].

Класс ландшафтов – высшая классификационная единица, объединяющая природно-территориальные комплексы с одинаковыми морфоструктурными особенностями. Соответственно двум типам морфоструктур – платформенному и орогенному, выделяются два класса ландшафтов: равнинный и горный. По особенностям дифференциации рельефа внутри указанных морфоструктур выделяются подклассы природно-территориальных комплексов: низменно-равнинный, возвышенно-равнинный, мелкосопочно-равнинный – в классе

равнинных ландшафтов; предгорный, низкогорный, среднегорный, высокогорный, внутригорных и межгорных впадин – в горном классе.

Тип и подтип ландшафтов выделены по особенностям биоклиматических показателей, главным из которых является соотношение тепла и влаги, определяющее тип почвообразования и характер растительного покрова. Равнинный класс природно-территориальных комплексов включает следующие типы и подтипы: лесостепной с подтипами южной и нетипичной лесостепи: степной с подтипами северных и южных степей; полупустынный и пустынный. В горном классе выделены нивальный, горно-луговой, лесной, лесостепной, степной, полупустынный и пустынный типы ландшафтов.

В зависимости от местных физико-географических условий и процессов, связанных с характером геологического строения, проявлением новейших тектонических движений, особенностями рельефа, почвенно-растительного покрова, внутри типов (подтипов) выделены виды ландшафтов. Разнообразие природных условий Республики Казахстан обусловило развитие большого числа видов ландшафтов, как в пределах равнин, так и гор. На территории республики выделен 201 вид ландшафтов, причем преобладают аридные природно-территориальные комплексы - более 50%. Каждый вид ландшафта отличается особенностями рельефа, литологии пород, почв, растительности, зональными и а зональными признаками, возможностями хозяйственного использования.

В современной ландшафтной структуре Республики Казахстан четко выражена широтная дифференциация типов ландшафтов, что связано с большой протяженностью территории в меридиональном направлении. С севера на юг увеличивается количество солнечного тепла и одновременно уменьшается атмосферное давление, соответственно этому меняется и почвенно-растительный покров. Тесная взаимосвязь и взаимообусловленность природных факторов приводят к обособлению разнообразных типов ландшафтов: лесостепных на севере, степных и сухостепных на юге.

Лесостепной тип ландшафтов характерен для крайнего севера равнины и центральной части левобережья р. Ертис. Здесь, на бессточной равнине, расчлененной многочисленными озерами и мелкими западинами, лесные массивы чередуются со степями. Эта часть наиболее увлажненная. По сравнению с другими на ней в год выпадает около 300 мм осадков, большая часть их приходится на теплый период. Средняя июльская температура воздуха составляет $19,9^{\circ}\text{C}$, января - минус $19,4^{\circ}\text{C}$. Продолжительность безморозного периода 99 дней. Сумма положительных температур (выше 10°C) за вегетационный период составляет 2202°C , гидротермический коэффициент Т.Г. Селянинова – $K_{\text{ГТ}} = 0,9$.

В озерно-аллювиальных равнинах по понижениям и западинам распространены природные комплексы березовых и березово-осиновых колок на черноземах обыкновенных; для водораздельных поверхностей характерны богато-разнотравно-морковниково-красноковыльные степи на южных

малогумусных черноземах. По окраинам колок распространены остепненные разнотравно-злаковые луга на лугово-черноземных почвах.

На эоловой дюнно-бугристой равнине выделяются повышенные участки дюн с сосновыми лесами и остепненными злаково-разнотравными лугами на малогумусных дерновых слабоподсоленных почвах, плоские понижения или слабоволнистые междюнные пространства с типчаково-песчано-ковыльной растительностью на каштановых почвах. Часто встречаются заболоченные понижения с сосново-березовым редколесьем и кострово-лисохвостно-осоковыми лугами на лугово-каштановых почвах; природные комплексы плоских низин с близким стоянием грунтовых засоленных и содовых вод с вострещовыми, волоснецовыми лугами и полынно-типчаковыми и камфоросмовыми группировками на солонцах и солончаках.

Степной тип ландшафтов формируется на озерно-аллювиальной плоской или слабоволнистой равнине на абсолютных высотах от 110 до 150 м. Равнина сложена мощными неогеновыми глинами и песками, перекрытыми в левобережной части лёссами, лессовидными супесями и суглинками мощностью от 10 до 20 м, а на правобережье – песками Ертисской аллювиальной равнины мощностью до 20 м и на востоке правобережья – супесями и суглинками от лессовидных до тяжелых.

Количество осадков в ландшафтах степей колеблется от 259 до 277 мм в год. Суммы температур, за период с температурой выше 10°C , составляют в среднем $2285,0^{\circ}\text{C}$, средняя температура января равна минус $18,6^{\circ}\text{C}$, а июля плюс $20,2^{\circ}\text{C}$, продолжительность безморозного периода 89 дней, значение гидротермического коэффициента колеблется от 0,7 до 0,8.

Южностепной тип ландшафта формируется на аллювиальной, озерно-аллювиальной равнине и в пределах озерных террасированных котловин, в геологическом строении которых участвуют глины неогена, палеогена, перекрытые суглинками, супесями и песками антропогена. Абсолютные высоты здесь колеблются от 100 до 150 м.

Характерными элементами рельефа являются увалы с относительной высотой от 15 до 25 м, котловины неглубоко врезанных соленых озер, плоские пологие понижения с глубиной вреза от 1 до 3 м. В климатическом отношении эти ландшафты относятся к территориям, недостаточно обеспеченным осадками. Здесь выпадает в год в среднем около 250 мм осадков, причем за теплый период их сумма не превышает 153 мм. Средняя температура января минус $18,6^{\circ}\text{C}$. Средняя температура июля плюс $20,8^{\circ}\text{C}$ и плюс $21,2^{\circ}\text{C}$. Продолжительность безморозного периода 107 дней. Суммы температур, за период с температурой выше 10°C , составляют 2377°C и 2486°C . Гидротермический коэффициент 0,6.

Полупустынный тип ландшафтов формируется на размытой поверхности неогенового плато высотой от 100 до 320 м, расчлененной долинами рек Торғай, Олькейек, Ыргыз и их притоками, в условиях дифференцированных неотектонических движений сформировались ландшафты относительно опущенных и приподнятых пластовых равнин, а также столовых плато. Литогенную основу ландшафтов образуют в основном песчано-глинистые

отложения палеогена и неогена. Литологические особенности пород, характер залегания в условиях засушливости климата (коэффициент увлажнения не превышает 0,3) оказывают решающее влияние на дифференциацию ландшафтов и их морфологическую структуру.

Пустынный тип ландшафтов доминирует, в нем четко обособляются ландшафты приподнятых плато южной части Торгайской столовой страны, Северного Приаралья, ландшафты относительно опущенных равнин Восточного Приаралья и формирующиеся первичные ландшафты осушенного дна Аральского моря. Количество атмосферных осадков в ландшафтах пустынь не превышает 120-150 мм/год. Исключение представляет Прикаспийская низменность, где это значение достигает 150-180 мм/год. Пустыни Казахстана отличаются сухим жарким летом и холодной малоснежной зимой. Суммы температур за период с температурами выше 10⁰С колеблются в пределах от 31,00⁰С до 40,00⁰С и более. Лето отличается высокими температурами. Средняя июльская температура колеблется от 23⁰С-25⁰С на севере до 30⁰С на юге пустынной зоны. Наиболее холодный месяц - январь со средней температурой от минус 5⁰С до минус 15⁰С, реже - до минус 20⁰С. Характерной особенностью пустынной зоны является ее бессточность.

Горный тип ландшафтов занимает 17% от площади Казахстана и отличается большим разнообразием. Его структура определена следующими факторами: положением гор в аридной зоне внутриконтинентальных пустынь, абсолютной высотой горных массивов (до 7000 м), широтным или субширотным простираем. Эти факторы способствовали формированию определенного спектра высотной поясности ландшафтов. В горный тип ландшафтов включены ландшафты хребтов, предгорных, внутригорных и межгорных впадин. Они формировались в орогенных морфоструктурах, качественно отличных от платформенных, и представляют целостную природную систему, равнозначную классу равнинных ландшафтов.

Разностороннее антропогенное воздействие на природу приводит к существенным изменениям облика природных зон. Исчезают ландшафты степей, коренные лесные ландшафты заменяются производными, осушаются болота, орошаются пустыни и так далее. В то же время типы воздействий и реакции геосистем на них в каждой природной зоне имеют свою специфику, на них соответственно распространяется закон географической зональности, и в этом его огромное прикладное значение. Так, установлены и исследованы зональные закономерности изменения геосистем при пастбищной дигрессии под действием земледелия, при восстановительных сукцессиях. Адаптивные возможности зональных геосистем различны и это требует разработки зонально дифференцированных стратегий природопользования и охраны природы.

3.2.6 Методы оценки инфильтрационного питания

Состояние и проблемы. Для верхней гидрогеодинамической зоны интенсивного водообмена инфильтрационное питание (ИП) подземных вод, под которым понимается процесс поступления атмосферной влаги на свободную поверхность грунтовых вод, является основной составляющей

естественных ресурсов подземных вод (ЕРПВ) – обеспеченного суммарным питанием среднесуточного расхода подземного потока. Формирование ИП и ЕРПВ в этих условиях определяется водно-балансовыми процессами на поверхности суши и всего речного бассейна в целом. Прикладное значение изучения ИП и ЕРПВ связано, прежде всего, с анализом перспектив использования подземных вод для водоснабжения и оценкой их эксплуатационных запасов.

Методы оценки можно разделить на региональные (площадные) и локальные (точечные). Первую группу образуют методы: балансовый - решение дифференциального уравнения водного баланса; гидролого-гидрогеологический – метод генетического расчленения гидрографа реки; гидрогеодинамический – решение обратных задач геофильтрации. Все эти методы имеют ряд известных ограничений, лимитирующих их практическое использование.

Основные проблемы определения ИП гидрогеодинамическим методом связаны с неопределенной погрешностью оценки геофильтрационных параметров.

Региональные методы, как правило, позволяют оценить лишь интегральные величины ИП и ЕРПВ, не отражая площадную неоднородность ИП, связанную с различием ландшафтных условий в границах речного бассейна, а также внутригодовую (сезонную) динамичность его формирования.

Локальные методы оценки инфильтрационного питания представлены экспериментальными (лизиметрическими, изотопными, тензиометрическими, влажностными, гидрогеотермическими) исследованиями, методами расчетов влагопереноса в зоне аэрации, а также расчетами инфильтрационного питания по данным режимных наблюдений за уровнями подземных вод в скважинах. Все они характеризуют величину инфильтрационного питания непосредственно на участке проведения эксперимента в связи с чем возникает объективная сложность, ограниченность, либо проблематичность их использования для региональной оценки естественных ресурсов подземных вод, а также расчетов среднесуточных обеспеченных величин ресурсов подземных вод территорий.

В 70-х годах прошедшего столетия бурно разрабатывались физико-математические методы и модели, связывающие в той или иной форме процессы водообмена в системах атмосфера – ландшафт – поверхностные и подземные воды в почвоведении, гидрологии, метеорологии и др. В гидрогеологических исследованиях такие методы и модели впервые использованы И.С. Пашковским [31, с. 14]. Однако принципы построения таких моделей, их структура, содержание отдельных блоков и методика использования геогеологического моделирования применительно к различным масштабам и практическим задачам оценки ресурсов подземных вод зоны интенсивного водообмена разработаны недостаточно. Также требует решения и проблема параметрического обеспечения отдельных блоков геогеологической модели для задач средне- и мелкомасштабной оценки

ресурсов подземных вод, что на сегодняшний момент, во многом, ограничивает их практическое использование [32].

III подземных вод за счет атмосферных осадков является сложным процессом, зависящий от множества факторов, одним из которых является строение и состав зоны аэрации. Свойства пород и строение зоны аэрации определяют процессы впитывания влаги, ее продвижения с поверхности до уровня грунтовых вод с учетом испарения и водопотребления корнями растений (транспирации).

Основным механизмом восполнения естественных ресурсов подземных вод и формирования подземного стока является процесс проникновения воды на уровень подземных вод – инфильтрация, представляющая собой важнейшую часть круговорота воды в природе.

Процесс просачивания атмосферных осадков и поверхностных вод в горные породы и почву по капиллярным и субкапиллярным порам, трещинам других пустот и движение этой гравитационной влаги от поверхности Земли через зону аэрации до уровня грунтовых вод достаточно сложен и многогранен.

Прежде всего, различают инфильтрацию свободную и нормальную. Свободная инфильтрация – нисходящее движение воды в виде отдельных струй под действием силы тяжести и частично капиллярных сил по трещинам или каналам. Нормальная инфильтрация – движение воды через поры пород зоны аэрации под действием разности напоров. Движение инфильтрационной влаги является ламинарным и подчиняется закону Дарси. При наличии гидравлической связи в зоне аэрации инфильтрующаяся вода достигает зеркала грунтовых вод, при отсутствии – образуется подвешенная влага, отделенная от зеркала грунтовых вод и капиллярной каймы сухим ("мёртвым") горизонтом. Подвешенная влага расходуется на транспирацию и испарение и не участвует в питании подземных вод.

3.2.7 Уравнение водного баланса зоны аэрации

Уравнение зоны неполного насыщения и инфильтрационного питания подземных вод – зоны аэрации, следует записать в виде [32, с. 1-15; 33]

$$P = S + U + O_s + E_s + E_p + T + Q \quad (4)$$

где P – атмосферные осадки; S – поверхностный, склоновый сток (формирует речной сток – избыток влаги, не впитавшийся в почву; основной объем поверхностного стока формируется в период весеннего половодья; минимальный объем поверхностного стока устанавливается, как правило, в зимнюю межень и характеризует подземный сток); U – инфильтрационное питание подземных вод (поступление воды на уровень подземных вод, обеспечивающее подземный сток и формирование естественных ресурсов подземных вод); O_s – впитывания влаги в почву (на суглинистых почвах – независимо от ландшафта, затрудненные условия впитывания влаги способствуют образованию поверхностного стока круглый год, а доля

весеннего стока достигает 50%, в то время как на песчаных почвах она может достигать 90% суммы снегозапасов и жидких осадков); E_s – испарение из почвы; E_p – испарение с поверхности почвы; T – транспирация; Q – конденсация влаги (преимущественно капиллярная конденсация пара в капиллярах и микротрещинах пористых тел или в промежутках между тесно сближенными твёрдыми частицами; обусловлена тем, что равновесное давление водяного пара над вогнутой поверхностью жидкости в капиллярах, содержащих жидкую, смачивающую, фазу воды, ниже, чем над плоской поверхностью).

За многолетний период инфильтрационное питание, осуществляющееся атмосферными осадками и обеспечивающее восполнение естественных ресурсов подземных вод, характеризуется его среднемноголетней величиной, которую по аналогии с осадками именуют нормой инфильтрационного питания. Именно среднемноголетнее инфильтрационное питание подземных вод, в качестве нормы питания, обеспечивает формирование ежегодного восполнения естественных ресурсов подземных вод.

В связи с сбалансированностью приходной и расходной статьи баланса за многолетний период в естественных условиях суммарное питание подземных вод равно их суммарной разгрузке, следовательно, суммарное питание подземных вод может быть определено по сумме расходных элементов их баланса: физического испарения и транспирации, родникового стока, разгрузки в поверхностные водотоки и водоемы и оттока в смежные гидрогеологические системы. Поэтому, в практике расчленения гидрографа рек суммарное питание – приходная часть баланса, определяют по расходной статье баланса – подземному стоку в реки [31, с. 25].

Поскольку не вся вода, поступающая путем инфильтрации в подземные воды, разгружается в реки, оцененная таким образом величина, как правило, бывает меньше, чем суммарное питание. Это связано с тем, что подземные воды частично разгружаются за счет суммарного испарения: физического и биологического (транспирация), наиболее интенсивного в пределах пониженных участков территории (поймы рек, межбарханные понижения, приозерные и приморские котловины и др.), а также, частично, перетекают в вышележащие или глубокозалегающие водоносные горизонты и разгружаются за пределами территории их питания.

Воднобалансовые процессы речного бассейна определяются комплексом факторов: метеорологических (осадки, температура, влажность, солнечная радиация), ландшафтных (лес, степь, пустыня, акватория, урбанизированная территория) и гидролого-гидрогеологических (рельеф, строение зоны аэрации, литологический состав пород, глубина уровня грунтовых вод, условия дренирования), которые в совокупности определяют региональную пространственно-временную изменчивость инфильтрационного питания и восполнения естественных ресурсов подземных вод [32, с. 1-15].

Методы оценки инфильтрационного питания и естественных ресурсов подземных вод включают региональные и локальные. Первую группу

составляют методы: балансовый – решение дифференциальное уравнения водного баланса; гидролого-гидрогеологический – метод генетического расчленения гидрографа реки; гидрогеодинамический – решение обратных задач геофильтрации, гидрогеологического моделирования [32, с. 1-15].

Использование гидролого-гидрогеологического метода подразумевает условия полного дренирования разреза, что существенно ограничивает возможность использования гидрологической информации по речным бассейнам с площадью <5 тыс.км² [31, с.65; 32, с.1-15]. Основные погрешности воднобалансового метода определения инфильтрационного питания связаны с учетом и расчетами эвапотранспирации.

Основные проблемы определения инфильтрационного питания гидрогеодинамическим методом связаны с неопределенной погрешностью оценки геофильтрационных параметров.

Региональные методы, как правило, позволяют оценить лишь интегральные величины инфильтрационного питания и естественных ресурсов подземных вод, не отражая территориальную неоднородность инфильтрационного питания, связанную с различием ландшафтных условий в границах речного бассейна, а также внутригодовую динамичность его формирования.

Локальные методы оценки инфильтрационного питания представлены экспериментальными – лизиметрическими, изотопными, тензиометрическими, влажностными, гидрогеотермическими методами расчетов влагопереноса в зоне аэрации, а также расчетами инфильтрационного питания по данным режимных наблюдений за уровнями подземных вод в скважинах. Все они характеризуют величину инфильтрационного питания непосредственно на участке проведения эксперимента и в связи с этим возникает объективная сложность, ограниченность, либо проблематичность их использования для оценки восполнения естественных ресурсов подземных вод для обширных территорий.

В целях преодоления и исключения недостатков вышеуказанных методов региональной оценки инфильтрационного питания подземных вод, характеризующего их естественные ресурсы, целесообразно использовать методы моделирования формирования водного баланса на поверхности земли и в зоне аэрации на основе геогидрологических моделей обеспечивающих, по сути, комплексный подход, объединяющий балансовый, гидролого-гидрогеологический и гидродинамический методы. Это позволяет избежать ограничений использования каждого из них в отдельности [32, с. 1-15].

3.2.8 Дифференцированное уравнение водного баланса суши

Уравнение является основой осуществленной оценки естественных ресурсов подземных вод – обеспеченного суммарным питанием среднемноголетнего расхода потока подземных вод зоны интенсивного водообмена шести главных речных бассейнов гидрографической сети Казахстана [34] и отображает глобальный биогидрологический цикл

круговорота вещества биогидросферы (части биосферы В.И. Вернадского) под влиянием энергии Солнца и жизнедеятельности биогеоценозов:

$$P = S + U + E = S + U + N + T = R + E, \quad (5)$$

где P – атмосферные осадки, S – поверхностный речной сток, U – подземный сток (наиболее устойчивая часть общего речного стока $R = S + U$), $E = (N + T)$ – эвапотранспирация (N – испарение с почвы или физическое испарение, T – транспирация растений или биологическое испарение) [35].

Дифференцированное уравнение водного баланса при учете ледникового стока L , стока подземных вод в моря вдоль береговой линии U_1 , конденсации влаги из атмосферы Q (части атмосферной влаги $P:Q=mP$, где $m \ll 1$) и сублимации J , приобретает универсальный вид:

$$P = R + E + L + U_1 + Q + J, \quad (6)$$

Уравнение водного баланса позволяет также раскрыть литологическое звено круговорота воды – гидрологических процессов, связанных с геологическим субстратом, прежде всего, почвой.

Действительно, из уравнения водного баланса следуют важные гидролого-гидрогеологические и биогеоценозические соотношения [35, с. 110]:

$$W = P - S = U + E; K_U = U : W; K_E = E : W; K_P = U : P; K_R = U : R, \quad (7)$$

где, W – валовое увлажнение почвы, характеризующее количество атмосферных осадков, профильтровавшееся в почву и расходуемое на восполнение естественных ресурсов подземных вод, последующее питание рек подземным стоком, физическое испарение и транспирацию (валовое увлажнение территории, кроме расхода дождевых и снеговых вод на инфильтрацию почвенным покровом, включает также испарение с водной поверхности – испаряемость и испарение воды, смачивающей растения; эти два источника расходования осадков существенны в районах с большим распространением озер и лесов; в степной и лесостепной зонах валовое увлажнение территории практически соответствует расходованию воды на увлажнение почвенного покрова); $K_U = U:W$ – коэффициент питания рек подземными водами (доля инфильтрации, формирующая подземный сток в реки); $K_E = E:W$ – коэффициент испарения (доля инфильтрации или валового увлажнения почвы, затраченная на эвапотранспирацию); $K_R = U:R$ – отношение величины подземного стока к величине общего речного стока, то есть доля подземного стока в общем речном стоке (вычисляется для районов, где подземный сток формируется за счет дренирования водоносных горизонтов реками); $K_P = U:P$ – коэффициент подземного стока (отношение величины подземного стока к величине атмосферных осадков, выпадающих за тот же период [36].

Коэффициенты K_U и K_E показывают соотношение двух составляющих валового увлажнения почвы: сумма коэффициентов питания (инфильтрации) K_U и испарения K_E согласно приведенным выше соотношениям элементов водного баланса равна единице: $K_U + K_E = 1$.

Валовое увлажнение территории, кроме расхода дождевых и снеговых вод на инфильтрацию почвенным покровом, включает также испарение с водной поверхности – испаряемость и испарение воды, смачивающей растения. Эти два источника расходования осадков существенны в районах с большим распространением озер и лесов. В степной и лесостепной зонах валовое увлажнение территории практически соответствует расходованию воды на увлажнение почвенного покрова.

Для снижения величин невязок баланса и достижения достоверной оценки восполнения ресурсов подземных вод в речном бассейне обратимся к анализу дифференцированного уравнения водного баланса на поверхности суши в период зимней межени, когда поверхностный сток принимает минимальное значение S_{min} и формируется исключительно за счет подземного стока $U_{меж} = S_{min}$ и эвапотранспирации $E_{меж}$ зимнего меженного периода. С этой целью преобразуем уравнение:

$$R = 2S_{min} + E_{меж} = 2U_{меж} + E_{меж}, \quad (8)$$

отсюда следует

$$S_{min} = U_{меж} \quad (9)$$

Следовательно, среднемноголетнюю величину эвапотранспирации $E_{см}$ в период зимней межени можно получить на основе среднемноголетних данных $R_{см}$ и $S_{см}$, поддающихся расчетам по среднемноголетним данным гидрологического мониторинга:

$$E_{см} = R_{см} - 2S_{см} = R_{см} - 2U_{см}, \quad (10)$$

при условии

$$U_{см} : R_{см} = 0,5; \text{ то есть } R_{см} = 2U_{см}, \quad (11)$$

имеет

$$E_{см} = 0, \quad (12)$$

поскольку в период зимней межени физическое испарение (преимущественно путем сублимации) и транспирация принимают минимальные значения [37-39].

Итак, доля среднемноголетней величины меженного стока зимнего периода – подземного стока в реку $U_{см}$, в среднемноголетней величине речного стока $R_{см}$ не превышает 50%:

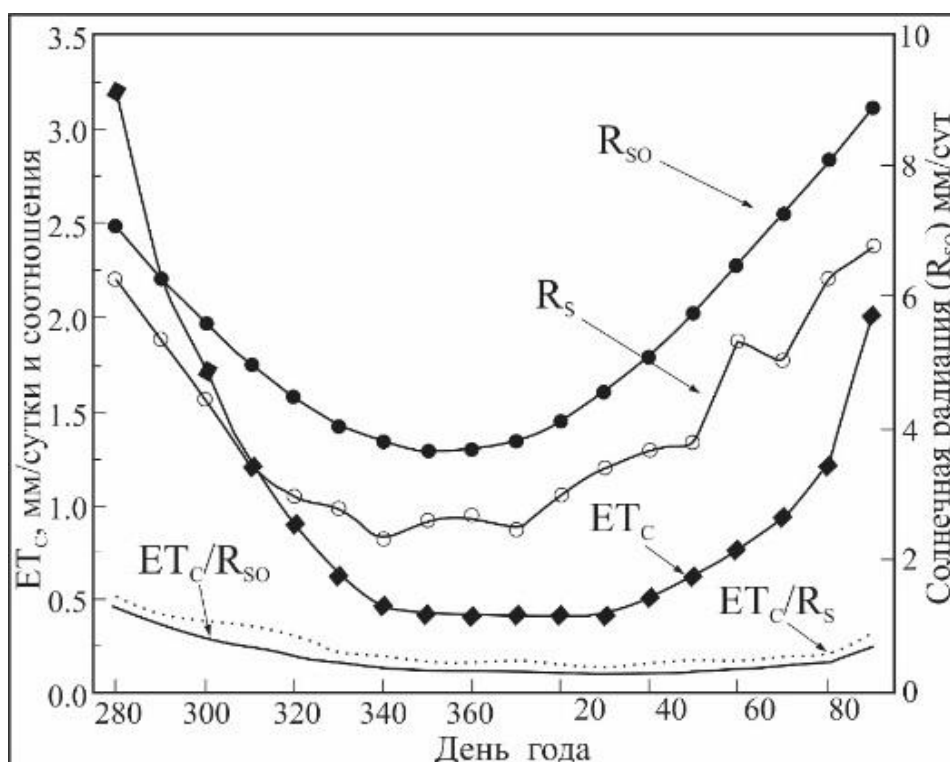
$$U_{см} : R_{см} \leq 0,5 \quad (13)$$

Отметим, однако, случаи

$$U_{см} : R_{см} \geq 0,5, \quad (14)$$

отмеченные в бассейнах рек горных территорий Тянь-Шаня и Жонгарии, а также Памира, Камчатки [36, с. 121; 38, с. 47-57], что, вероятно, связано с ледниковым питанием стока этих рек и процессами конденсации, что и подтверждается максимальными значениями коэффициента подземного стока $K_{nc} = U_{cm} : P_{cm} \geq 0,5$ [36, с. 121].

Можно принять в качестве предельного условия, что имеет место в действительности (рисунок 11).



ET_c – эвапотранспирация в стандартных условиях, R_s – солнечная коротковолновая радиация, R_{so} – солнечная коротковолновая радиация при чистом небе

Рисунок 11 – Эвапотранспирация зимнего периода (штат Айдахо, 1993г.) [40]

В районах ледникового питания (горные территории альпийского орогена Казахстана) и проявления процессов конденсации коэффициент подземного стока K_p может быть больше единицы, а коэффициент подземного питания рек K_R (доля подземного питания рек) достигает и даже превышает 50%. Доля ледникового питания речного стока изменяется от 12% -13% (рр. Каратал, Буктурма, соответственно) до 20% (рр. Шу, Шарын), а суммарная величина питания этих рек грунтовыми и ледниковыми водами достигает (%) 47 - 57 - 60 - 75 (р. Буктурма, Каратал, Шу, Шарын, соответственно) (таблица 2) [34, с. 4].

Таблица 2 – Водные ресурсы гидрографических бассейнов РК [34, с. 1-12]

Область стока	Гидрографический бассейн	Бассейн реки	Площадь тыс.км ²	R, м ³ /с (км ³ /год)	K _R =U:R	K _U =U:W, д.е.	K _E =E:W, д.е.	Подземный сток, км ³ /год
Каспийское море	I Жайык-Жемский	Жайык	190,0	380,00	0,20	0,24	0,75	2,870
		Елек	37,3	48,50	0,25	0,34	0,67	0,520
		Ор	13,0	10,80	-	0,11	-	0,037
		Ойыл	25,8	10,80	-	0,08	-	0,029
		Жем	38,8	15,50	-	0,12	-	0,057
		Караозен	10,7	10,80	0,15	0,17	0,82	0,058
		Сарыозен	3,93	5,20	0,10	0,11	0,89	0,018
		Сагиз	19,0	1,90	-	0,07	-	0,004
	ИТОГО	338,53	483,50	0,23	-	-	3,593	
Карское море	II Тобыл-Есильский	Есиль	118,0	71,00	-	0,13	-	0,300
		Терисаккан	19,4	8,90	-	0,07	-	0,020
		Тобыл	44,8	13,50	0,15	0,18	0,83	0,076
		ИТОГО	182,2	93,40	0,13	-	-	0,396
	III Ертисский	Ертис	196,0	895,00	-	0,45	-	12,700
		Шаган	1,89	0,94	-	0,13	-	0,004
		Ульби	4,99	3,15	0,25	0,33	0,67	1,040
		Буктырма	14,90	247,00	0,35	0,54	0,46	4,210
	Селеты	18,5	7,00	0,12	0,15	0,85	0,028	
	ИТОГО	212,79	1153,1	0,49	-	-	17,982	
Озеро Тениз	IV Нура-Тенизский	Нура	48,1	26,50	0,08	0,10	0,93	0,083
		Куланотпес	13,9	5,9	0,08	0,096	0,90	0,015
		ИТОГО	48,1	32,40	0,09	-	-	0,098
Озерная система Балкаш-Алаколь	V Балкаш-Алакольский	Иле	111,0	447,00	-	0,46	-	6,790
		Шарын	7,37	36,60	0,55	1,01	0,18	0,632
		Аягоз	12,1	14,80	0,15	0,17	0,83	0,080
		Лепси	2,2	27,40	0,25	0,33	0,66	0,280
		Каратал	16,5	72,10	0,45	0,83	0,18	1,020
		Аксу	1,33	11,60	-	0,33	-	0,120
		Токырауын	2,92	2,19	0,20	0,27	0,86	0,019
		Баканас	2,97	2,83	0,10	0,12	0,91	0,011
		Тентек	3,3	47,80	-	0,44	-	0,660
		Емель	21,6	16,60	-	0,28	-	0,150
		Катынсу	2,45	7,28	-	0,35	-	0,080
		Уржар	4,25	19,40	-	0,50	-	0,305
	ИТОГО	187,99	705,60	0,45	-	-	10,147	
Аральское море	VI Арало-Сырдаринский	Сырдария	219,0	703,00	0,50	-	-	11,080
		Арыс	13,2	46,10	0,50	0,99	0,01	0,725
		Шу	22,0	55,50	0,40	0,71	0,32	0,704
		Торгай	155,5	10,40	0,20	0,25	0,75	0,066
		Ыргыз	33,3	10,10	-	0,33	-	0,105
		Сарысу	65,0	7,58	0,12	0,17	0,82	0,041
		Кенгир	9,86	3,80	0,05	0,04	0,95	0,004
		Улы-Жиланшик	11,0	3,00	0,10	0,09	0,91	0,010
	ИТОГО	436,76	839,48	0,48	-	-	12,735	
ВСЕГО			1 406,4	3 307,47	0,43	-	-	44,951

Значения коэффициента подземного питания рек $K_R = U:R$ по выделенным гидрографическим районам Казахстана распределяются следующим образом (%): Жайык-Жемский – 23,44; Тобыл-Есильский – 13,37; Ертисский – 49,18;

Нура-Тенизский – 9,5; Балкаш-Алакольский – 45,35; Арало-Сырдаринский – 47,8, при среднем значении по республике – 42,86. Эти данные целиком отвечают теоретически обоснованным оценкам коэффициента подземного питания рек: $K_R \leq 50\%$ (таблица 2). В таблице 2 показаны данные водных ресурсов недр гидрографических бассейнов РК [34, с. 1-12] $\Delta U_{CM} = 0,5\Delta E$ (где, ΔE представляет собой эвапотранспирационную компоненту ЕРПВ).

Проанализируем влияние отклонения действительных значений эвапотранспирации периода зимней межени $E_{ДЗ}$ от принятого нулевого ее значения $E_{CM} = 0$:

$$E_{ДЗ} - E_{CM} = \Delta E, \quad (15)$$

на оцениваемую величину подземного стока U_{cm} . Для предельного случая – максимального значения коэффициента подземного питания реки $K_R = U:R \geq 0,5$, это влияние проявляется в уменьшении подземного стока на величину общего речного стока.

Количественная оценка инфильтрационного питания неестественных (возобновляемых) ресурсов подземных вод зоны свободного водообмена основанная на изучении балансовых составляющих питания-разгрузки подземных вод, является методически наиболее корректной. Основные сложности использования балансового метода, основанного на решении уравнения общего водного баланса поверхности суши, заключаются в адекватной оценке суммарной эвапотранспирации. Многочисленные расчетные зависимости, используемые с этой целью, дают величины ошибок от 12 до 17%, а на уровне среднесуточных месячных величин – до 25% [32, с. 1-15; 41, 42].

Наиболее точным (расчетным) считается стандартный метод определения эвапотранспирации, принятым в мировой практике является уточненный FAO (1998г.) метод Пенмана-Монтейта. Он основан на определении эвапотранспирации с гипотетической эталонной травяной поверхности для различных периодов года. Далее, эвапотранспирация с гипотетической эталонной травяной поверхности сопоставляется с эвапотранспирацией для различных сельхозкультур.

Рекомендуемое FAO к применению уравнение Пенмана-Монтейта, с учетом уравнений аэродинамики и сопротивления кроны, записывается в следующем общем виде [40, с. 55]:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}, \quad (16)$$

где, ET_0 – эталонная эвапотранспирация, мм сут⁻¹; R_n – чистая радиация на поверхности растений, МДж м⁻² сут⁻¹; G – плотность теплового потока почвы, МДж м⁻² сут⁻¹; T – среднесуточная температура воздуха на высоте 2 м, °С; u_2 – скорость ветра на высоте 2 м, мс⁻¹; e_s – давление пара насыщения, кПа; e_a –

фактическое давление, кПа; $(e_s - e_a)$ – дефицит давления пара насыщения, кПа; Δ – градиент кривой давления пара, кПа⁰С⁻¹; γ – психрометрическая постоянная, кПа⁰С⁻¹.

В выпуске FAO №56 «Эвапотранспирация растений» приводятся формулы и рассчитанные по ним таблицы, позволяющие определить параметры, входящие в уравнение Пенмана-Монтейта на основе нескольких, обычно измеряемых на метеостанциях, метеорологических факторов.

Необходимо отметить, что приведенная методика оценки дает усредненные среднемноголетние значения модулей подземного стока μ (л/с·км²), эвапотранспирации $E_{см}$ (л/с·км²) и валового увлажнения почвы W (л/с·км²), обеспечивающее функционирование наземных биогеоценозов по площади речного бассейна, причем максимальные значения модуля подземного стока и валового увлажнения почвы отвечают горным территориям Алтая (бассейны р.Буктырма, р.Ульби), а минимальные – пустынным территориям (бассейны р.Торгай, р.Сарысу), что в целом соответствует условиям формирования подземного стока.

Вместе с тем, за рамками предлагаемого метода оценки могут остаться локальные участки разгрузки подземных вод эвапотранспирацией при неглубоком залегании уровня грунтовых вод на площадях пойм, низовых озерных массивов, что приведет к некоторому искажению расчетных значений инфильтрационного питания подземных вод.

Следует особо подчеркнуть методологическую целесообразность использования величин среднемноголетних значений речного стока в качестве верификационного критерия, поскольку, во-первых, речной сток – интегральный показатель формирования водного баланса речного бассейна в целом, отражающий как поверхностную, так и подземную ветви единого гидрогеологического цикла; во-вторых, расход реки – единственная надежно и достоверно фактически определяемая воднобалансовая характеристика речного бассейна.

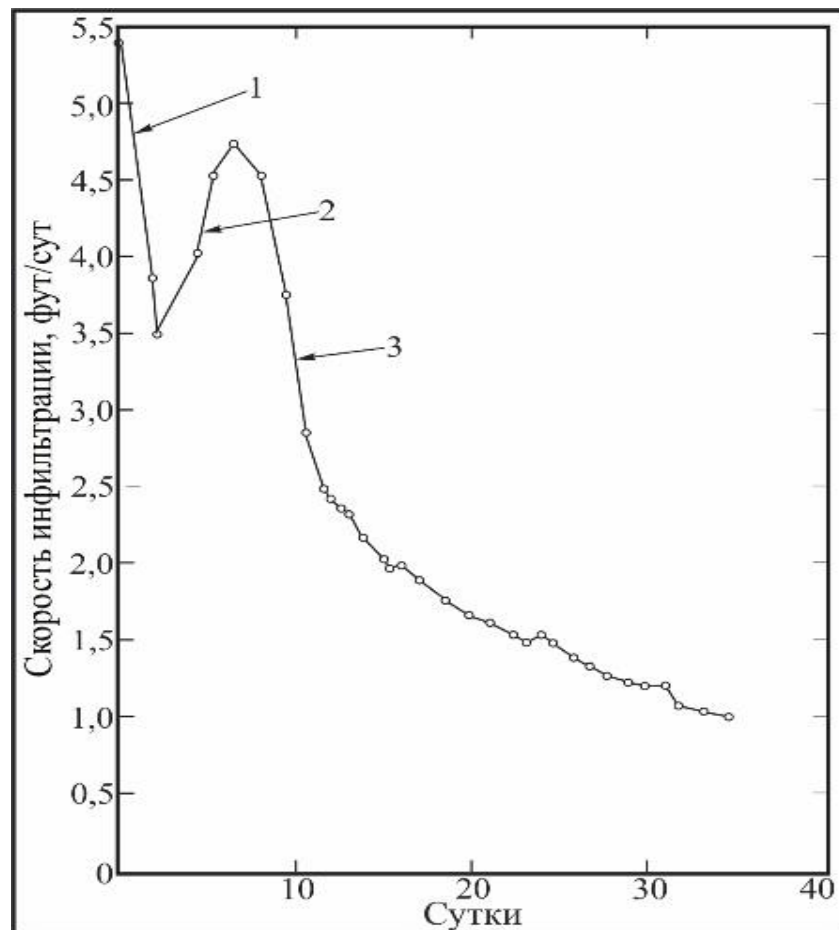
Оценки инфильтрационного питания гидрогеодинамическими методами на основе решения обратных задач геофильтрации сводятся к проблеме их некорректности, что с точки зрения определения питания подземных вод означает принципиальную невозможность его однозначной оценки [43].

Наиболее перспективен комплексный подход к оценке инфильтрации на основе использования балансового, гидролого-гидрогеологического методов и моделирования процессов формирования инфильтрационного питания в рамках дифференцированного воднобалансового уравнения, описывающего совокупность моделей трансформации и переноса влаги внутри гидролого-гидрогеологического цикла, объединенных условиями сохранения общего водного баланса на его внутренних границах. Разработки и основы практического использования таких моделей, которые в настоящее время достаточно развиты [32, с. 1-15].

Инфильтрационное питание подземных вод, формируется под воздействием процессов трансформации влаги на поверхности земли и в зоне

аэрации, включающих задержки осадков растительностью и их испарения, накопления в виде снега, таяния и образования поверхностного стока. Другие составляющие гидролого-гидрогеологического цикла влияют на формирование инфильтрации косвенно, главным образом – посредством изменяющейся глубины залегания уровня грунтовых вод. Модель трансформации осадков на поверхности земли позволяет производить расчет задержки осадков растительностью и их испарения, накопления в виде снега, таяния и образования поверхностного стока в вертикальной колонке единичной площади и ограниченной сверху поверхностью растительности, а снизу – поверхностью почвы [32, с. 1-15].

Роль инфильтрации в гидрологическом цикле впервые описана Р.Э. Хортоном (1945 г.), определившим инфильтрационную способность почвы как максимальную скорость, с которой почва может поглотить атмосферные осадки в данных условиях (рисунок 12).



1 – снижение скорости инфильтрации вследствие набухания глинистых частиц и коллоидов, а также недостаточного действия капиллярных сил натяжения; 2 – повышение скорости инфильтрации вследствие постепенного растворения почвенного воздуха; 3 – снижение скорости инфильтрации в результате деятельности живых организмов на поверхности почвы и около нее

Рисунок 12 – Скорости инфильтрации в образце почвы [6, с.13]

Способность почвы пропускать воду - влагопроводимость, величина переменная. Если почва сложена хорошо отсортированным песком или гравием, ее влагопроводимость будет высокой и со временем изменится незначительно. Но многие слоистые рыхлые отложения на поверхности земли образуют систему слоистости – почвенный профиль, который формируется на субстрате под влиянием химического выветривания и деятельности организмов.

На начальной стадии инфильтрации воздействие капиллярных сил на воду имеет очень большое значение. После продвижения фронта инфильтрации более чем на два-три фута действие капиллярных сил в средне- и грубозернистой почве незначительно. В тонкозернистых почвах роль капиллярных сил наиболее значительна при низких величинах начальной влажности. Состояние почвы также имеет большое значение для инфильтрации. Поверхность голой почвы непосредственно подвергается ударам дождевых капель. Дождь уплотняет почву, а также смывает мелкие частицы в открытые трещины и отверстия. Таким образом, во время дождя инфильтрация в почву, лишенную растительности, уменьшается. Густой растительный покров защищает поверхность почвы от уплотнения и препятствует переносу частиц почвы каплями дождя. Корни растений также сохраняют пористость почвы и способствуют инфильтрации.

Инфильтрационное питание подземных вод за счет атмосферных осадков – сложный процесс, зависящий от множества факторов, одним из которых является строение и состав зоны аэрации. Свойства пород и строение зоны аэрации определяют процессы впитывания влаги, ее продвижения с поверхности до уровня грунтовых вод с учетом испарения и водопотребления корнями растений (транспирации) [44].

Антропогенные факторы формирования инфильтрационного питания проявляются влиянием, оказываемым деятельностью человека на водный баланс, что издавна привлекало внимание ученых и практиков: прежде всего, взаимосвязью между вырубкой лесов и водность рек; складывалась теория о естественных и антропогенных факторах гидрологического режима рек. Значимый вклад в становление научных представлений об изменении природы под влиянием неупорядоченной хозяйственной деятельности человека внес Ф. Энгельс, показавший на ряде примеров насколько существенно изменяется гидрологический режим в результате вырубки лесов и распашки территории [5, с. 80-89].

Наряду с господствующей концепцией о полной зависимости гидрологического режима от климатических факторов, имеющих циклический характер, усилиями В.В. Докучаева сложилась концепция глобального зонального географического подхода к анализу водного баланса, а его последователями - А.И. Воейковым, А.А. Измаильским и П.А. Костычевым, было доказано, что в изменении гидрологического режима и водности рек важная роль принадлежит факторам почвенного и растительного покрова –

человек, воздействуя на почву и растительность через земледелие, преобразует водный режим и речной сток.

Почва и растительность - среда, в которой протекают основные процессы, преобразующие атмосферные осадки в поверхностный сток, почвенную влагу и подземные воды. Инфильтрационная способность почвенно-растительного покрова определяет соотношение между этими элементами водного баланса. В целом почвенно-растительный покров является посредником между климатом и водным режимом реки. По сути – был установлен антропогенный фактор гидрологического режима.

Особенно нагляден этот фактор в земледелии. До массовой распашки целины в 1954-1956 гг. в степи и лесостепи поверхностный сток был мал. Инфильтрационная способность целинной почвы стала высокой, поэтому почти все снеговые и дождевые воды усваивались почвой. Речные паводки были значительно меньше (в 2-3 раза), а объем устойчивого меженного стока был больше. Водность рек стала ниже, а сток стал более равномерным. В условиях хорошо увлажненной почвы в степи развивалась пышная естественная растительность, которая встречается и в наши дни на отдельных заповедных участках целины. Общинная система земледелия, сменившая переложную и залежную системы, привела при низком уровне агротехники к снижению инфильтрационной способности почвы. Усилился поверхностный сток, появилась ускоренная эрозия, уменьшилось питание рек подземными водами, изменилась структура водного баланса - ухудшился водный режим рек. После распашки больших пространств целины и внедрения новых приемов агротехники инфильтрационная способность почвенного покрова стала повышаться. Благодаря этому начались изменения структуры водного баланса. Дальнейшая механизация земледелия и развитие химизации открыли еще большие перспективы для развития этого процесса [5, с. 233-247].

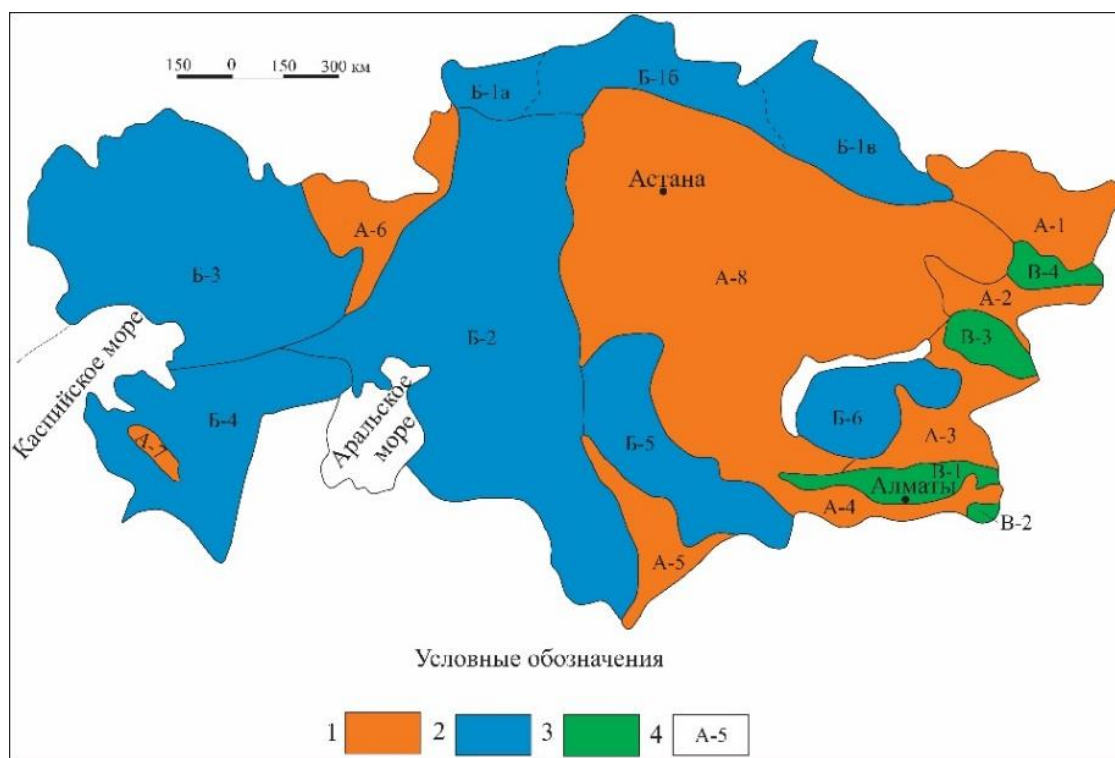
Наконец, в конце XX-го столетия стало складываться, господствующее ныне, представление, что влияние разнообразной хозяйственной деятельности человека на гидрологический режим гидросферы приобретает характер глобальных антропогенных изменений климата, вызывающих эффект глобального потепления.

3.2.9 Ресурсы подземных вод Казахстана

Ресурсный потенциал подземных вод Казахстана характеризуется, как, прогнозными ресурсами – потенциальной возможностью использования подземных вод, основную долю которых (до 100%) составляют естественные ресурсы подземных вод (подземный сток), так и эксплуатационными запасами (ЭЗ) месторождений и участков подземных вод (МПВ).

Согласно нашим оценкам, приведенным в таблице 2 естественные ресурсы подземных вод Казахстана – суммарный подземный сток, составил 44,95 км³/год, что практически полностью (99,9%) согласуется с оценками естественных ресурсов подземных вод, осуществленными в Институте гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина под руководством

академика НАН РК Ж.С. Сыдыкова на основе структурно-гидрогеологического районирования Казахстана (рисунок 13) и путем подбора расчетных параметров подземного стока (площади распространения водоносных комплексов – км² и модуля их питания – л/с·км²), составившими в итоге 44,98 км³/год, с долями подземных вод: гидрогеологических массивов – 23,24 км³/год (таблица 3); гидрогеологических бассейнов – 21,75 км³/год (таблица 4) [45].



1. А–гидрогеологические массивы: А-1–Алтай-Калбинский, А-2–Тарбагатай-Саурский, А-3–Жонгарский, А-4–Северо-восточные Тяньшанские, А-5–Северо-западные Тяньшанские, А-6–Уралтау-Мугоджарский, А-7–Островные Центрально-Мангистауские, А-8–Горноостровный Мелкосопочный Центрального Казахстана.
2. Б–гидрогеологические бассейны: Б-1–Северо-Казахстанский (1а-Междуречья Тобола-Обагана, 1б-Междуречья Есиля-Ертиса, 1в-Иртиса), Б-2–Приаральско-Торгайский, Б-3–Северо-Прикаспийский, Б-4–Мангистау-Устюртский, Б-5–Шу-Сарысуский, Б-6–Южно-Прибалхашский.
3. В–гидрогеологические бассейны межгорных впадин: В-1–Копа-Илийский, В-2–Кегень-Каркара-Текесский, В-3–Алакольский, В-4 – Зайсанский.
4. Номер гидрогеологических массивов и бассейнов

Рисунок 13 – Схема структурно-гидрогеологического районирования Казахстана [45, с. 185]

Основным расчетным параметром для оценки природных ресурсов подземных вод выделенных водоносных комплексов (систем) гидрогеологических массивов является модуль питания подземных вод.

Таблица 3 – Естественные ресурсы подземных вод гидрогеологических массивов [45, с. 156-157]

Гидрогеологические массивы	Основные водоносные системы	Площадь, тыс. км ²	Расчетный модуль питания, л/с · км ²	Естественные ресурсы	
				м ³ /с	млн. м ³ /год
Алтай-Калбинский	до Pz-D ₂ ; D ₂ -C ₁₋₂ интрузивы	64,4	2,54	163,8	5 159,7
Тарбагатай-Саурский	Pz ₁ - D ₁₋₂ ; D ₂ -C ₁ интрузивы	45,2	2,15	97,4	3 068,1
Жонгарский	Pz ₁ - D ₂ ; D ₂ -C ₁ ; Pz ₃	57,2	2,52	144,1	4 532,2
Северо-Восточно-Тяньшаньский	до Pz - D ₁₋₂ -D ₂ -C ₁ - Pz ₃ ; интрузивы	36,6	5,39	98,7	3 109,0
Северо-Западно-Тяньшаньский	до Pz - D ₁₋₂ ; D ₂ -C ₁ ; Pz ₃ ; интрузивы	44,2	1,58	70,0	2 205,0
Уралтау-Мугоджарский	до Pz-Pz ₁ ; S-D ₂ ; D ₃ -C ₁ ; Pz ₃ ; интрузивы	50,2	0,42	21,1	680,5
Мангистауский	PT	0,9	0,2	0,2	6,3
Центрально-Казахстанский	до Pz-Pz ₁ ; S-D ₂ ; D ₃ -C ₁ ; Pz ₃ ; интрузивы	431,0	0,34	143,4	4 516,5
Всего	до Pz-Pz ₁ ; S-D ₂ ; D ₃ -C ₁ ; Pz ₃ ; интрузивы	729,7	1,00	728,1	22 935,2

Его средние расчетные величины (л/с·км²) в составе различных литолого-генетических типов пород, которые в пределах преимущественно высоко - и среднегорных массивов Алтай-Калбинского, Жонгарского, Северо-Восточного и Северо-Западного Тяньшаньского горноскладчатых областей более или менее сходны: в водоносных скальных породах допалеозоя и нижнего палеозоя (отчасти силура и средне-верхнего девона) составляет в среднем 0,8 (пределы от 0,1 до 2,2); верхнедевонско-нижнекарбонатных терригенно-карбонатных породах 3,0-3,5; верхнепалеозойских песчано-глинистых осадках 0,8-2,7 и разновозрастных интрузивных породах 3,3-4. На площади Тарбагатай-Саурского преимущественно средне-низко-горного массива величины их несколько ниже; в нижнепалеозойских породах (до среднего девона) – около 1,7, в толще верхнем девоне и нижнего карбона – 3, в интрузивных породах 3,3.

На площади низкогорных и мелкосопочных массивов Южного Уралтау-Мугоджар и Центрального Казахстана величины модуля питания еще меньше: допалеозойско-нижнепалеозойских метаморфических пород 0,4-0,5; силур-нижне-и среднедевонских осадочно-эффузивных пород 0,7-0,9; верхнедевонско-нижнекарбонатных терригенно-карбонатных пород 1-1,2; верхнепалеозойских разногенетических типов пород 0,3-1,5 и разногенетических типов интрузивных пород 0,7-0,9.

Среднерасчетные величины модуля подземного питания в условиях эпипалеозойских песчано-глинистых осадков (включая грубообломочные отложения аллювия и конусов выноса) в отмеченных морфоструктурных

областях колеблются в том же порядке от более высоких к менее низким значениям и составляют соответственно 4-6; 3-4 и 0,25-2,3.

Основываясь из приведенных расчетных данных модуля подземного стока, удельных значений питания, а также площадей распространения водоносных образований подсчитаны естественные ресурсы подземных вод ($\text{м}^3/\text{с}$) суммарно по двум группам их минерализации – до 1 и 1-3 г/л в пределах принятых водоносных комплексов разных гидрогеологических массивов горноскладчатых территорий (таблица 3).

Не рассматривая их по отдельным массивам, отметим, что эти ресурсы в целом по принятым водоносным комплексам (системам) водовмещающих пород составляют ($\text{м}^3/\text{с}$ и млн. $\text{м}^3/\text{год}$): допалеозоя и нижнего палеозоя (на общей площади 462,8 тыс. км^2) 297,8 и 9,38; силура и нижнего девона Уралтау-Мугоджар и Центрального Казахстана (на общей площади 37 тыс. км^2) – 14,8 и 0,47; верхнего девона-нижнего карбона (на общей площади 81,8 тыс. км^2) – 180 и 5,67; верхнего палеозоя (на общей площади 12,2 тыс. км^2) – 8,2 и 0,26; интрузивных пород (на площади 76,3 тыс. км^2) – 102 и 3,32; в толще надпалеозойских (юрских, верхнемеловых, палеоген-неогеновых и четвертичных) отложений (на общей площади 59,6 тыс. км^2) естественные ресурсы подземных вод составляют 125,2 $\text{м}^3/\text{с}$ или 3,94 млрд. м^3 в год. По всем водоносным системам гидрогеологических массивов естественные ресурсы подземных вод допалеозойско-палеозойских пород и покровных мезозой-кайнозойских отложений (на общей их площади почти 730 тыс. км^2) достигают 728 $\text{м}^3/\text{с}$ или немногим более 22,9 млрд. $\text{м}^3/\text{год}$.

Основная часть естественных ресурсов подземных вод гидрогеологических бассейнов (рисунок 13, таблица 4) формируется в районах соответствующих гидрогеологических массивов. Такими районами являются: а) юго-восточная и южная части, отчасти западная окраина Северо-Казахстанского бассейна, прилегающие соответственно к горноскладчатым областям Алтая, Калбы, Центрального Казахстана и Юго-Восточного Уралтау; б) северо-восточная часть Северо-Каспийского бассейна, прилегающая к Уралтау-Мугоджарскому горноскладчатому массиву; в) Присырдарьинская и отчасти северо-западная часть Арало-Торгайского, а также юго-восточная и южная часть Шу-Сарысуского бассейнов, прилегающие к юго-восточному отрогу Мугоджар и северо-западной части Тянь-Шаньского массива; г) предгорная (Южно-Балхашская) и межгорные впадины орогенной зоны, примыкающие с юга, юго-востока и юго-запада к гидрогеологическим массивам Жонгаро-Тяньшаня и Алтая-Тарбагатая. По мере удаления от названных частей гидрогеологических бассейнов естественные ресурсы подземных вод заметно сокращается. Повышенные значения естественных ресурсов подземных вод в предгорных частях гидрогеологических бассейнов и межгорных бассейнах обусловлены наличием двойных источников их питания – как местных, так и транзитных. Вдали от краевых предгорных частей бассейнов, а также в пределах Мангистау-Устюртского бассейна в формировании этих ресурсов участвуют в основном только местные источники питания.

Таблица 4 – Естественные ресурсы подземных вод гидрогеологических бассейнов [45, с. 157-159]

Гидрогеологические бассейны	Водоносные комплексы и системы	Площадь, тыс. км ²	Модуль питания, л/с·км ²	Естественные ресурсы	
				м ³ /с	млн. м ³ /год
Северо-Казахстанский	Pz- K ₁₋₂ - P ₂₋₃ - Q	181	0,54	97,89	3 083,5
Арало-Торгайский	K ₁₋₂ - P ₂₋₃ -Q	307	0,58	178,3	5 616,5
Северо-Каспийский	K ₁₋₂ - P ₂₋₃ - Q	199	0,33	64,75	2 039,6
Мангистау-Устюртский	K ₁₋₂ -N ₁₋₂ -Q	104	0,12	12,92	406,8
Шу- Сарысуский	K ₂ -P ₂₋₃ -Q	130	0,51	66,22	2 085,9
Южно-Балхашский	N ₂ ²⁻³ - Q	111	0,46	50,8	1 600,2
Межгорные впадины	K ₁₋₂ -P ₂₋₃ -N ₂ ²⁻³ -Q	179	1,23	219,5	6 914,2
Всего		1211	0,57	690,44	21748,9

Отмеченные особенности формирования естественных ресурсов подземных вод гидрогеологических бассейнов достаточно четко отражаются в значениях модуля их питания, в конечном итоге и в общем объеме этих ресурсов. В районах, где отмечаются одинарные условия формирования естественных ресурсов бассейнов и водоносных пластах значения модуля питания подземных вод небольшие – от 0,07 до 0,3 л/с·км². В районах и водоносных пластах двойного питания значение его достигает 0,8-1,5 л/с·км² и более. Особенно высоки локально выраженные модули питания (до 6-7 л/с·км²) в предгорных зонах и межгорных впадинах, в пределах конусов выноса и в долинах наиболее крупных рек.

Преыдущие (1970 г.) оценки естественных ресурсов подземных вод Казахстана, выполненные в Институте гидрогеологии и гидрофизики Академии Наук Казахской ССР под руководством академика Академии Наук КазССР У.М. Ахмедсафина составляли 48,3 км³/год (43,7 км³/год – сток грунтовых вод, 4,6 км³/год – сток напорных вод артезианских бассейнов) со средним слоем стока 18 мм в год (0,57 л/с·км²) при его колебании по территории Республики в пределах 0-857 мм в год (0-27,17 л/с·км²) [46]. Таким образом, подземный сток Республики Казахстан за последние годы не уступает по объему ресурсам местного речного стока, когда суммарные ресурсы поверхностных вод Республики – так называемый бытовой сток 50% обеспеченности, составлял 91,3 км³/год, из которых 44,3 км³ поступало из сопредельных государств, а 47,0 км³ составлял местный сток [47]. Следовательно, доля подземного стока в суммарном речном стоке указанного периода составила 54%, что согласуется с нашими оценками [34, с. 4]. Вместе с тем, нельзя не отметить, что в снижении естественных ресурсов подземных вод Республики полувекового периода просматривается тенденция климатически и антропогенно обусловленного сокращения речного стока в регионе Центральной Азии и Казахстана.

Распределение естественных ресурсов подземных вод по главным речным бассейнам Казахстана. Это распределение очень контрастно (таблица

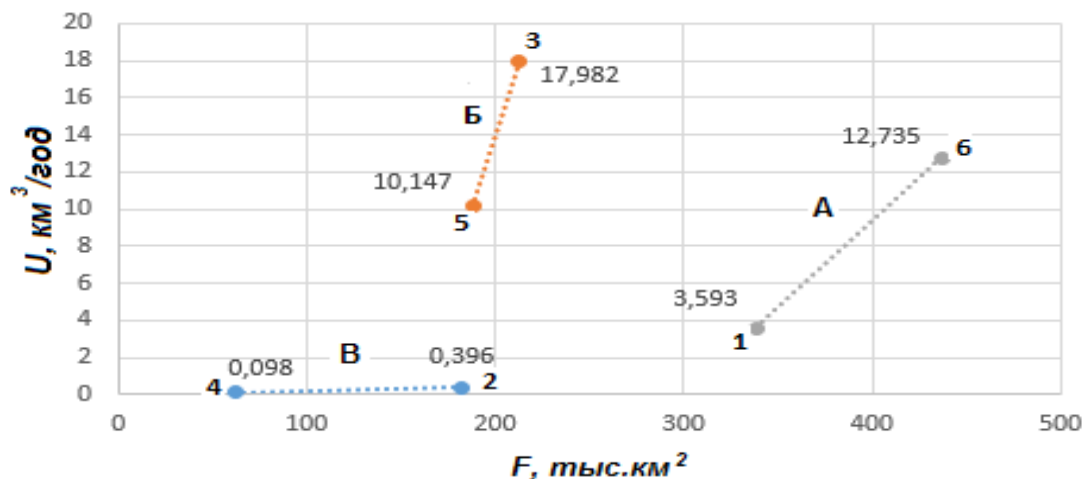
5, рисунок 14), отражая зависимость величины подземного стока, как от площади речного бассейна: $U = \mu^*F$, так и от природных условий его формирования, что наглядно видно по модульным показателям подземного стока μ^* , максимальные значения которого (1,71-2,25 л/с·км² или 53,97-84,25 мм/год) характерны для Ертисского и Балхаш-Алакольского речных бассейнов, тяготеющих, соответственно, к северному и южному склонам главного орографического водораздела Евразии, где располагаются высокогорные территории Восток-Юго-Востока Республики, а минимальные средневзвешенные (0,05-0,07 л/с·км² или 1,58-2,17 мм/год) – для Нура-Тенизского и Тобыл–Есильского речных бассейнов, расположенных вдоль седловинной части главного орографического водораздела Евразии [48].

Все это подтверждается графическим анализом распределения водных ресурсов по основным речным бассейнам Казахстана (рисунок 14), включающим данные о подземном стоке речных бассейнов U (км³/год), характеризующихся конкретной величиной площади распространения F (тыс. км²) и свидетельствующим о существовании трех областей водного стока (**А,Б,В**), включающих речные бассейны обеих склонов главного Евразийского орографического водораздела: **А** (1,6) и **Б** (3,5), а также седловинной области водораздела **В** (2,4), являющейся связующей склоновых областей водного стока и характеризующейся минимальными модульными характеристиками подземного стока (таблица 5); именно здесь – в Нура-Тенизском речном бассейне (4), располагаются две озерные системы Центрального Казахстана – Коргалдыжинские и Ыргыз-Тургайские водно-болотные экосистемы, включенные в список Рамсарской конвенции [49].

Таблица 5 – Распределение водных ресурсов по речным бассейнам Казахстана [48, с. 25-37]

Область стока	Гидрогео-экологический район	Площадь речного бассейна F , тыс.км ²	Речной сток R , м ³ /с	Подземный сток U , км ³ /год	БЭС (U/R), д.ед.	Модуль подземного стока μ^* , л/с·км ²
Каспийское море	1.Жайык-Жемский	338,53	483,50	3,593	0,2356	0,33
Карское море	2.Тобыл-Есильский	182,20	93,40	0,396	0,1344	0,07
	3.Ертисский	212,79	1153,10	17,982	0,4945	2,25
Оз. Тениз	4.Нура-Тенизский	62,00	32,40	0,098	0,0959	0,05
Оз. Балхаш-Алаколь	5.Балхаш-Алакольский	187,99	705,60	10,147	0,4560	1,71
Аральское море	6.Арало-Сырдаринский	436,76	839,48	12,735	0,4810	0,92
*Средневзвешенное значение для речного бассейна 0.3162 д.ед.; БЭС – базисный экологический сток						

Все выделенные области подземного стока характеризуются линейной зависимостью его параметров: $U = \mu F$, со следующими значениями коэффициента пропорциональности – модульной характеристики подземного стока основных областей стока: $\mu_A = 2,94$ л/с·км² или 93,1 мм/год; $\mu_B = 3,44$ л/с·км² или 109,1 мм/год; $\mu_B = 0,085$ л/с·км² или 2,7 мм/год.



1-6 - речные бассейны (таблица 5); А, Б, В – области водного стока

Рисунок 14 – Зависимости распределения естественных ресурсов подземных вод по речным бассейнам Казахстана [48, с. 25-37]

Минимальные значения величины подземного стока области водного стока В характеризуют реально существующий здесь дефицит водных ресурсов недр – прогнозных ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод, территориально тяготеющих к Акмолинской и Северо-Казахстанской административным областям, включая район столицы Казахстана – Астаны. Не случайно, здесь в период освоения целинных и залежных земель (середина XX-го столетия) водоснабжение вновь создаваемых сельскохозяйственных образований – совхозов, было обеспечено преимущественно за счет поверхностных вод области водного стока В путем эксплуатации вновь построенной разветвленной водопроводной сети. Строительство новой столицы Казахстана – Астаны с ее увеличивающимися из года в год запросами водообеспечения усугубляются ныне проблемами хозяйственно-питьевого водопотребления миллионного населения должно осуществляться преимущественно за счет ресурсов подземных вод в заведомо вододефицитной области водного стока В, с весьма ограниченными ресурсами подземных вод [48].

Прогнозные ресурсы подземных вод Казахстана (по состоянию на 2012г.) составлял 176,1 млн.м³/сут (64,3 км³/год), в том числе пресных подземных вод – 110,8 млн.м³/сут (40,4 км³/год) (таблица 6). Основные ресурсы пресных подземных вод (73,1%) сосредоточены в гидрогеологических бассейнах Южного и Юго-Восточного Казахстана, примыкающих к крупным горным

сооружениям Алтая и Северного Тянь-Шаня (на южный регион Республики –Алматинскую, Жамбылскую, Кызылординскую и Южно-Казахстанскую области приходится 59,3%). Наибольшие ресурсы пресных подземных вод сосредоточены в пределах Балхаш-Алакольского ВХБ (37% от общей величины прогнозных ресурсов подземных вод с минерализацией до 1 г/л). В Ертисском ВХБ ресурсы пресных подземных вод составляют 20,4%, Шу-Таласском – 13,0%, Арало-Сырдарьинском – 10,5%, Нура-Сарысуском – 8,3%, Жайык-Каспийском – 5,3%, Есильском – 3%, Тобыл-Торгайском – 2,5% [47, с. 337; 50,51].

Таблица 6 – Прогнозные ресурсы подземных вод [51, с. 23]

Водохозяйственный бассейн	Площадь, тыс.км ²	Прогнозные ресурсы, тыс. м ³ /сут	
		всего	до 1 г/л
Арало-Сырдарьинский	294,95	25 452,6	10 069,1
Балхаш-Алакольский	397,91	54 827,7	42 500,1
Ертисский	354,20	26 201,9	23 331,1
Есильский	244,71	6 338,4	3 064,8
Жайык-Каспийский	640,88	20 200,6	6 089,0
Нура-Сарысуский	290,21	9 080,5	6 725,7
Тобыл-Торгайский	347,68	9918,9	2582,0
Шу-Таласский	161,93	24084,9	16427,4
Итого по РК	2724,9	176105,5	110789,2

Эксплуатационные запасы подземных вод. По состоянию на 2016 год в Казахстане разведано 2905 месторождений (3499 участков) подземных вод с эксплуатационными запасами 15,64 км³/год. Эксплуатационные запасы пресных подземных вод составляют 13,186 км³/год, то есть 84,3% их общего количества (таблица 7).

Таблица 7 – Распределение эксплуатационных запасов подземных вод по водохозяйственным бассейнам по целевому назначению [52]

Водохозяйственный бассейн	Эксплуатационные запасы подземных вод по целевому назначению, км ³ /год					
	ХПВ	ПТВ	ОРЗ	МВ	Всего	В т.ч. до 1 г/л
Арало-Сырдарьинский	0,835	0,124	0,170	0,003	1,160	0,691
Балхаш-Алакольский	1,544	0,184	5,380	0,004	7,143	7,004
Ертисский	1,052	0,176	1,669	0,001	2,971	2,795
Есильский	0,122	0,034	0,023	0,001	0,189	0,049
Жайык-Каспийский	0,476	0,235	0,268	0,002	0,979	0,635
Нура-Сарысуский	0,506	0,168	0,127	0,0004	0,821	0,497
Тобыл-Торгайский	0,382	0,042	0,000	0,001	0,481	0,208
Шу-Таласский	0,900	0,138	0,778	0,001	1,861	1,647
Итого по РК	6,078	1,102	8,414	0,049	15,64	13,186

По целевому назначению разведанные эксплуатационные запасы подземных вод распределяются следующим образом ($\text{км}^3/\text{год}$): хозяйственно-питьевое водоснабжение (ХПВ)–6,1; производственно-техническое водоснабжение (ПТВ)–1,1; орошение земель (ОРЗ)–8,4; бальнеологическое водоснабжение (БВ), минеральные воды (МВ)–0,05 [52, с. 238-246].

Для целей ХПВ и ПТВ в Казахстане в 2016 году эксплуатировалось 578 МПВ с общим извлечением 2389,3 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ воды ($0,87 \text{ км}^3/\text{год}$), составляя лишь 5,57% разведанных эксплуатационных запасов, что свидетельствует об огромном резерве ресурса подземных вод Республики [53]. Действительно, согласно Генеральной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов Республики Казахстан, общие потребности в воде отраслей экономики республики на уровне 2040 года могут составить $23,1 \text{ км}^3$ и будут покрываться, главным образом, за счет поверхностных источников (84%), остальной объем – 16% ($3,7 \text{ км}^3/\text{год}$), преимущественно за счет подземных вод [23, с. 11], которые являются основным источником ХПВ Республики, поскольку в отличие от поверхностных вод характеризуются устойчивым качеством. Этот объем подземных вод не превысит 24% ныне разведанных ЭЗПВ ($15,64 \text{ км}^3/\text{год}$).

Месторождения подземных вод Казахстана составляют ряд типов, отражающих комплекс геолого-гидрогеологических и физико-географических факторов, определяющих специфику формирования ЭЗПВ. Наиболее значительная масса эксплуатационных запасов МПВ – $7,28 \text{ км}^3/\text{год}$ (47,4% разведанных), сосредоточена на конусах выноса Южного и Юго-Восточного Казахстана – здесь располагаются наиболее крупные по эксплуатационным запасам МПВ, превышающих $500 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$ ($0,18 \text{ км}^3/\text{год}$).

Следующими по величине суммарных эксплуатационных запасов – $4,19 \text{ км}^3/\text{год}$ (27,3% разведанных), являются МПВ (всего 625) в многочисленных платформенных и межгорных артезианских бассейнах Казахстана. Средняя величина эксплуатационных запасов этих МПВ составляет $18 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$ ($0,0067 \text{ км}^3/\text{год}$).

Сравнительно небольшие, но исключительно ценные для хозяйственно-питьевого водоснабжения МПВ (всего 346) приурочены к речным долинам и располагаются преимущественно в безводных районах Казахстана, где за пределами речных долин практически отсутствуют пресные подземные воды. Общие эксплуатационные запасы этих МПВ довольно значительны, составляя $3,25 \text{ км}^3/\text{год}$ (21% разведанных).

На долю МПВ (всего 384), приуроченных к массивам трещинных и трещинно-карстовых образований, приходится $0,57 \text{ км}^3/\text{год}$ (4% разведанных запасов). Этот тип МПВ распространен в Центральном, Восточном и Северном Казахстане.

Наименее распространены в Казахстане МПВ в песчаных массивах (всего 55). Эксплуатационные запасы данного типа месторождений составляют лишь $0,05 \text{ км}^3/\text{год}$. Все они располагаются преимущественно в пустынной зоне Западного и Южного Казахстана, однако имеют огромное значение в

хозяйственно-питьевом водоснабжении населения и обводнении пастбищ этих территорий.

Распределение эксплуатационных запасов по территориям административных областей неравномерно и в большей степени зависит от гидрогеологических условий, что отразилось на степени обеспеченности областей водами хозяйственно-питьевого назначения. Основные эксплуатационные запасы питьевых подземных вод сосредоточены в пределах Балкаш-Алакольского (46%), Ертисского (19%), Шу-Таласского (11%), Арало-Сырдаринского (7%) и Жайык-Каспийского (6%) водохозяйственных бассейнов. Лишь 10% запасов приходится на Тобыл-Торгайский, Есильский и Нура-Сарысуский водохозяйственные бассейны.

Наибольшие величины эксплуатационных запасов подземных вод (7,143; 2,971; 1,861; 1,160 км³/год) характерны для Балкаш-Алакольского, Ертисского, Шу-Таласского, Арало-Сырдаринского ВХБ, соответственно, а наименьшие (0,979; 0,821; 0,481; 0,189 км³/год) – для Жайык-Каспийского, Нура-Сарысуского, Тобыл-Торгайского и Есильского ВХБ, соответственно (таблица 7).

Такое различие объясняется, с одной стороны, неблагоприятными гидрогеологическими условиями формирования ЭЗПВ в северных и западных областях Республики, а с другой – сравнительно низкой потребностью в источниках водоснабжения при наличии больших величин прогнозных ресурсов подземных вод в большинстве южных и восточных областей Казахстана.

Основное количество месторождений подземных вод разведано для ХПВ, а в ряде случаев совместно: для хозяйственно-питьевого и для других целей - ОРЗ, технического водоснабжения и как минеральные воды (таблица 8 - 9). Основным потребителем вод хозяйственно-питьевого назначения является население городов и рабочих поселков. На сельское население приходится порядка 26% общего водопотребления. Удельный расход воды колеблется в очень широких пределах (0,06-0,27 м³/сут на 1 чел., таблица 8), что связано с уровнем благоустройства жилой застройки и техническим состоянием систем [29, 1-32].

Запасы подземных вод 95% обеспеченности отвечают 1 категории систем водоснабжения по надежности подачи извлекаемой воды в требуемых количествах и качестве. Разведанные запасы подземных вод формируются за счет ежегодно восполняемых естественных ресурсов (атмосферные осадки, речной сток и другое) и утверждаются на 25 лет, с последующей их переоценкой. С учетом мирового опыта многолетние и вековые запасы подземных вод рассматриваются как стратегический резерв чистой воды для питьевого водоснабжения.

При эксплуатации разведанных месторождений подземных вод в объеме 15,64 км³/год неизбежно сокращение поверхностного стока (ущерб) порядка 5,0 км³/год: наиболее существенный в речных долинах – снижение речного стока на 2,12 км³/год и конусах выноса рек – снижение речного стока на 2,2 км³/год.

Обеспеченность ресурсами пресных подземных вод административных областей Республики (млн.м³/сут) следующая: Алматинская – 16,7; Восточно-Казахстанская – 6,5; Жамбылская – 4,7; Павлодарская – 3,9; Южно-Казахстанская – 2,1; Актюбинская – 1,9. Крайне ограниченными ресурсами (млн. м³/сут) обеспечены: Акмолинская – 0,4; Мангистауская – 0,36; Западно-Казахстанская – 0,33; Атырауская – 0,23 [27, с. 38].

Отбор и использование эксплуатационных запасов подземных вод составляет основу водообеспечения отраслей экономики социальной сферы страны. Ситуация с обеспеченностью водой в Республике существенно различна: есть более обеспеченные ресурсами как поверхностных, так и подземных вод регионы – Ертисский и Балкаш-Алакольский речные бассейны и дефицитными по подземным водам – Нура-Сарысуский, Есильский, Тобыл-Торгайский речные бассейны. Значительные территории Есильского, Жайык-Каспийского, Арало-Сырдаринского, Тобыл-Торгайского и Нура-Сарысуского бассейнов испытывают дефицит как поверхностных, так и подземных вод.

Наибольшее использование подземных вод для ХПВ отмечено в Алматинской, Восточно-Казахстанской, Южно-Казахстанской и Карагандинской областях – от 498 до 163 тыс.м³/сут вод, соответственно, характеризующихся высоким потенциалом естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод. Наименьший водоотбор осуществляется в Северо-Казахстанской, Западно-Казахстанской, Мангыстауской и Атырауской областях – от 44 до 2 тыс.м³/сут, соответственно, отличающихся низким потенциалом, как естественных ресурсов, так и эксплуатационных запасов подземных вод. Поэтому многие населенные пункты этих областей испытывают дефицит в качественной питьевой воде [52, с. 238-246].

Общий отбор подземных вод (по состоянию на 2012г.) составил 3462,89 тыс.м³/сут, в том числе из месторождений с разведанными запасами 1639,69 тыс.м³/сут, на участках с неразведанными запасами 747,2 тыс.м³/сут, в связи с осушением горных выработок и неконтролируемым самоизливом скважин – 1076 тыс.м³/сут [47, с.253; 51, с.24]. Наибольшее количество самоизливающихся скважин находится в Восточно-Казахстанской (516), Кызылординской (459) и Алматинской (452) областях. Максимальными величинами суммарного самоизлива из гидрогеологических самоизливающихся скважин характеризуются Алматинская (277 тыс.м³/сут), Кызылординская (177 тыс.м³/сут) и Восточно-Казахстанская (102,5 тыс.м³/сут) области [47, с.255; 51, с. 27]. Бесконтрольный самоизлив подземных вод наносит существенный ущерб запасам подземных вод, в том числе и пресных, а в случаях вскрытия вод высокой минерализации их самоизлив негативно влияет на экологическую обстановку в регионе, приводя к засолению почв, гибели растительности и заболоченности территории.

В разрезе водохозяйственных бассейнов наибольшая величина водоотбора подземных приходится на Балкаш-Алакольский (888,55 тыс.м³/сут); Арало-Сырдаринский (559,97 тыс.м³/сут) и Жайык-Каспийский (526 тыс.м³/сут)

бассейны. Основной забор подземных вод (63%) приходится на коммунально-бытовые нужды (таблица 8) [51, с. 28-63].

Таблица 8 – Отбор и использование подземных вод для ХПВ по водохозяйственным бассейнам, тыс.м³/сут [51, с.28]

Водохозяйственный бассейн	Водоотбор	Использование подземных вод			
		всего	для ХПВ	м ³ /сут на 1 чел.	
				всего	для ХПВ
Арало-Сырдаринский	821,29	559,97	400,39	0,19	0,13
Балкаш-Алакольский	1356,06	888,55	682,82	0,27	0,21
Ертисский	731,51	534,80	309,35	0,26	0,15
Есильский	130,6	107,37	95,29	0,05	0,05
Жайык-Каспийский	586,16	526,00	189,26	0,24	0,09
Нура-Сарысуский	338,03	279,67	147,62	0,22	0,11
Тобыл-Торгайский	277,48	56,55	15,78	0,06	0,02
Шу-Таласский	359,12	189,56	132,41	0,18	0,13
Всего	4600,25	3142,47	1972,91	0,20	0,13

Современное использование подземных вод выглядит следующим образом: хозяйственно-питьевое водоснабжение - 74,8%; производственно-техническое - 17,0%; орошение земель - 3,0% и обводнение пастбищ - 5,2% (таблица 9).

Основным потребителем вод хозяйственно-питьевого назначения является население городов и рабочих поселков. Сельское население использует порядка 26% общего водопотребления.

Таблица 9 – Отбор и использование подземных вод отраслями экономики по водохозяйственным бассейнам, тыс.м³/сут (2-ТП «Водхоз») [51, с. 62]

Водохозяйственный бассейн	Водоотбор	Использовано подземных вод отраслями экономики					Самоизлив скважин (3065 скв.)
		Шахтно-рудничные	Коммунально-бытовые	Промышленность	С/х водоснабжение	Обводнение пастбищ	
Арало-Сырдаринский	21,29	0,00	144,80	123,95	255,59	65,62	258,11
Балкаш-Алакольский	1356,0	0,33	589,07	172,88	93,75	8,58	455,40
Ертисский	31,51	3,70	239,73	180,25	69,62	31,45	119,59
Есильский	130,6	5,75	15,43	6,06	79,86	0,27	7,01
Жайык-Каспийский	586,16	166,8	166,85	130,60	22,41	38,88	59,01
Нура-Сарысуский	338,03	92,11	144,52	39,43	3,10	0,00	5,86
Тобыл-Торгайский	277,48	38,41	12,71	2,36	3,07	0,00	1,48
Шу-Таласский	359,12	0,00	119,29	43,15	13,12	14,00	169,56
Всего	4600,25	317,1	1432,39	698,66	540,52	158,79	1076,03

Наибольшее использование подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд характерно для Алматинской, Восточно-Казахстанской, Южно-Казахстанской и Карагандинской областей - от 886 до 252 тыс.м³/сут, располагающихся преимущественно в пределах Балкаш-Алакольского, Ертисского, Арало-Сырдаринского, Шу-Таласского и Нура-Сарысуского ВХБ, наименьший отбор осуществляется в Северо-Казахстанской, Западно-Казахстанской, Мангистауской и Атырауской областях - от 64 до 2 тыс.м/сут, располагающихся преимущественно в пределах Есильского, Жайык-Каспийского, Тобыл-Торгайского ВХБ [51, с. 63]. Для производственно-технических целей подземные воды в большей степени используются в Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Жамбылской областях, в меньшей степени - в Северо-Казахстанской, Акмолинской, Западно-Казахстанской и Павлодарской областях. В целом современное использование подземных вод для различных целей не превышает 10% от их выявленных эксплуатационных запасов.

Доля подземных вод в хозяйственно-питьевом водопотреблении населения (с учетом сельского) составляет не менее 60%. Почти на половине территории подземными водами могут быть удовлетворены потребности сельскохозяйственного водоснабжения, на 25...30% территории.

По уровню доступа населения к системам централизованного водоснабжения, Республика Казахстан уступает развитым странам, в которых этот показатель составляет 90-95%.

Общие тенденции развития орошения и сельскохозяйственного водоснабжения свидетельствуют, что использование подземных вод в РК должно существенно возрасти. Это определяется их огромными ресурсами, возрастающими потребностями, а также увеличивающимся загрязнением поверхностных водоемов и рек.

Пастбищные территории Казахстана, являются основным средством развития животноводства и в настоящий момент они нуждаются в воспроизводстве природных ресурсов. Создание высокопродуктивной кормовой базы животноводства возможно за счет повышения водообеспеченности и организации участков локального орошения вблизи обводнительных источников с большими дебитами воды [47, с. 312-324].

На сегодня на пастбищах производится до 15,0... 16,0 млн. т. корм. ед. естественного корма. При повышении водообеспеченности пастбищ использование оазисных систем позволит дополнительно выработать до 2,0 млн. т. корм. ед. Этому может способствовать наличие высокодебитных самоизливающих артезианских скважин, стимулируя организацию территорий оазисного орошения с применением дождевальных комплексов. Основная нагрузка по производству кормов ложится на южные и юго-восточные регионы как наиболее обеспеченные ресурсами подземных вод и благоприятными в мелиоративном отношении почвенно-грунтовыми комплексами.

Современное состояние сельскохозяйственного водоснабжения свидетельствует, что из всех сельских населенных пунктов РК только в Акмолинской (45%), Алматинской (54%) и Южно-Казахстанской (47%)

примерно половина или чуть больше населения пользуется водой из централизованных источников водоснабжения. Водой из местных подземных источников пользуются в Акмолинской (46%), Актюбинской (82%), Алматинской (38%), Атырауской (19%), Восточно-Казахстанской (62%), Жамбылской (55%), Западно-Казахстанской (66%), Карагандинской (67%), Костанайской (61%), Кызылординской (40%), Мангистауской (41%), Павлодарской (83%), Северо-Казахстанской (68%), Южно-Казахстанской (36%) областях. В остальных случаях сельское население пользуется водой из поверхностных источников либо привозной водой. Эффективная модернизация и развитие систем водоснабжения осуществляется поэтапно и запланированы на ближайший, среднесрочный и долгосрочный периоды с обязательным учетом экологических нужд и поддержание экосистем, в т.ч. водной среды. Приоритетными направлениями Стратегии развития водоснабжения страны являются: гарантированное обеспечение населения качественной питьевой водой в необходимом количестве; обеспечение 100% доступа городского (к 2020 г.) и сельского населения (к 2030 г.) к централизованным системам водоснабжения и водоотведения; максимальное использование потенциала подземных вод [29, с. 1-32; 47, с. 291-314; 54].

Ныне, при сбалансированном (50%) в целом по Республике использовании ресурсов поверхностных и подземных вод, подземные воды преобладают в Актюбинской (91% от общего водозабора), Алматинской (61,9%), Восточно-Казахстанской (81,9%), Жамбылской (98,3%), Западно-Казахстанской (44,9%), Южно-Казахстанской (69,3%) областях и г. Алматы (58,4%). Вместе с тем, на поверхностных водах почти полностью базируется водопотребление городов и поселков Атырауской, Северо-Казахстанской, Павлодарской областей, городов Астана и Степногорск.

Однако, износ основных фондов водопроводно-канализационного хозяйства в Республике (согласно результатам технической экспертизы, проведенной по линии Агентства Республики Казахстан по регулированию естественных монополий), составляет 60...70% и выше [47, с. 132]. По этой причине потери в водопроводных сетях из-за износа труб достигают 30...60% от объема забора воды.

3.2.10 Экологическая функция подземного стока

Использование водных ресурсов в производственно-экологических целях.

Устойчивое функционирование природно-хозяйственных систем Казахстана предполагает гармонизацию двух подходов к водопользованию: экосистемный подход, диктуемый, с одной стороны, экологическим нормированием спроса на водные ресурсы, обеспечивающим охрану окружающей среды, а с другой – запросы социально-экономического развития. Поэтому по функциональному назначению возобновляемые ресурсы речного стока дифференцируются на природную и ресурсную составляющие: экологический потенциал и производственный ресурс, соответственно, что основано на необходимости

сбалансирования социально-экономических и экологических аспектов развития РК [23, с. 3-70].

Экологический потенциал речного стока Республики расходуется преимущественно на поддержание приемлемых водно-солевых режимов внутренних бессточных и окраинных водоемов, а также на обязательное обеспечение санитарных и природоохранных попусков в речной сети.

Производственный ресурс речного стока расходуется отраслями водного хозяйства на удовлетворение спроса на воду населения и экономики с учетом того, что в структуре водного хозяйства Республики вычлняются отрасли-водопотребители – орошаемое земледелие, коммунально-бытовое, промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение, использующие ресурсы речного стока путем отвода их из гидрографической сети, и отрасли-водопользователи – гидроэнергетика, судоходство, рыбное хозяйство, рекреация, осуществляющие свою деятельность в пределах речного бассейна.

На основе анализа проектных и научно-исследовательских разработок установлен экологический спрос природно-хозяйственных систем Республики на водные ресурсы, включающий потребности природных объектов, обязательные трансграничные попуски, а также непроизводительные потери как ограничение производственного использования водных ресурсов.

Нормативы экологического потенциала и производственного ресурса речных вод Республики в настоящее время установлены в размере 37% и 63% среднемноголетних ресурсов речного стока, соответственно [7, с.7-118].

Водные ресурсы подразделяют также на потенциальные и располагаемые – доступные для использования в отраслях экономики с учётом социальной необходимости, экономической целесообразности и экологических требований [23, с. 3].

Располагаемые водные ресурсы определяется по разности потенциальных водных ресурсов и обязательных затрат стока: дополнительные водоотъемы в КНР, экологические и санитарные попуски в замыкающие водоемы и в сопредельные страны, а также ущерб речному стоку при отборе подземных вод. В среднемноголетние располагаемые водные ресурсы РК составляют 29,7-30 км³, а в маловодные годы 75% и 95% обеспеченности – 20,4-23,1 км³ и 10,0-9,9 км³, соответственно. Располагаемые водные ресурсы РК на перспективу оцениваются следующим объемами: в маловодные годы на уровне 2030 года – 10 км³, на уровне 2040 года – 9,9 км³; в многоводные годы на уровне 2030 года – 30 км³, на уровне 2040 года – 29,7 км³; в средние по водности годы на уровне 2030 года – 20,4 км³, на уровне 2040 года – 23,1 км³ и будут покрываться, главным образом, за счет поверхностных источников (84%), остальной объем – 16% (3,7 км³/год), преимущественно за счет подземных вод [23, с. 1], которые являются неотъемлемой и важнейшей составной частью располагаемых водных ресурсов.

Действительно, в процессе гидролого-гидрогеологического цикла – круговорота воды в природе, ресурсы речного стока взаимосвязаны с ресурсами

подземного стока, образуя единый водный потенциал, в общих чертах описываемый уравнением водного баланса речного бассейна.

Единой методической основой нормирования безвозвратного изъятия речного стока (уменьшение естественного стока реки в результате различных видов антропогенного воздействия на водные ресурсы, включая водозабор, создание водохранилищ и прудов, переброска стока в другие бассейны рек, агролесомелиорация и другое) и установления экологического стока (стока на незарегулированных участках реки при допустимом безвозвратном изъятии речного стока, обеспечивающий условия устойчивого и безопасного функционирования водных экосистем) и экологического попуска (попуск из водохранилищ, обеспечивающий условия устойчивого и безопасного функционирования водных экосистем на участке реки ниже водохранилищ) является принцип устойчивого функционирования водных и околоводных (пойменных) экосистем и сохранение условий естественного размножения организмов, при которых сохраняется способность природных компонентов к саморегуляции, то есть самоочищению и самовозобновлению. Экологический попуск формируется с учетом рыбохозяйственного, руслоформирующего, санитарного, а также других видов попусков (расходов), обеспечивающих устойчивое и безопасное функционирование водных и околоводных экосистем. Все эти мероприятия не должны превышать нормы допустимого изъятия речного стока – максимального объема воды, безвозвратно изымаемого из реки, при котором сохраняются условия устойчивого и безопасного функционирования водных и околоводных экосистем.

Экологическая функция подземного стока. Участие и доля ресурса подземного стока в реализации экологического потенциала достаточно очевидна и ясна ввиду гидравлической взаимосвязи и единстве водных ресурсов. Более того, подземный сток ввиду практически постоянной величины в разрезе года (за пределами периодов половодья и паводков), выполняет нивелирующую роль в общем (поверхностном и подземном) речном стоке, что наглядно видно на гидрографе реки [30, с. 22-31].

Ежегодно возобновляемые ресурсы подземных вод – тождественные расходу естественной межени в качестве минимального остаточного расхода речного стока, приходящегося на холодные периоды года, когда эвапотранспирация и инфильтрация, как правило, отсутствуют вовсе, либо крайне незначительны, являются неотъемлемым компонентом водных ресурсов и окружающей природной среды, обеспечивая минимально допустимый естественный экологический сток и, тем самым, экологическую устойчивость водно-солевого режима внутренних и окраинных водоемов, речных пойм и дельт, а в целом – устойчивое поддержание естественного функционирования биосферы, включая обеспечение условий благополучного проживания населения, которое зависит от состояния экосистем. В этом качестве возобновляемые ресурсы подземных вод, представленные подземным стоком, являются экосистемными [48, с. 25-37; 55].

В условиях генетической взаимосвязи поверхностных и подземных вод крайне важно установление нормированного экологического потенциала и для подземного стока в части использования естественных ресурсов подземных вод при эксплуатации месторождений подземных вод, в том числе в условиях вынужденного в будущем частичного замещения ресурсов поверхностных вод ресурсами подземных вод в виду нарастающих глобальных климатически выраженных, но антропогенно обусловленных угроз сокращения речного стока.

Нормированный подземный экологический сток должен удовлетворять ряду условий: обеспечивать достаточное для наземной биоты валовое увлажнение почв в целях устойчивого функционирования наземных биогеоценозов; быть переменным во времени внутри года, как это наблюдается в естественных условиях; обеспечивать сохранение параметров подземного стока в пределах диапазона его оптимальных значений (уровней грунтовых и пьезоуровней артезианских вод, солевого режима грунтовых вод и артезианских бассейнов).

Это в полной мере касается обширных междуречных пространств республики, где они, в определенной мере, обеспечены нормативным экологическим спросом природных систем на водные ресурсы за счет естественных ресурсов подземных вод, формирующихся из различного вида атмосферных осадков, что позволяет говорить в целом об устойчивом функционировании экосистем, за исключением случаев принудительного нарушения экологических нормативов на водные ресурсы в условиях зарегулирования стока.

Базисный экологический сток (БЭС). Единой методической основой нормирования и установления экологического стока и его базисной величины является принцип устойчивого функционирования водных и околоводных (пойменных) экосистем и сохранение условий естественного размножения организмов, при которых сохраняется способность природных компонентов к саморегуляции, самоочищению и самовозобновлению. Кроме того, согласно определению Брисбенской декларации, экологический сток призван, также, обеспечивать благополучные условия для населения, которое зависит от состояния пресноводных экосистем [55, с. 4-13; 56].

Если подземное питание рек являются важнейшим гидрологическим показателем условий формирования, распространения и динамики подземных вод, а в экосистемном качестве как показателя экологического состояния окружающей среды, то в речном стоке подземный сток выступает в качестве базисного экологического стока, использование которого должно нормироваться требованиями охраны водных и околоводных объектов.

Следовательно, в качестве минимального остаточного расхода воды в реке–базисного экологического стока (БЭС), необходимо принять расход естественной межени – имеется в виду водность, создаваемая естественной зарегулированностью речного бассейна в межень, к которой приспособились живые организмы [55, с. 4-13; 57]. Поэтому, БЭС, оказываясь тождественным подземному стоку, является аналогом коэффициента подземного питания

поверхностного естественно зарегулированного стока речных бассейнов Казахстана, изменяясь от 0,096 до 0,495 д.ед. годового речного стока конкретного бассейна стока (таблица 5), реально отвечает природе гидролого-гидрогеологических процессов формирования водных ресурсов Казахстана (таблица 2).

Ввиду того, что подземный сток достигает 50% речного, в экологическом потенциале (экологическом стоке) речных бассейнов Республики доля подземного стока аналогична и составит: $37,85 \text{ км}^3/\text{год} \times 50\% = 18,925 \text{ км}^3/\text{год}$. Следовательно, располагаемые естественные ресурсы подземных вод окажутся равными $44,95 \text{ км}^3/\text{год}$ за вычетом экологического спроса на водные ресурсы недр (экологического стока), то есть объемом: $44,95 - 18,925 = 26,0 \text{ км}^3/\text{год}$. Таким образом, для перспективного (до 2040 г.) лимита забора подземных вод в объеме, не превышающем $1,5 \text{ км}^3/\text{год}$, имеется почти 17-кратный резерв водообеспечения Республики ресурсами подземных вод, а при лимите забора подземных вод в объеме $1,91 \text{ км}^3/\text{год}$ [23, с. 3-70], реализуется 13,6-кратный резерв водообеспечения Республики ресурсами подземных вод.

3.3 Фундаментальная экосистемная взаимосвязь загрязнения и истощения водных ресурсов

Вода обеспечивает существование растительности и живых организмов – биосферы, поскольку она является средой, в которой происходят биохимические реакции и превращения, без которых не может существовать биосфера – у наземных животных содержание воды в организме составляет 45÷95%. Вода является самым ценным и необходимым веществом биосферы.

Общий объем гидросферы Земли – свыше 1 миллиарда 500 млн. км^3 . Из них в океанах и морях – 1370 млн. км^3 , в подземных водах – около 60 млн. км^3 , в виде льда и снега – около 30 млн. км^3 , во внутренних водах – $0,75 \text{ млн. км}^3$, а в атмосфере – $0,015 \text{ млн. км}^3$.

На пресную воду на всей планете приходится только 2,8%; из них 2,15% находится в ледниках и только 0,65% в реках, озерах, подземных водах. Большая масса воды (97,2%) является соленая.

3.3.1 Обострение дефицита пресной воды

В настоящее время гидросфера охвачена невиданными по скорости и размерам преобразованиями, связанными с технической деятельностью человека. Ежегодно загрязняется в 10 раз больше воды, чем используется. В процессе хозяйственной деятельности человечество возвращает в глобальную гидросферу ежегодно 1000 и более км^3 сточных вод. Неудивительно, что практически все реки мира в той или иной степени загрязнены, как и некоторые озера, замкнутые моря и прибрежные воды, а также верхний горизонт подземных вод.

Запасы воды на поверхности нашей планеты огромны, но 97,5% этих запасов – соленая вода морей и океанов и только 2,5% – пресная. Однако 70% пресной воды сосредоточено в ледниках и ледниковых покровах, другая часть –

в почвенных водах или залегают глубоко под землей. В результате реально доступно человечеству менее 1% пресной воды, или всего около 0,007% всей массы воды на планете. Именно эта масса регулярно возобновляется через естественный круговорот воды, то есть относится к возобновляемым ресурсам, в той или иной мере доступным человечеству.

Крайне неравномерное распределение водных ресурсов на континентах мира свидетельствует, что в среднем на каждого человека в мире приходится порядка 7600 м³ возобновляемой пресной воды в год, но это – не более чем условный показатель, полезный для сопоставлений. Реально во многих районах на человека приходится гораздо меньшее количество воды, что обусловлено водно-климатическими условиями.

Малое количество воды на душу населения характерно, прежде всего, для аридных и полуаридных районов. Важным фактором обеспеченности водой служит распределение осадков по сезонам. Даже в районах муссонного климата при значительном количестве осадков в период летнего муссона часто наблюдается острая нехватка воды в зимний период. Это характерно, например, для Индии, восточной части Китая и других стран.

Величина возобновляемых водных ресурсов в расчете на душу населения, очевидно, снижается при росте численности и соответственно плотности населения: чем выше плотность, тем меньше воды на данной территории приходится на одного человека. Наиболее красноречивые примеры - Европа, Южная и Юго-Восточная Азия.

Таким образом, для аридных и полуаридных регионов, территорий с муссонным климатом и регионов с высокой плотностью населения характерно наиболее интенсивное использование воды, следовательно, нарушение водных экосистем и высокий уровень загрязнения водных объектов. В этих же районах наблюдаются высокие показатели забора воды из источников: районы с высоким уровнем водозабора на душу населения – это территории с высокой плотностью населения и в значительной степени аридные и полуаридные территории либо территории с муссонным климатом. Именно здесь, прежде всего, действует положительная обратная связь, обуславливающая возникновение и усиление дефицита пресной воды.

Удельное водопотребление в расчете на душу населения (общий объем воды, потребляемой за год в народном хозяйстве, отнесенный к численности населения) – показатель с очень широким диапазоном изменений по странам мира: от значения менее 20 м³ на человека в год, до более 8000 м³. Только в восьми странах его значение превышает 6000 м³, причем высокие значения характерны для стран с низким уровнем экономического развития (за исключением США и Канады, где сохраняется в основном экстенсивный характер водопользования, что позволяют природные условия).

Примечательно, что распределение стран по величине удельного водопотребления сходно с их распределением по показателю душевого валового национального продукта. Огромный объем потребления воды человечеством и быстрый рост этого объема (только в XX в. водопотребление

увеличилось в шесть раз и более чем вдвое превысило темпы роста населения) не повлекли за собой сходного по темпам или масштабам водосбережения, рационализации использования воды и развития водосберегающих технологий. Из всей массы воды, потребляемой в сельском хозяйстве, 60% идет на непродуктивное испарение и возвращается в реки и подземные воды в виде загрязненной воды.

Потребление воды в городах и промышленности также крайне непроизводительно. В развивающихся странах в результате утечек в системах водоснабжения, незаконных подключений к этим системам и неэффективного использования теряется до 50% воды, забираемой из источников. Во многих развитых странах этот процент также достаточно высок.

3.3.2 Уравнение загрязнения-истощения ресурса пресной воды гидросферы

Согласно экологическому принципу который был затронут выше, (Principle No.1 – “Ecological”) Дублинской Международной конференции ООН по водным ресурсам и окружающей среде (1992 г.): «Пресная вода является ограниченным и уязвимым ресурсом, имеющим существенное значение, для обеспечения жизни, развития и окружающей среды».

В условиях внутренней ограниченности и внешней уязвимости водные ресурсы Казахстана рассматривается как компонент национальной безопасности, поскольку пресная вода – важнейший природный ресурс, без которого невозможна никакая деятельность человека, а с другой стороны, вода – неотъемлемая часть (экосистемный компонент) всей природы и главный компонент окружающей среды.

Запасы пресной воды гидросферы – природный ресурс, который необходимо охранять от загрязнения и истощения, поскольку пресная вода является ограниченным и чрезвычайно уязвимым ресурсом. Это следует из того факта, что в результате глобального гидрологического цикла в среднемноголетнем разрезе, гидросфера обладает фиксированным объемом воды, который не может быть изменен. Однако в условиях нарастающего глобального потепления климата и антропоцентризма ресурс пресной воды истощается в результате нарастающего техногенного загрязнения [58].

Таким образом, истощение ресурса пресной воды имеет двойственную природу, связанную: 1) с интенсивным таянием ледников горных стран в условиях наступившего глобального потепления и 2) с глобальным загрязнением экосистем и гидросферы в целом. Следовательно, формулировка Дублинского экологического принципа должна быть уточнена: «Пресная вода – необходимый для обеспечения жизни, развития и окружающей среды ресурс становится уязвимым и уменьшающимся ресурсом по причине антропогенного загрязнения гидросферы».

Соотношение пресной и загрязненной воды определится балансовым уравнением:

$$Q_{(t=0)} = Q(t)_{ПВ} + Q(t)_{ЗВ}, \quad (17)$$

где: $Q_{(t=0)}$ – первоначальный (до наступления антропоцентрической эпохи в истории экосферы, либо до начала активной фазы техногенеза) объем пресной составляющей гидросферы (глобального, либо регионального уровня), $Q(t)_{пв}$, $Q(t)_{зв}$ – объемы пресной и загрязненной воды, соответственно, как функции времени антропоцентризма, либо активного техногенеза, соответственно, находящиеся, при $Q_{(t=0)} = \text{const}$, во взаимно обратном соотношении [59; 60].

Выше приведенное балансовое уравнение, именуемое: «уравнение загрязнения–истощения ресурса пресной воды гидросферы глобального и регионального масштаба», отражает условие непрерывности в качестве локальной формы закона сохранения компонентов изолированной системы, согласно которому, в частности, масса гидросферы сохраняется при всех природно-техногенных процессах в ней как квазизакрытой системе.

На региональном уровне прогрессирующее загрязнение и качественное истощение ресурсов пресных вод контролируется, как комплексом внешних факторов – изменением климата и несогласованностью межгосударственных отношений по количеству и качеству трансграничных водных ресурсов, так и внутренних факторов – использованием водозатратных и «грязных» технологий во всех приоритетно-актуальных направлениях использования водных ресурсов, в том числе ресурсов подземных вод, в экономике и социальной сфере: хозяйственно-питьевом и производственно-техническом водоснабжении, сельском хозяйстве, включая орошаемое земледелие и обводнение пастбищ.

С учетом высокой степени уязвимости природной среды и отраслей экономики Казахстана к изменениям количества (истощение) и качества (загрязнение) водных ресурсов стратегия устойчивого водообеспечения Республики (региональный уровень) должна быть ориентирована на неблагоприятное сочетание двух дестабилизирующих факторов: климатически обусловленным изменениям местного стока (10-20%) и антропогенным сокращением трансграничного стока (до 50%) [26, с. 2-7], включая фактор истощения за счет антропогенного загрязнения окружающей среды.

Наиболее зависимыми от трансграничного стока являются Арало-Сырдаринская (89%), Жайык-Каспийская (79%), Шу-Таласская (76%) ПХС. Без мер повышения эффективности водопользования и управления водными ресурсами к 2040 году этот дефицит усилится, что отрицательно скажется на обеспечении водой населения, росте ВВП и экологическом состоянии территории Казахстана.

Таким образом, стратегия устойчивого водообеспечения Казахстана ресурсами подземных вод в условиях климатически и антропогенно обусловленных изменений окружающей среды, сопровождающихся истощением и загрязнением водных ресурсов, должна базироваться на принципах экосистемного подхода к интегрированному (целостному) управлению их использования.

3.3.3 Оценки интенсивности водообмена инфильтрационного этапа гидрогеологического цикла

При всем разнообразии солености подземных вод – от пресных до крепчайших рассолов, ее формирование обусловлено двумя противоположно направленными гидрогеохимическими процессами – осолонения захороненных первичных седиментационных вод и их последующего рассоления: первый приводит к формированию рассолов (седиментационный и постседиментационные этапы гидрогеологического цикла), второй – к их опреснению (инфильтрационный этап гидрогеологического цикла).

Условия формирования различных по составу и степени минерализации подземных вод в области инфильтрационного гидродинамического режима и опреснения определяются в основном физико-химическими процессами в системе вода-порода, происходящими преимущественно по механизму конвективной диффузии, описываемым следующим уравнением конвективной (фильтрационной) дисперсии:

$$\frac{c - c_0}{c' - c_0} = e^{-\frac{Q}{V}t}, \quad (18)$$

где V – объем воды в рассматриваемой водонапорной системе, равный эффективному объему порового пространства водоносной породы (статические запасы подземных вод, в первом приближении); $Q(t)$ – количество инфильтрационных вод (атмосферных и поверхностных), поступающее в водонапорную систему в единицу времени, эквивалентное возобновляемым (динамическим) ресурсам подземных вод; t – время с начала инфильтрации; $c(t)$ – текущее значение минерализации подземных вод; c' – первоначальная минерализация подземных вод; c_0 – минерализация инфильтрационных вод; при $t = 0$ $c = c'$, а при $t \rightarrow \infty$ $c \rightarrow c_0$ [61].

Аргумент показательной функции $\frac{Q}{V}t = N$ – число циклов водообмена, так что формула (18) принимает более простой вид:

$$\frac{c - c_0}{c' - c_0} = e^{-N}, \quad (19)$$

Так как отношение $\frac{V}{Q} = \tau$ – это период водообмена то формулу (18) можно записать в виде:

$$\frac{\tilde{n} - \tilde{n}_0}{\tilde{n} - \tilde{n}_0} = e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (20)$$

При $t = \tau$ имеем

$$\frac{c - c_0}{c' - c_0} = \frac{1}{e}, \quad (21)$$

что соответствует $N = 1$, то есть одному циклу водообмена. Следовательно, за один цикл водообмена минерализация уменьшается в $e = 2,718...$ раз (при $c_0 = 0$).

Наиболее интересна возможность использования модуля инфильтрационного питания подземных вод, эквивалентного модулю подземного стока [19, с.13]. Действительно, модуль питания равен объему инфильтрации во времени Q , отнесенному к площади инфильтрации (площади распространения водонапорной системы) F :

$$\mu(t) = \frac{Q}{F} \text{ или } Q = \mu(t)F, \quad (22)$$

а объем водонапорной системы связан с площадью распространения F и мощностью водонапорной системы H :

$$V = FH, \quad (23)$$

Следовательно

$$\frac{Q}{V} = \frac{\mu}{H}, \quad (24)$$

Таким образом, уравнение фильтрационной дисперсии принимает вид:

$$\frac{\tilde{n} - \tilde{n}_0}{\tilde{n} - \tilde{n}_0} = a^{-\frac{\mu}{i}t} \quad (25)$$

показывающий уменьшение концентрации с ростом времени от начала инфильтрации, то есть увеличение темпа рассоления, при увеличении модуля подземного стока и уменьшении мощности водонапорной системы артезианской геоструктуры. Из этой формулы видно, что период водообмена определяется весьма просто:

$$\tau = 31.71 \frac{i}{H}, \quad (26)$$

при традиционных в гидрогеологии размерностях H [м] и μ [л/с·км²]. Например, при $H = 100$ м и $\mu = 1$ л/с·км² период водообмена составит $\tau = 3170,98$ лет, что соответствует одному циклу водообмена; при увеличении модуля в 10 раз цикл водообмена завершится в 10 раз быстрее, а при модуле в 10 раз меньше цикл водообмена будет происходить в 10 раз медленнее.

Для размерностей H (мм) и μ (мм/год) формула для определения периода водообмена τ наиболее проста:

$$\tau = \frac{i}{\mu}, \quad (27)$$

Рассмотрим конкретный пример оценки интенсивности водообмена инфильтрационного этапа гидрогеологического цикла на хорошо изученном Приташкентском трансграничном водоносном горизонте (Приташкентском ТГВГ), содержащем в казахстанской его части широко известную минеральную воду «Сарыагашская» [62, с. 20].

Приташкентский ТГВГ (Приташкентский ТГВГ), разделяемый Казахстаном и Узбекистаном (рисунок 15), представляет собой уникальный

источник глубоко залегающих пресных подземных вод в Центральной Азии, занимая юго-восточную часть обширного Сырдарьинского артезианского бассейна.

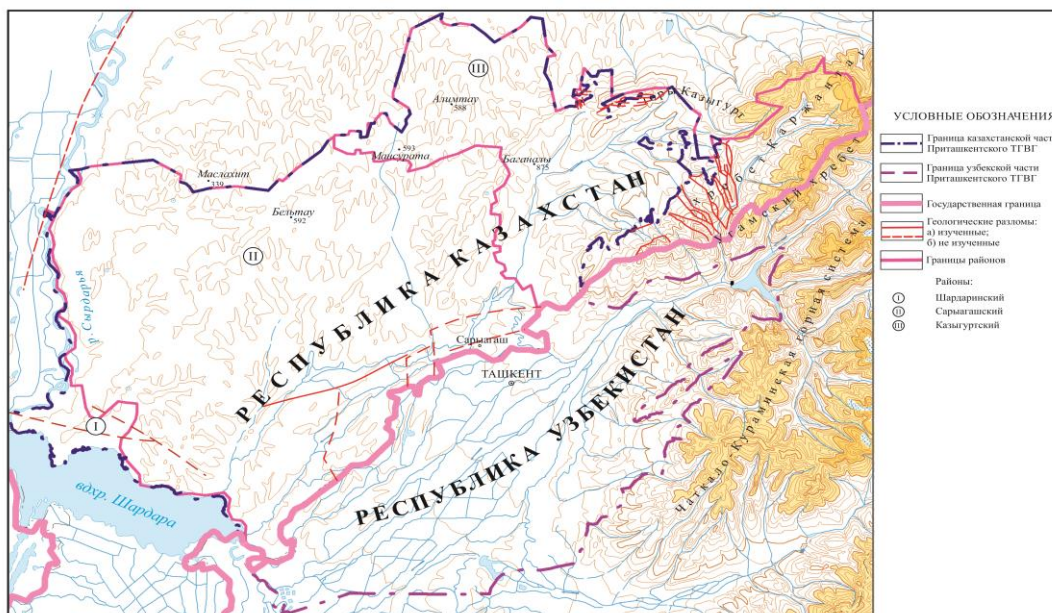


Рисунок 15 – Границы Приташкентского ТГВГ [62, с. 50]

В геолого-структурном отношении Приташкентский ТГВГ представляет собой глубокий (до 3-3,5 км) предгорный прогиб, расположенный между орогенными областями Западного Тянь-Шаня и платформенными структурами Юго-Восточных Кызылкумов. В его пределах выделяются Келесская (казахстанская часть Приташкентского ТГВГ), Ташкентская и Ангренская впадины с глубиной залегания кровли палеозойских образований до 3,5 тыс.м (рисунок 16).

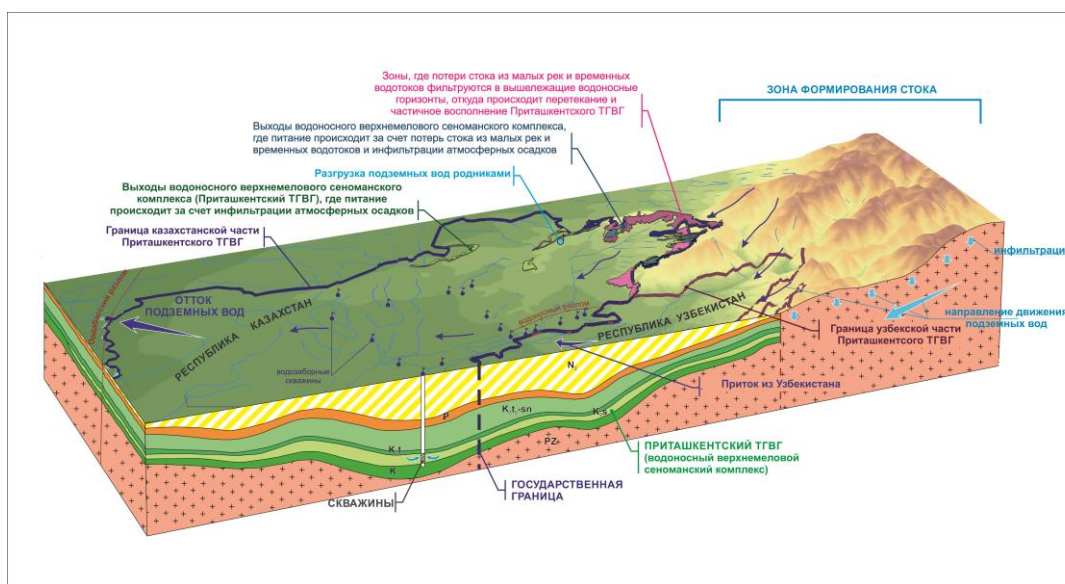


Рисунок 16 – Приташкентский трансграничный водоносный горизонт [62, с. 66]

В геологическом строении изучаемого бассейна и его горноскладчатого обрамления принимают участие породы палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Палеозойские образования в горном обрамлении представлены изверженными и осадочно-метаморфическими преимущественно терригенными породами.

Осадки мела в пределах описываемого бассейна развиты почти повсеместно и постепенно, с некоторым уменьшением в мощности, переходят в смежные артезианские бассейны Кызылкумов. С ними связаны напорные водоносные горизонты минеральных и термальных вод Приташкентского ТГВГ, широко используемые в бальнеологии. Вышележащие отложения кайнозоя представлены осадками палеогена, неогена и четвертичной системы.

Продуктивный водоносный верхнемеловой сеноманский комплекс K_{2s} средней мощностью 90 м представлен песчаниками, песками, гравелитами, конгломератами, глинами, аргиллитами, реже известняками. Высоконапорный (+29,5 м, в среднем) Приташкентский ТГВГ залегает на глубинах до 1900 м (1064 м, в среднем). Минерализация подземных вод составляет 0,4-1,5 г/л.

Разведанные и оцененные эксплуатационные запасы Сарыагашского месторождения подземных вод составляют 1464 м³/сут для Казахстана и 2044 м³/сут для Узбекистана. Воды горизонта используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения, в бальнеологии и для бутилирования.

Изучение возраста подземных вод меловых отложений, предпринятое в 60-х годах 20-го столетия [63] показало, что в погруженных частях Ташкентской впадины развиты наиболее древние воды (до одного и более млн. лет). Как правило, они характеризуются увеличением, относительно стандарта, содержания дейтерия $D=1,00-1,03$ (анализы выполнены в ВНИИЯГГ МГ СССР В.А.Сойфером, за единицу принят стандарт Московской водопроводной воды). Краевые части бассейна и северное крыло Приташкентской впадины, где меловые породы выходят на поверхность характеризуются водами с содержанием дейтерия 0,93-0,96, присущим для инфильтрационных вод, в которых дейтерия содержится около 0,90-0,93. В глубоко залегающих термальных водах, вскрытых скважинами (около 2 тыс.м), концентрация дейтерия повышенная (в среднем 1,02). Наибольшее содержание дейтерия в водах бассейна составляет 1,07. Учитывая, что в пластовых водах Приташкентского артезианского бассейна наблюдается смешение седиментационных и инфильтрационных вод, можно полагать, что первичная концентрация дейтерия в пластовых седиментационных водах была еще выше современных и примерно равнялась 1,1 [63, с. 64-67].

Вместе с тем, необходимо учитывать и тот факт, что изотопный состав атмосферных осадков и подземных вод явно современного инфильтрационного происхождения отражает питание Приташкентского артезианского бассейна влагой воздушных масс континентального происхождения (низкие концентрации D и O^{18}) в противовес высоким концентрациям D и O^{18} , присущим воздушным массам океанического происхождения [64].

При переоценке эксплуатационных запасов подземных вод Приташкентского ТГВГ (1983 г.), выполненной аналоговым моделированием на электроинтеграторе, осуществление калибровки модели и решение

стационарной задачи относительно пьезометрического уровня позволило оценить суммарное питание Приташкентского ТГВГ площадью 301,8 км² в количестве 41,65 л/с или 3,845 мм/год. Общий объем питания в Казахстане с учетом питания вдоль разлома (8,8 л/с) составил 50,45 л/с, а модуль питания $\mu=4,657$ мм/год. Общий объем подземных вод в казахстанской части Приташкентского ТГВГ, рассчитанный как произведение площади водоносного горизонта (10 840 км²) на его эффективную мощность (90 м) и водоотдачу (0,1) равен 97,6 км³ [62, с. 51-69].

В период переоценки эксплуатационных запасов были проведены изотопные исследования подземных вод Приташкентского ТГВГ. В соответствии с их результатами «возраст» подземных вод, изливающихся из скважин в районе г. Сарыагаш, составил 6000 лет. Этот возраст хорошо соответствует времени продвижения подземных вод от зоны питания до площади эксплуатационного отбора при скорости потока 1,5 м/год.

Действительно, водоносный верхнемеловой сеноманский комплекс характеризуется низкой водопроводимостью $5 \div 35$ м²/сутки, его упругая водоотдача составляет $4,36 \cdot 10^{-4}$ м²/сутки, а коэффициент фильтрации не превышает 0,4 м/сутки при пористости не более 0,1. Таким образом, скорость потока подземных вод Приташкентского ТГВГ при градиенте фильтрационного потока не более 0,001, оценивается в $0,001 \cdot 0,4 / 0,1 = 4 \cdot 10^{-3}$ м/сутки = 1,5 м/год [62, с. 51-69].

Проведем оценку периода водообмена по выражению (27). Для приведенных в работе величин мощности Приташкентского ТГВГ $H = 9000$ мм (мощность горизонта 90 м; водоотдача 0,1; питания $\mu = 3,845$ мм/год период водообмена согласно формуле (27) составит:

$$\tau = 2340,7 \text{ лет,}$$

а для варианта общего объема питания $\mu = 4,657$ мм/год (50,45 л/с) период водообмена согласно формуле (27) равен:

$$\tau = 1932,4 \text{ лет.}$$

Как видим, порядок расчетных величин периода водообмена и «возраста» подземных вод по данным изотопных исследований Приташкентского ТГВГ совпадает, что является, несомненно, свидетельством достоверности теоретического подхода [65] к оценке «возраста» подземных вод, представленного выше. Несомненным является и тот факт, что «возраст» различен и в пределах площади распространения Приташкентского ТГВГ, поскольку определяется расстоянием места определения «возраста» подземной воды от области питания.

Установление «возраста» (6000 лет, район г. Сарыагаш) и длительности цикла водообмена (1932,4 г., в среднем для Приташкентского ТГВГ) подземных вод позволяет, решая обратную задачу, по формулам (19-20), оценить

минерализацию атмосферных осадков области питания и используя поле современных значений минерализации подземных вод Приташкентского ТГВГ (рисунок 17).

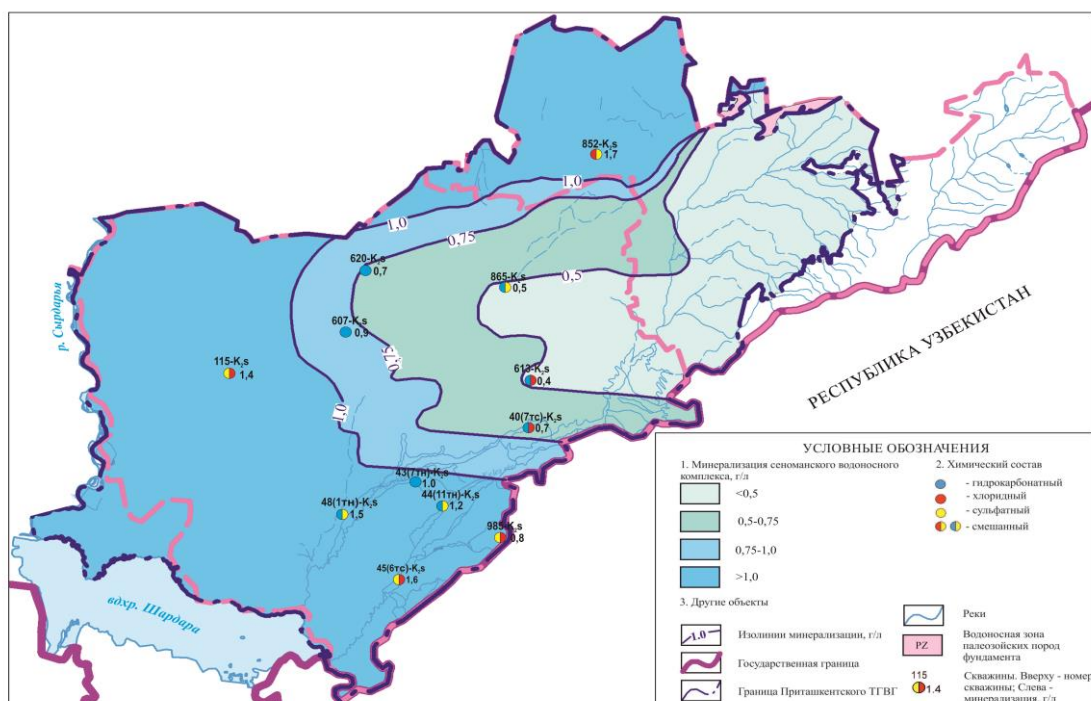


Рисунок 17 – Карта минерализации подземных вод Приташкентского трансграничного водоносного горизонта [62, с. 51-69]

Прежде всего, определим количество циклов водообмена: $N = 6000:1932,4 \sim 3$ (район г.Сарыагаш). За один цикл водообмена ($N = 1$) минерализация уменьшается в $e = 2,718...$ раз, а за 3 цикла водообмена ($N = 3$) – $e^3 \sim 20$ раз [66]. Следовательно, для значения минерализации подземных вод района г.Сарыагаш $\sim 0,5$ г/л значение минерализации атмосферных осадков области питания Приташкентского ТГВГ в прошлом составляло $0,5 \text{ г/л} : 20 \sim 25 \text{ мг/л}$, то есть достаточно реальное значение, свидетельствующее о существовании водообмена в водонапорной системе Приташкентского ТГВГ. Все это подтверждается состоянием пьезометрической обстановки ТГВГ (наличие напорного градиента $\sim 0,001$), свидетельствующей о движении подземных вод в направлении от горных сооружений к региональной области разгрузки – долине реки Сырдарии и далее – к конечной области разгрузки – котловине Арала, а также не нулевым значением модуля питания – модуля подземного стока, $\mu = 4,657 \text{ мм/год}$ [62, с. 51-69].

Интенсивная эксплуатация Приташкентского ТГВГ по казахстанской части начата с 1981 года. Значительный водоотбор длительной (более 25 лет) эксплуатация подземных вод в условиях реальной переэксплуатации способствует прогрессирующему формированию региональной депрессионной воронки с постоянно нарастающей сработкой упругих запасов Сарыагашского

месторождения подземных минеральных вод. При этом наибольшие понижения наблюдаются в районе действующих курортно-оздоровительных объектов и достигают 109-140 м. Всего за период 1981-2010 гг. отобрано 118 189 тыс.м³, что в среднем составляет 11 165,7 м³/сут при утвержденных эксплуатационных запасах по казахстанской части ТГВГ 1464 м³/сут воды [62, с. 51-69].

Итоги многолетней эксплуатации подземных вод казахстанской части Приташкентского ТГВГ свидетельствует, что темпы водоотбора превышают утвержденные эксплуатационные запасы в 7,6 раз, следовательно, и возможности естественного восполнения ресурсов, в связи с чем происходит интенсивная сработка запасов подземных вод, которая проявляется в снижении напоров, а пьезометрическая поверхность подземных вод по скважинам приблизилась к поверхности земли или опустилась ниже её. Это с неизбежностью приведет к переводу большей части эксплуатационных скважин на насосный режим эксплуатации [62, с. 57].

Сокращение запасов подземных вод может привести к истощению уникального водоносного горизонта – Приташкентского ТГВГ. При дальнейшей интенсивной эксплуатации существует угроза ухудшения качества подземных вод Приташкентского ТГВГ и прогрессирующего снижению пьезоуровней ниже земной поверхности, снятия при этом пластового давления и изменения направления гидравлических градиентов. В результате из вышележащих водоносных горизонтов и слабопроницаемых водоупоров будет происходить отжим и перетекание минерализованных подземных вод в Приташкентский ТГВГ [62, с. 51-69].

4 ИЗМЕНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАЗАХСТАНА

4.1 Экологическое состояние природных систем Казахстана

Несмотря на локально и регионально осуществляемый комплекс природоохранных мероприятий, экологическая обстановка в Казахстане остается неблагоприятной, загрязнение природной среды - высоким [7, с.7-118].

В Казахстане 8 крупных городов имеют высокий очень высокий уровень загрязнения воздуха ($ИЗА > 7$), наибольшее содержание загрязняющих веществ наблюдается в городе Алматы ($ИЗА-15,2$). Наибольшие выбросы в последнее время происходят в Карагандинской и Павлодарской областях - 1529,2 и 629,5 тыс. тонн в год, соответственно. Особенно много источников выбросов в Восточно-Казахстанской, Мангыстауской областях и в городе Алматы.

Интенсивное развитие добычи и переработки полезных ископаемых привело к тому, что основу современной промышленности страны составляют наиболее опасные для окружающей среды предприятия металлургической, топливно-энергетической и горнодобывающей отраслей. На их долю приходится 88,5% всех выбросов в окружающую среду.

По данным земельного баланса по состоянию на 1 ноября 2015 года в Республике числится 247,7 тыс.га нарушенных земель, на которых размещаются отвалы вскрышных и горных пород, хвостохранилища, золоотвалы, карьеры угольных и горных разработок, нефтяные поля и амбары. Наибольшее количество нарушенных земель находится в Карагандинской, Костанайской, Мангистауской, Акмолинской, Восточно-Казахстанской, Актюбинской, Павлодарской областях. Во всех промышленных регионах существуют экологически опасные зоны воздействия: терриконы, отвалы, карьеры, буровые скважины, отходы горнорудного производства общей площадью более 60 тыс.га, которыми постоянно загрязняются почвы [27, с. 35].

Сельскохозяйственное производство является основным видом воздействия на природно-территориальные комплексы Казахстана, которое существенно влияет на ландшафтно-экологическое состояние земель, охватывая 85,3% земель страны. Основными видами сельскохозяйственного воздействия на ландшафты являются агрогенный, мелиоративный и пастбищный.

Главной причиной, усложняющей экологическую ситуацию, является несовершенство технологий переработки сырья предприятиями металлообработки, химической, легкой и пищевой промышленности, что приводит к накоплению в отходах вредных тяжелых металлов, радионуклидов, продуктов разложения технологических реагентов и других вредных веществ. Существующие в Казахстане технологии переработки сырья по выходу отходов (на единицу продукции) уступают передовым зарубежным аналогам.

Велико техногенное воздействие на ландшафты Казахстана. Удельный вес площадей ландшафтов по степени техногенного воздействия распределяется следующим образом: площади средней и сильной нарушенности примерно равны и в сумме достигают 42%, показатель площадей с низкой степенью

нарушенности составляет 38%, остальные 20% приходятся на участки очень низкого и незначительного техногенного воздействия.

Определение современного экологического состояния природных систем Республики Казахстан относится к наиболее актуальным проблемам.

Современные экологические проблемы Республики имеют различное происхождение и различную степень остроты, определяя ареалы зональных, азональных и интразональных групп природоохранных проблем и в значительной мере уровень жизнеспособности населения [7, с.7-118].

Деградация экосистем происходит в основном под влиянием выбросов в атмосферу, поверхность земли и гидросферу токсичных (физико-химических и биологических) загрязнителей.

По степени опасности для здоровья загрязняющие вещества подразделяются на 4 класса: 1 – чрезвычайно опасные (ртуть, бериллий, четыреххлористый углерод); 2 – высоко опасные (свинец, кадмий, алюминий, кремний, кобальт, барий, мышьяк, бензол, хлор, висмут, цианиды, нитриты); 3 – опасные (нитраты, аммиак, железо, марганец, никель, хром, цинк, медь, метан, ванадий, фосфаты, ацетон, хлорбензол, нитробензол, СПАВ и др.); 4 – умеренно опасные (хлориды, сульфаты, фенолы, нефтепродукты, пестициды, бром, бор, фтор, окисляемость и др.). В основу классификации положены показатели, характеризующие различную степень опасности для человека химических соединений, загрязняющих питьевую воду, в зависимости от токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдаленные эффекты, лимитирующие показатели вредности, контролируемые ГОСТ и СанПиН.

Основными источниками загрязнения природной среды являются газообразные, жидкие и твердые вещества и отходы производства, вызывающее деградацию среды обитания и наносящие ущерб здоровью населения, что остается наиболее острой экологической проблемой современности, имеющей приоритетное социальное и экономическое значение. Несмотря на локально и регионально осуществляемый комплекс природоохранных мероприятий, экологическая обстановка в Казахстане остается неблагоприятной, а загрязнение природной среды высоким.

Анализ причинно-следственных связей возникновения и развития кризисных ПХС РК позволил выявить доминирующую роль водного фактора в экологической дестабилизации, на фоне глобально выраженной трансформации климатических процессов.

Наиболее крупные очаги загрязнения наблюдаются вблизи предприятий, сбрасывающих промышленные отходы и сточные воды на земную поверхность или в речную сеть без предварительной их очистки – в 2015 году общий объем сброса сточных вод в речную сеть составил 5,9 км³/год, в том числе 0,131 км³/год (2,25%) неочищенных [27, с. 16-44]. К таким объектам относится большинство предприятий горнодобывающих, перерабатывающих, строительных, животноводческих и транспортных отраслей экономики, а также городские агломерации с ненадежной системой очистки промышленных и бытовых стоков или без нее. Вблизи таких загрязнителей наблюдаются

крупные ореолы загрязнения подземных вод, приводящих к выходу из строя целых водозаборов подземных вод или их участков.

На территории Республики выявлено более 850 потенциальных источников загрязнения подземных вод, из них 350 непосредственно влияют на гидрогеохимическое состояние подземных вод. Наибольшее количество источников загрязнения подземных вод выявлено в Алматинской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областях. Основная масса участков загрязнения подземных вод (250) характеризуется повышением минерализации, увеличением жесткости, сульфатов, хлоридов до значений, превышающих ПДК; порядка 87 выявленных участков характеризуются содержанием в подземных водах азотистых соединений: 50 – нефтепродуктов; 60 - тяжелых металлов; 45 - фенолов; 30 – органических соединений. Чрезвычайно опасная степень загрязнения месторождений питьевых подземных вод, связанная с промышленным техногенезом, характерна для Ертисского и Нура-Сарысуского водохозяйственных бассейнов. Характерна также приуроченность к этим бассейнам загрязнения подземных вод веществами 1 класса опасности: ртутью и бериллием. Одновременно отмечается площадное загрязнение подземных вод нефтепродуктами в местах расположения практически всех нефтегазодобывающих комплексов. Загрязнение подземных вод радионуклидами зафиксировано на тех же территориях, а также Семипалатинского ядерного полигона, на участках захоронения радиоактивных отходов и разработки урановых месторождений. Наиболее экологически неблагополучными областями Казахстана по уровню загрязнения являются Карагандинская, Жамбылская, Кызылординская, Южно-Казахстанская, Восточно-Казахстанская и Алматинская области, составляющие 52,2% площади Республики (рисунок 18) [47, с. 239].

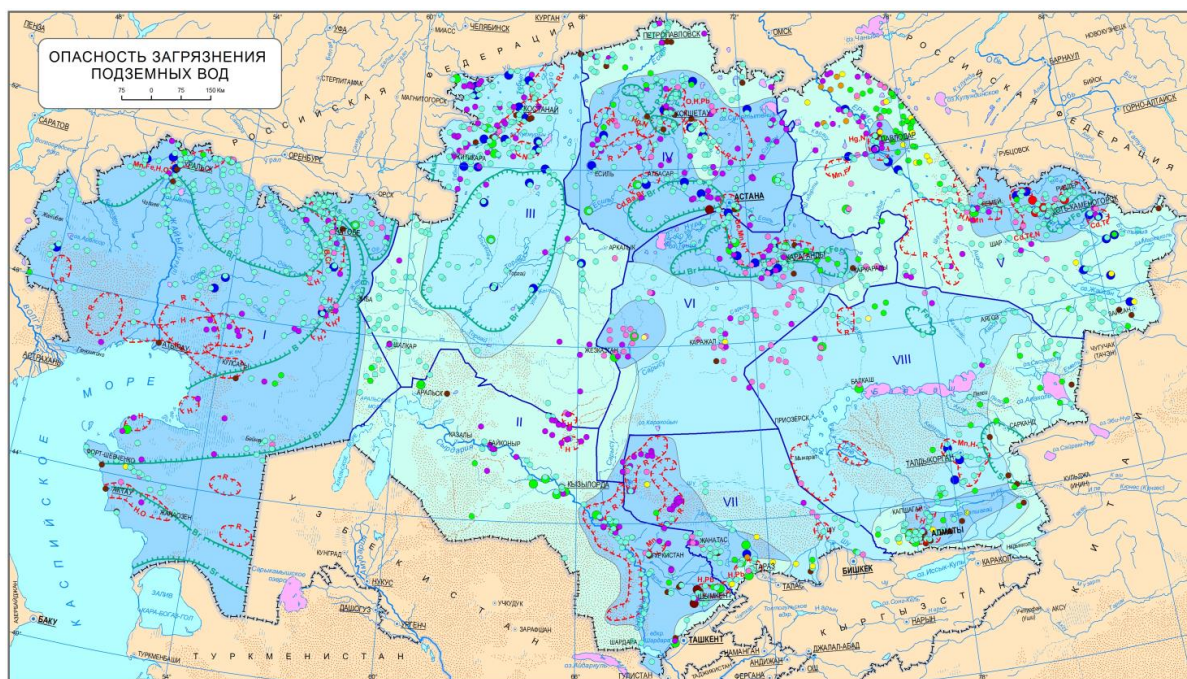
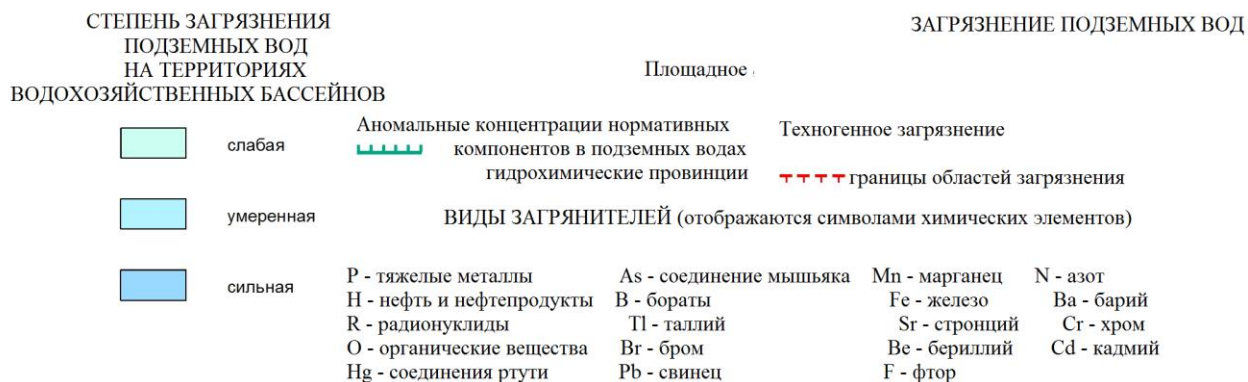


Рисунок 18 – Карта загрязнения подземных вод Казахстана, лист 1 [67]





Условные обозначения:










Очаговое и в зоне влияния месторождений подземных вод

Месторождения, в зоне влияния которых отмечено загрязнение подземных вод. Цвет ободка соответствует классу опасности загрязняющих веществ. Без ободка отмечены месторождения, у которых качество воды соответствует нормам ГОСТа "Вода питьевая и нормируемая"

Класс опасности загрязняющих веществ

-  умеренно-опасные
-  опасные
-  высокоопасные
-  чрезвычайно опасные

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД,
РАЗВЕДАННЫЕ ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ИНЫХ ЦЕЛЕЙ

-  Минеральные воды
-  Хозяйственно-питьевое водоснабжение
-  Хозяйственно-питьевое водоснабжение и орошение земель
-  Производственно-техническое водоснабжение
-  Орошение земель
-  Хозяйственно-питьевое и производственно-техническое водоснабжение
-  ХПВ, ПТВ и ОЗ

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ БАССЕЙНЫ










-  Жайык-Каспийский
-  Арало-Сырдаринский
-  Тобыл-Торгайский
-  Есильский
-  Ертисский
-  Нура-Сарыуский
-  Шу-Таласский
-  Балкаш-Алакольский
-  Границы водохозяйственных бассейнов

Рисунок 18, лист 2

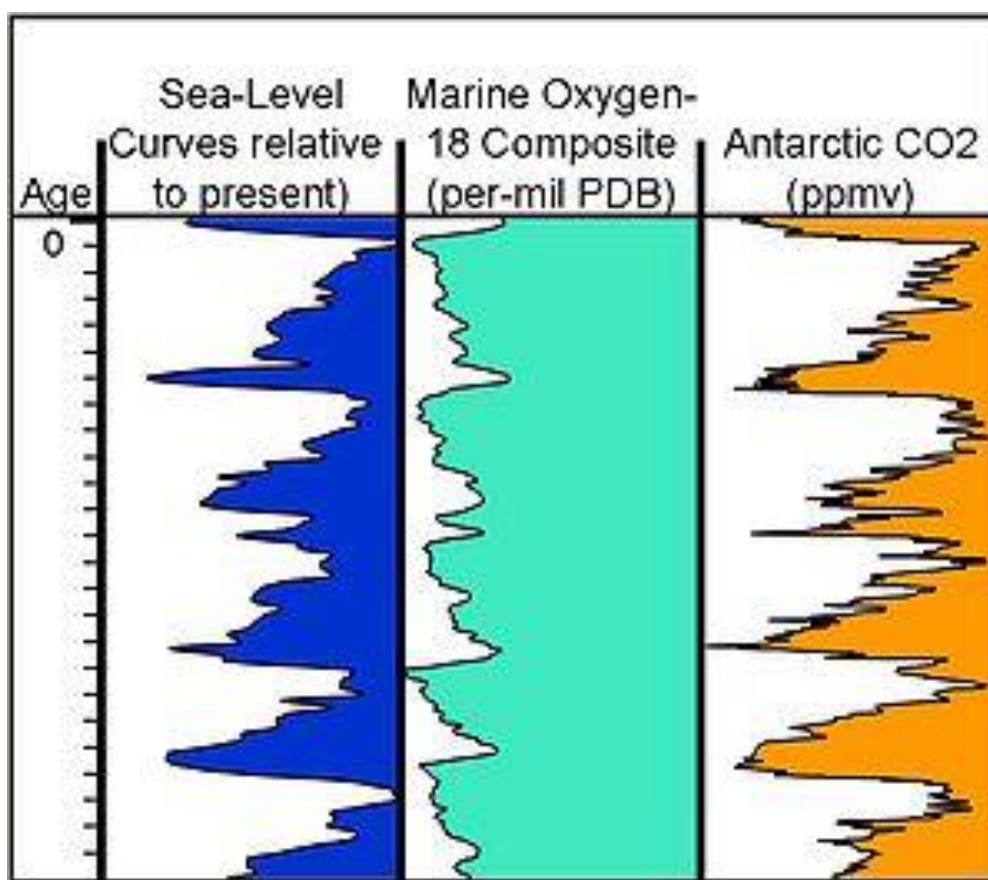
Вместе с тем, качество питьевой воды, отвечающих гигиеническим нормативам, в 2015 г. достаточно высокое и составило: для централизованных систем водоснабжения – 97,5%, для децентрализованных систем водоснабжения – 93,5% [27, с. 16-44].

4.2 Климатически обусловленные изменения окружающей среды

Глобально выраженные изменения климата обусловлены переменами в земной атмосфере и процессами, происходящими в других сферах Земли, а также, уже в наше время – эффектами, сопутствующими деятельности

человека. Внешние, космические, процессы, формирующие климат – это, прежде всего, изменения солнечной активности.

Гипотеза о циклических изменениях климата – чередовании прохладно влажных и тепло-сухих периодов, выдвинутая в конце XIX в. русскими учеными Э.А. Брикнером и А.И. Воейковым, существенно дополнена в XX в. А.В. Шнитниковым [68] в виде стройной теории о внутривековой и многовековой изменчивости климата и общей увлажненности материков Северного полушария, во многом базирующейся на астрономической теории М. Миланковича (1938 г.) [69]. В основу системы доказательств положены факты о характере изменения горного оледенения Евразии и Северной Америки, уровней наполнения внутренних водоемов, в том числе Каспийского моря, уровня Мирового океана (рисунок 19), изменчивость ледовой обстановки в Арктике, исторические сведения о климате.



Климатические индикаторы: изменение уровня океана (синий), концентрация ^{18}O в морской воде (зеленый), концентрация CO_2 в антарктическом льду (желтый). Деление временной шкалы – 20 000 лет. Пики уровня моря, концентрации CO_2 и минимумы ^{18}O совпадают с межледниковыми температурными максимумами

Рисунок 19 – Глобальные изменения климата за последние 0,5 млн. лет [70]

Исследования гидрологического режима Каспийского моря показали, что за последние 9-10 тыс. лет имело 6 сильно выраженных трансгрессий и такое же количество регрессий, свидетельствующих о чередовании прохладно-влажных и тепло-сухих климатических эпох с интервалом в 1500-2000 лет. О существовании 2000-летних циклов в голоцене свидетельствуют высокие уровни Каспия [71].

Таким образом, для периода голоцена со всей очевидностью доказана многовековая изменчивость климата как ритмического процесса, продолжающегося и в настоящее время [72].

Современная климатология, однако, игнорирует фактор природной цикличности и взамен этому настойчиво транслирует гипотезу глобального потепления, отмечающегося в настоящее время и рассматриваемого как антропогенный процесс, вызванный усилением парникового эффекта вследствие повышенного выброса газов с высокой прозрачностью в видимом диапазоне и с высоким поглощением в дальнем инфракрасном диапазоне: водяного пара, углекислого газа, метана, озона и других, причем наибольшее воздействие на тепловой баланс Земли оказывает водяной пар – 36-72%, меньше антропогенный углекислый газ – 9-26%, метан – 14-9%, озон – 3-7%, а также закиси азота с парниковой активностью в 300 раз выше, чем углекислого газа и фреонов с парниковой активностью в 1300-8500 раз выше, чем углекислого газа.

Несмотря на рост контроля за выбросами парниковых газов в последний экономический кризис, в мире в целом в 2000-2010 гг. выбросы парниковых газов росли быстрее на 2,2%, чем в три предшествующих десятилетия (1970-2000 гг.) - на 1,3% в год. Следовательно, проблематично говорить о достижении принятой ООН цели удержать рост температуры в пределах 2 °С [73].

Для оценки уязвимости компонента природной среды от воздействия изменений климата Международной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК), созданной ООН, разрабатываются климатические сценарии, которые предназначены для выявления чувствительности зависимых от климата характеристик окружающей среды к возможным изменениям. В этой связи в 1992 г. МГЭИК предложено шесть сценариев эмиссии парниковых газов (IS92a... IS92f) и, как следствие, столько же вариантов увеличения глобальной температуры [74]. При этом каждый вариант имеет свои пределы неопределенности. Реализация сценариев выполняется на основе равновесных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). Однако надежный прогноз изменений температуры воздуха на ближайшие десятилетия остается проблематичным. Так, по данным МГЭИК диапазон предполагаемого изменения средней годовой глобальной температуры составляет 1,0-4,5 °С [74, с. 12], между тем как в более поздних оценках верхний предел возможного повышения температуры снижен до 3,5 °С [75].

Действительное повышение средней по планете температуры при поверхностного слоя воздуха за последние 50 лет составило 0,6 °С, а с 1750 г. – начала индустриальной эпохи и антропогенного влияния на климат - 0,8 °С [76], что значительно меньше различных прогнозов МГЭИК (рисунок 20).

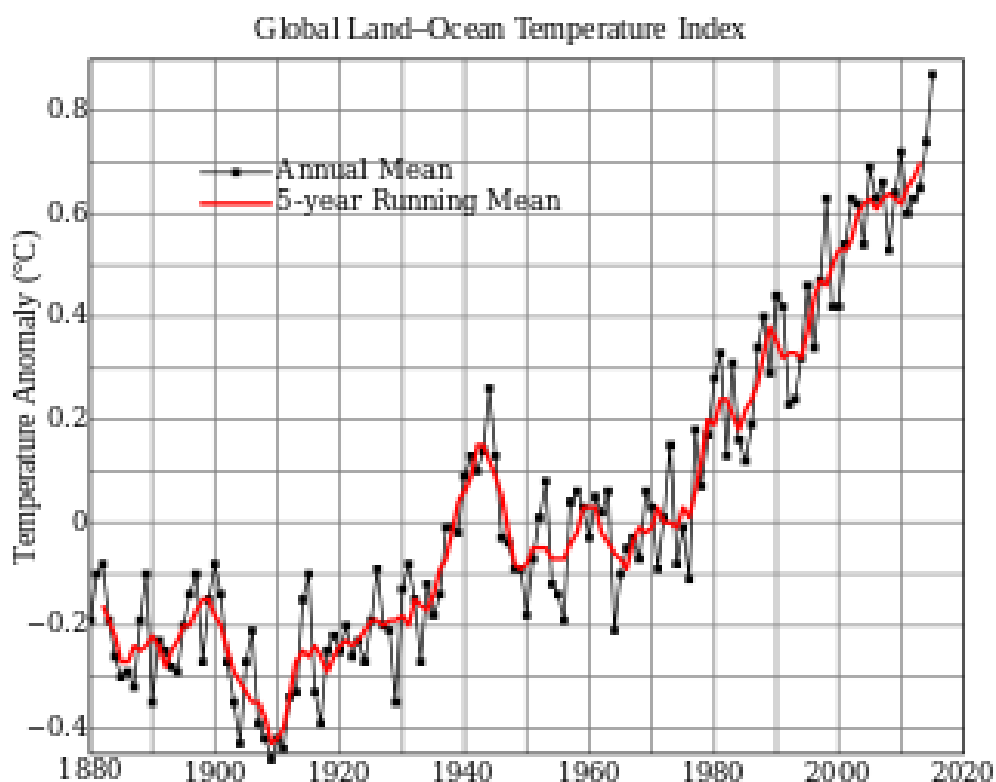


Рисунок 20 – Средние температуры поверхности Земли [77]

4.3 Ледники Центральной Азии как индикаторы глобальных климатических изменений

Одними из самых чувствительных показателей изменения климата признаны ледники Арктики, Антарктики и горных территорий, в том числе Центральной Азии – они существенно увеличиваются в размерах во время охлаждения климата («малые ледниковые периоды») и уменьшаются во время потепления климата.

Суммарная площадь ледников Азии оценивается в 120 560 км², из них 116 180 км² – в высоких горах Азии; наибольшие площади оледенения сосредоточены в Гималаях – 33 050 км², горах Тянь-Шаня – 15 417 км², Каракорума – 16 600 км², Памира – 12 260 км², Куньлуня – 12260 км² [78; 79].

Центрально-Азиатский регион Евразии занимает особое место как климатически контрастная и потому весьма уязвимая ее территория. Здесь, в ее горных районах, окруженных аридными территориями, по всем имеющимся исследованиям, происходит интенсивная деградация ледников и вечной мерзлоты, ускорившаяся с начала 1970-х годов: темпы деградации ледников Центральной Азии наиболее высокие в мире - 0,8% по площади и 1% по объему в год. Представленный в Пятом докладе МГЭИК прогноз настораживает: в случае, если средняя температура воздуха в высокогорьях региона возрастет на 8 °С и при этом количество осадков уменьшится на 16% (что не исключено, если рост концентраций парниковых газов в атмосфере будет идти по максимальному сценарию), то к 2100 году ледники могут исчезнуть, тогда условия ведения сельского хозяйства окажутся в данном регионе особенно

тяжелыми, обеспечение населения продовольствием потребует больших затрат [76; 79].

В связи с глобальным потеплением и усилением антропогенного давления на природную среду нарастает прогрессирующее сокращение водных ресурсов в аридных регионах, ускоряющее процессы опустынивания, сопровождающиеся негативным давлением на социальную сферу, что побуждает к усилению исследований проблемы оценки современных и будущих изменений водных ресурсов, основным источником формирования которых в условиях Центральной Азии являются снего-ледниковые воды многочисленных ледников, участвующих в образовании водно-ледникового стока, играющего решающую роль в формировании возобновляемых водных ресурсов, в том числе водных ресурсов недр, обеспечивая годовой объем суммарного – поверхностного и подземного, водного стока региона.

Изучение современной динамики оледенения гор юго-востока Казахстана в сопоставлении с результатами оценки изменений оледенения других горных районов свидетельствует, что, как и в большинстве ледниковых районов мира, до начала 1970-х годов ледники оставались здесь в сравнительно устойчивом состоянии. Однако эта ситуация стала изменяться в последние десятилетия в связи с наступившим глобальным потеплением, о чем свидетельствуют гляциологические исследования в Центрально-Азиатском регионе [79, с.2-246].

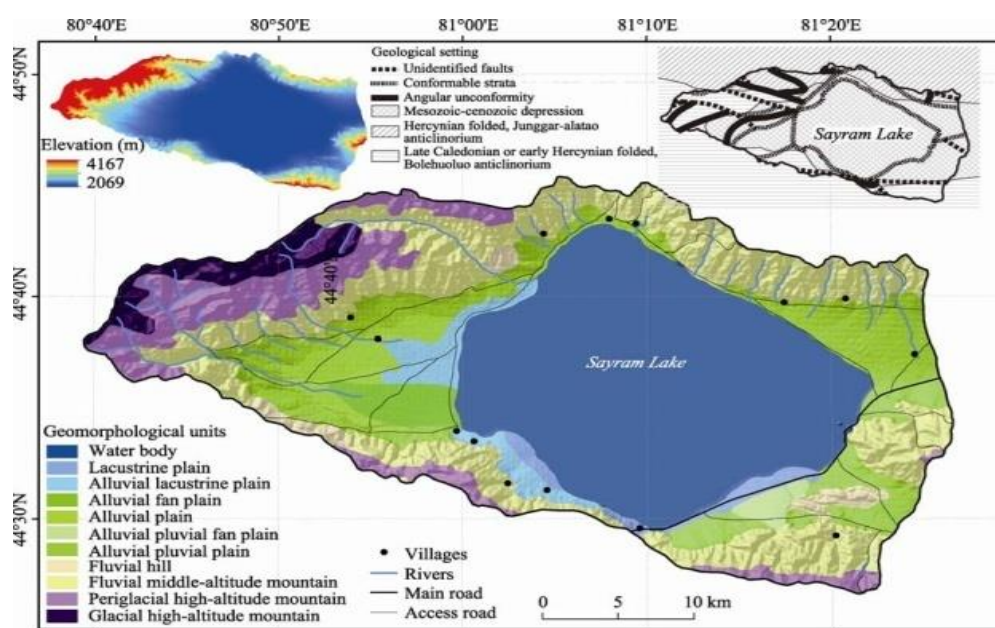


Рисунок 21 – Динамика изменения озера Сайрам [80, с. 13-22]

Так, результаты проведенных натурных исследований динамики водных ресурсов озера Сайрам, расположенного в горах Тянь-Шаня на территории КНР (на границе с РК), известного как "жемчуг" на Великом Шелковом пути, и динамики деградации питающих его водой ледников, выполненных учеными КНР путем привлечения космических средств, а также метеорологического

мониторинга (1970-2011 гг.), свидетельствуют, что за прошедшие 40 лет площадь поверхности и уровень воды озера Сайрам увеличились на $12,0 \pm 0,3$ км² (от $453,2 \pm 0,2$ до $465,2 \pm 0,2$ км²) и 2,8 м соответственно, тогда как площадь ледников, основных поставщиков воды в это озеро – уменьшилась на $2,13 \pm 0,03$ км². Ареальное изменение площади озера Сайрам, основанное на изображениях дистанционного зондирования за 40 лет, описывается уравнением регрессии: $y = 0,2973x + 452,49$; $R^2 = 0,9968$, а изменение уровня воды озера Сайрам – уравнением регрессии: $y = 0,065x + 1943,3$; $R^2 = 0,947$ (рисунок 21) [80].

Не менее показательны исследования деградация оледенения в Тянь-Шане, осуществленные Международной исследовательской группой под руководством Геологического научно-исследовательского центра Германии с использованием ансамбля из трех современных технически совершенных и независимых подходов, основанных на спутниковой гравиметрии, лазерной альтиметрии и гляциологического моделирования.

По оценкам ученых общее снижение площади ледников и их массы с 1961 по 2012 год оценивается в 18 ± 6 % и 27 ± 15 % соответственно. Эти значения соответствуют итоговой потере площади ледников, равной 2960 ± 1030 км² при средней скорости изменения массы ледников $5,4 \pm 2,8$ Гт в год. Это позволило ученым утверждать, что ледники Тянь-Шаня могут растаять наполовину к 2050 году (рисунок 22) [81].

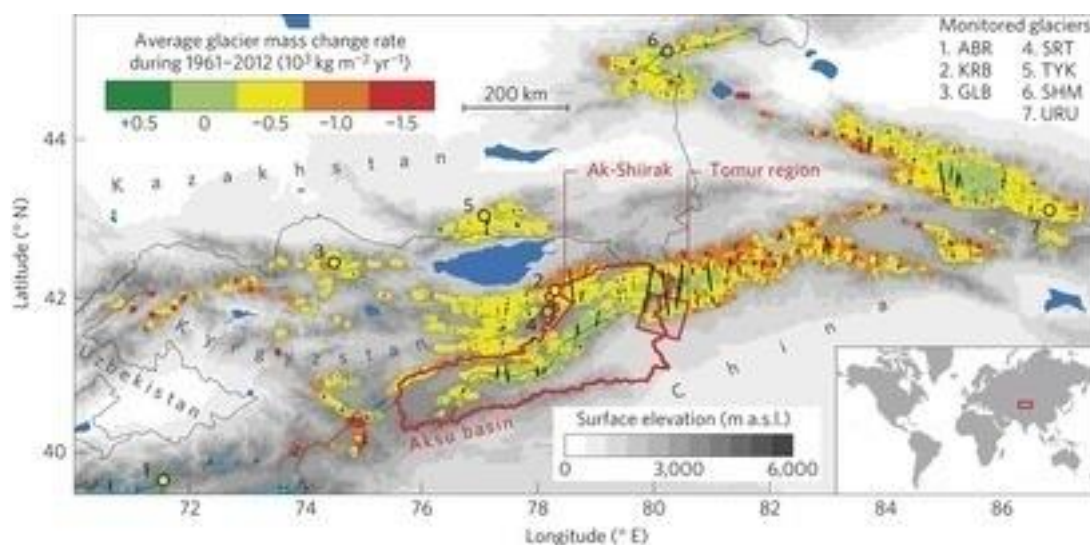


Рисунок 22 – Территории исследований ледников Тянь-Шаня [81, с. 7]

Аналогичен характер изменений площади оледенения в Жетысу Алатау – при сохранении скорости деградации оледенения $2,2$ км²/год (1% в год) ледники практически могут исчезнуть к 2060-2070 гг.

И все же, мнение о скором исчезновении оледенения Тянь-Шаня и сопредельных горных районов Центральной Азии не бесспорно. Принимая во внимание устойчивость сумм атмосферных осадков и особенно максимальных снегозапасов (снежных ресурсов) в зоне формирования стока подавляющая часть снежных ресурсов Казахстана формируется в высокогорном поясе, на

долю которого приходится от 20 до 35% суммарной площади бассейнов главных рек Республики, обеспечивающих 60-65% годового стока рек региона, следует предположить, что оледенение региона не исчезнет полностью к концу текущего столетия, поскольку нормы осадков и максимальных снегозапасов остаются устойчивыми и при современной динамике климатических условий нет оснований опасаться резкого сокращения стока и региональных водных ресурсов вследствие деградации оледенения [79, с. 2-246].

Вместе с тем, несмотря на сокращение ледниковых ресурсов со средней интенсивностью около 1% в год, нормы речного стока и его внутригодовое распределение в течение последнего полувека оставались относительно устойчивыми, что дает основание гляциологам Казахстана предположить наличие компенсационного механизма, обеспечивающего эту устойчивость в условиях деградации оледенения. Роль такого механизма предположительно выполняют талые воды подземных льдов, погребенных (покрытых моренами) ледников и каменных глетчеров. А поскольку запасы подземных льдов в горах региона сопоставимы с ресурсами наземного оледенения, исследователи полагают, что при условии сохранения в устойчивости сумм осадков и максимальных снегозапасов в зоне формирования стока, характерной для последних десятилетий, действие компенсационного механизма может продолжаться не одно столетие. Это дает основание надеяться на относительную устойчивость норм речного стока и региональных водных ресурсов по меньшей мере в течение ближайших десятилетий [79, с. 2-246].

Более того, учитывая цикличность естественных изменений климата, можно предположить, что в обозримом будущем климатические условия изменятся на более благоприятные для существования ледников и современная стадия деградации оледенения может смениться противоположной по знаку, сохраняя тем самым потенциал водно-ледникового стока горных территорий Центральной Азии.

В силу гидрологических различий в формировании стока главных рек рассматриваемого региона, установленных на основе расчленения гидрографов этих рек, их бассейны подразделяются на высокогорные со средневысокой высотой более 3000 м над уровнем моря, имеющие ледниково-снеговое питание с гляциальной зоны, дающей от 50 до 60% объема стока за год; среднегорные с высотой водосборов от 1500 до 2700 м над уровнем моря, имеющие снегово-ледниковое питание с возрастающей долей сезонных снегов до 70% и снижением доли ледниковых вод до 20%; низкогорные с высотами водосборов 600-1500 м над уровнем моря, имеющие снеговое и снего-дождевое питание с увеличивающейся дождевой составляющей от 2 до 11% по мере снижения высоты местности и полным исчезновением доли ледниковых вод [82].

Так, водный режим р. Сырдарии характеризуется снего-ледниковым питанием. Существенные изменения стока р. Сырдарии начались в 60-70-х годах XX века в связи с запросами орошаемого земледелия - тогда расход воды составлял 841 м³/с. Уменьшение стока р. Сырдарии на 44% и полное изъятие стока р. Амударьи в 1960-2000-х годах привело к Аральской экологической катастрофе. Ныне климатические ресурсы поверхностных вод бассейна р.

Сырдарии составляют 29,8 км³, из которых 26,5 км³ (89%) формируются за пределами нашей Республики и 3,28 (11%) - в Казахстане (таблица 10).

Водный режим рек Шу и Талас также характеризуется снего-ледниковым питанием. Площадь оледенения в бассейнах рек Шу и Талас составляет 762 км². Ледники накладывают особый отпечаток на гидрологический режим рек: колебания стока горных рек из года в год выровнены, степень оледенения определяет водоносность рек до 50-60% объема годового (для водосбора высотой свыше 3000 м); однако в ледниках содержится лишь 12-летний запас годового стока. С уменьшением высоты возрастает доля сезонных снегов до 70%, дождевая составляющая увеличивается по мере снижения высоты местности от 2 до 11%. Водные ресурсы бассейнов рек Шу и Талас составляют 4,67 км³, из них 3,36 км³ формируется на территории Республики Кыргызстан, в Казахстане - 1,29 км³ (таблица 10).

Таблица 10 – Среднемноголетние и прогнозные оценки стока рек водохозяйственных бассейнов юга и юго-востока Казахстана [82, с. 2-360]

Водохозяйственный бассейн	Среднемноголетний сток, км ³ /год	Прогнозный сток, км ³ /год	
		2030 г.	2050 г.
Арало-Сырдаринский	29,8	31,2	31,6
Шу-Таласский	4,67	4,91	4,97
Иле-Балкашский	29,0	31,3	32,2

Водный режим рек Иле-Балкашского водохозяйственного бассейна характерен наличием ряда природных зон с соответствующим типом режима. Обширная среднегорная зона (1500-3000м) обладает развитой гидрографической сетью. Основное питание рек составляют талые воды сезонных снегов с участием жидких осадков, а также ливневые осадки лета (до 80% стока), в меженный период наблюдается устойчивый сток. Выше 3000 м простирается высокогорная, гляциально-нивальная зона ледниково-снегового питания – здесь формируется большая часть стока наиболее крупных и полноводных рек региона: Иле, Каратал, Аксу и Лепси. В суммарные поверхностные водные ресурсы Иле-Балкашского бассейна включается сток, поступающий с территории КНР по р. Иле, равный 12,7 км³/год. В итоге суммарные ресурсы поверхностных вод Иле-Балкашского бассейна равны 29,0 км³/год, из них 16,3 км³/год формируется на территории Казахстана (таблица 10).

Временные изменения годового стока рек региона за период гидрологических наблюдений имеют общую тенденцию к увеличению на фоне существенного повышения температуры воздуха в зимне-весенний период, причем преобладание положительных аномалий меженного стока является ведущей тенденцией в изменениях стока рек региона, имеющей характер линейного тренда, соответствующего уравнению линейной регрессии [82, с. 2-360].

Прогноз изменения водных ресурсов юга и юго-востока Казахстана является ключевой гидролого-гидрогеологической проблемой, поскольку роль воды в экономике и экологической стабильности Республики бесспорно высока.

Интенсивный рост антропогенной нагрузки и тенденции в изменении климата и объективно установленного роста температуры воздуха, как в глобальном, так и в региональном масштабе Республики с конца 80-х годов XX-века факт установленный. При относительно слабых тенденциях изменений атмосферных осадков речной сток в регионе имеет тенденцию к увеличению, в котором сыграла свою роль деградация ледников с 1973 г. по настоящее время [82, с. 2-360].

Для прогнозных оценок речного стока использован способ, основанный на связях стока с метеорологическими параметрами, в качестве которых использованы прогнозные оценки на периоды 2030, 2050 гг. на основе моделей МОЦАО (модель общей циркуляции атмосферы и океана), наиболее адекватно описывающие современные изменения климата. Так, в Арало-Сырдаринском водохозяйственном бассейне суммарное годовое количество осадков по сценариям МОЦАО может увеличиться к 2006-2035 гг. на 5,4-15,7%, к 2016-2045 гг. - 6,5-21,9%, к 2036-2065 гг. - 2,1-24,3%, соответственно [82, с. 2-360].

Увеличение приземной температуры, с одной стороны, отрицательно сказывается на подземном стоке рек в связи с увеличением испарения, с другой – влияет положительно, формируя дополнительный сток с многолетних запасов влаги водосбора, а из-за перераспределения стока с относительно теплых в относительно прохладные периоды: для горных территорий существенным оказываются последние два фактора.

Наиболее целесообразным является принятие в качестве прогнозных оценок средних значений результатов по трем сценариям: оценок, полученных по методу линейных тенденций, и по двум климатическим сценариям МОЦАО [82, с. 2-360] (таблица 10).

Нарастающий дефицит воды – одна из главных причин возникновения экологических кризисов и социально-экономической нестабильности, особенно в аридных зонах. Ярким примером является ситуация в бассейне Аральского моря, где ресурсы естественного стока исчерпаны полностью и хозяйства стран региона развиваются в условиях нарастающего водного дефицита: суммарное использование ресурсов естественного стока составляет в бассейне реки Амударии 130-150% и 100-110% в бассейне реки Сырдарии. Аналогичная, если не хуже, ситуация может сложиться и в Иле-Балкашском бассейне в случае дополнительного изъятия воды из реки Иле Китаем [83].

4.4 Прогноз изменения водно-ресурсного потенциала недр в связи с климатическими изменениями

Горные системы Северного Тянь-Шаня и Жетысу Алатау с межгорными впадинами, разделяющими хребты или располагающиеся у их подножий, представляет собой западную часть глобального Центрально-Азиатского

альпийского эпиплатформенного орогенного пояса, образованного тектоническими движениями, начавшимися в конце палеогена, значительно усилившимися в конце неогена и в четвертичном периоде [84].

В общей сложности в этом поясе распространены более 60 межгорные впадин со своеобразным геологическим строением, орографией и тектоникой, гидрологическими и гидрогеологическими условиями. Наиболее крупными являются Балкашская, Илейская, Алакольская, Жайсанская (рисунок 23).

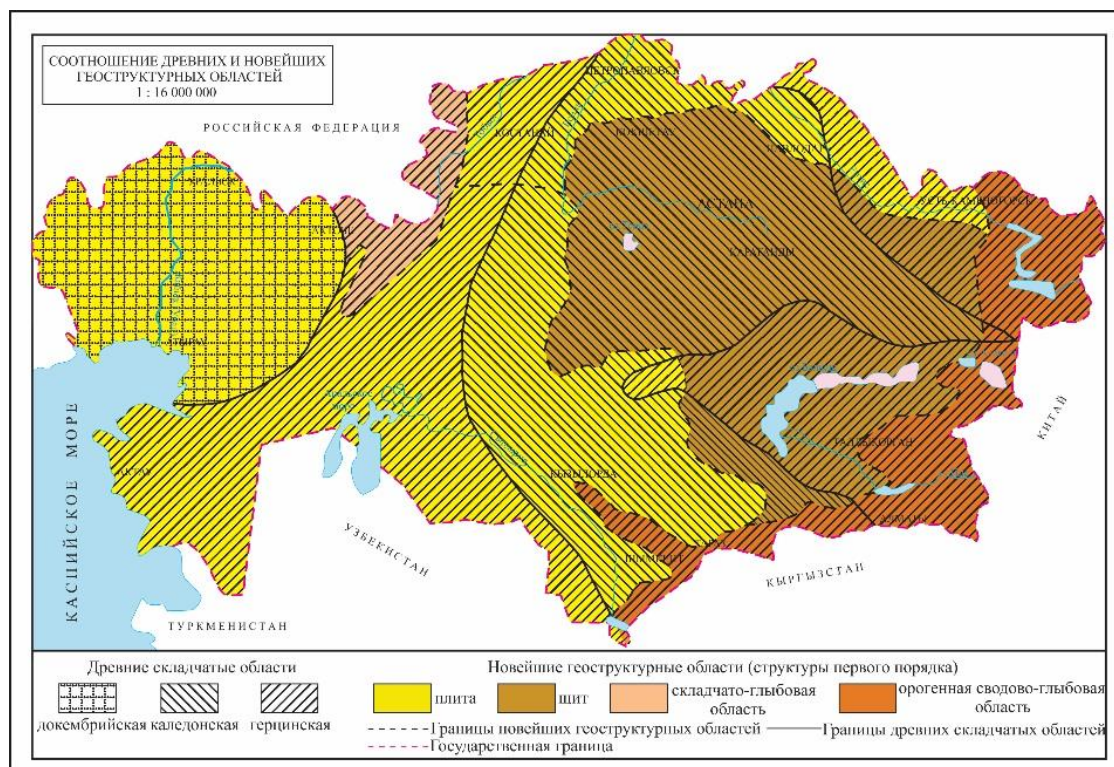


Рисунок 23 – Соотношение древних и новейших геоструктурных областей на территории Казахстана [7, с.7-118]

Внутреннее геологическое строение межгорных впадин сложное: существование одних можно проследить с позднего триаса, другие начали формироваться в меловом, палеогеновом, неогеновом и даже четвертичном периодах, что определяет набор и мощность водоносных комплексов артезианских бассейнов межгорных впадин [45, с.161; 85]. Большую часть территорий впадин занимают наклонные равнины, полого опускающиеся к долинам главных рек региона – Иле, Шу, Таласа, Сырдарии, образующих с притоками одноименные речные бассейны. Вдоль гор расположены шлейфы конусов выноса, размеры которых зависят от водности многочисленных горных рек – притоков главных рек региона. Наибольшие по мощности отложений и площади конусы выноса имеются у крупных рек северного склона Иле и Жонгар Алатау.

Рыхлый водоносный чехол четвертичных водоносных отложений межгорных впадин и предгорных наклонных равнин получает основное питание в их бортах, но особенно интенсивное – на конусах выноса. Двигаясь к

центральным частям впадин, подземный поток делится водоупорными породами на несколько этажно расположенных водоносных слоев в соответствии с их водопроницаемостью. Подземный поток самой верхней части геологического разреза – четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений частично высачивается на поверхность у периферии конусов выноса, там, где уровень грунтовых вод пересекается с дневной поверхностью, образуя восходящий родниковый сток в виде речных систем Карасу.

Причин восходящей фильтрации и истечения подземных вод либо в верхние водоносные горизонты, либо на поверхность несколько. Одна из них – закономерное увеличение доли тонкозернистых пород от бортов к центрам впадин. Другая причина – уменьшение мощности водоносных слоев при постоянной и даже всевозрастающей мощности межпластовых водоупоров в том же направлении. Нередко вертикальная фильтрация и разгрузка подземных потоков осуществляются на границах неотектонически поднятых блоков, сложенных слабоводопроницаемыми или водоупорными породами, преграждающими пути подземным потокам. Около таких преград и образуются мощные восходящие источники подземных вод, формирующие Карасу с дебитами до и более 100 л/с, как, например, в Кегено-Каркаринской впадине, где Карасу формирует реку Кегень с расходом до 16 м³/с.

В горах формируются преимущественно трещинные, реже трещинно-пластовые подземные воды неглубокой циркуляции с интенсивным водообменом с поверхностным стоком. В зонах тектонических разломов и дроблений формируются трещинно-жильные воды более глубокой циркуляции, а на участках развития карбонатных пород – трещинно-карстовые пресные и ультрапресные воды, образующиеся путем инфильтрации атмосферных осадков и талых вод, ледников и снежников.

Подземный сток в горах расчленяется на сток в реки и глубинный сток в прилегающие впадины. Модули подземного стока в реки в горах изменяются с высотой местности, рельефом, ландшафтами и в общем случае повторяют природную высотную географическую зональность. Максимальными модулями подземного стока в реки характеризуются высокогорные хребты – здесь модули от подножий к вершинам увеличиваются от 1 до 17 л/с км², уменьшаясь выше снеговой линии до 2-5 л/с км².

Основными источниками формирования подземных вод верхнеплиоцен-четвертичного комплекса являются поверхностные воды рек и других водотоков, ирригационные воды, атмосферные осадки, конденсационная влага, трещинные воды скальных массивов горного обрамления. Аккумуляторами подземных вод в первую очередь являются конусы выноса: например, по бортам Илейского бассейна питание в них достигает 100-125 м³/с, в том числе подземный приток с гор – 15 м³/с. Модули общего подземного стока на конусах выноса достигают 100 л/с·км². Питание подземных вод комплекса состоит на 29% из атмосферных осадков, 0,5% - конденсационных вод, 64% - речных вод, 4-8% - трещинных вод [86]. Альпийский орогенный пояс отличается тесными взаимосвязями подземных вод горных хребтов, межгорных и предгорных

впадин и речной сети, образующих единые гидролого-гидрогеологические системы, которые должны анализироваться дифференцированным уравнением водного баланса суши. Как было отмечено выше, уравнение является основой оценки естественных ресурсов подземных вод, где в период зимней межени поверхностный речной сток минимальный и формируется исключительно за счет подземного стока и эвапотранспирации, значение которой может быть условно принято нулевым. Это позволяет констатировать соотношение $U/R=0,5$ [38, с. 47-57].

Вместе с тем в бассейнах рек горных территорий альпийского орогенного пояса [38, с. 47-57], а также Памира, Камчатки [36, с. 134] в связи с ледниковым питанием стока горных рек и процессами конденсации доля подземного питания рек (коэффициента подземного питания рек $K_R= U/R$) достигает и даже превышает 50% ($U/R > 0,5$). Например, доля ледникового питания рек горных территорий альпийского орогенного пояса Казахстана изменяется от 12 до 13% (реки Каратал, Буктырма, соответственно) до 20% (реки Шу, Шарын), а суммарная величина питания этих рек грунтовыми и ледниковыми водами достигает 35-40-45-55% (реки Буктурма, Шу, Каратал, Шарын, соответственно) [38, с. 47-57].

Таблица 11 – Среднемноголетние и прогнозные оценки подземного стока водохозяйственных бассейнов юга и юго-востока Казахстана [87]

Водохозяйственный бассейн	Среднемноголетний сток, км ³ /год	Прогнозный сток, км ³ /год	
		2030 г.	2050 г.
Арало-Сырдаринский	14,90	15,60	15,80
Шу-Таласский	2,33	2,45	2,48
Балкаш-Алакольский	14,50	15,65	16,10

Используя среднемноголетние и прогнозные оценки общего поверхностного стока рек водохозяйственных бассейнов юга и юго-востока Казахстана, которые показаны выше в таблице 10, можно объективно оценить потенциал среднемноголетних прогнозных значений подземного стока – естественных ресурсов подземных вод, водохозяйственных бассейнов главных речных систем юга и юго-востока Казахстана [87, с. 381-386], представленных выше в таблице 11.

4.5 Районирование территории Казахстана по степени нарушенности ландшафтов и экосистем

Антропогенное вмешательство в естественный режим подземных вод оказывает существенное влияние на состояние экосистем. Таковым является эксплуатация подземных вод на крупных водозаборах, а также неконтролируемый самоизлив скважин значительных площадях ряда регионов, приводящий к образованию значительных по площади депрессионных воронок, следствием чего является снижение уровней

подземных вод, охватывающее всю водоносную толщу, включая грунтовые воды, имеющее, как правило, ограниченный по площади, локальный, но долговременный характер.

Эти процессы особенно ярко проявляются при эксплуатации крупных месторождений подземных вод, используемых для водоснабжения городов Казахстана: Алматы, Тараза, Шымкента, Кентау, Усть-Каменогорска, Семипалатинска, Кызылорды, Байконыра, Жезказгана и других. Так, на эксплуатируемых Алматинском и Талгарском месторождениях подземных вод конусов выноса сформировались депрессионные понижения уровней подземных вод площадью 85-250 км². Значительные депрессии уровня подземных вод образовались также на Жанайском, Уйтасском, Эскулинском и Айдосском месторождениях подземных вод в карбонатных мульдах, используемых для водоснабжения объектов Жезказганского горно-добывающего комплекса – на всех этих месторождениях произошло истощение эксплуатационных запасов подземных вод и ухудшение их качества [88].

Депрессионная воронка радиусом 90-100 км и площадью более 25 тыс. км² сформировалась в Восточном Приаралье в связи с эксплуатацией верхнемелового напорного водоносного горизонта на Левобережном, Тазнуринском и других месторождениях подземных вод, а также в результате функционирования большого количества (более 1000) практически безхозных самоизливающихся скважин с суммарным дебитом порядка 2,5 м³/с.

Другой разновидностью антропогенеза естественного режима подземных вод является повышение их уровней, сопровождающееся подтоплением различных сооружений, имеющее при этом более обширный по площади распространения характера. Последнее связано, как правило, с паводковыми явлениями и половодьями и имеет кратковременный характер, однако его воздействие несет зачастую значимые негативные эколого-экономические последствия. В той, или иной степени подтоплению периодически подвергаются порядка 300 населенных пунктов Казахстана. Среди них такие крупные города, как Астана, Алматы, Караганда, Кокшетау, Атбасар, Щучинск, Павлодар, Атырау и другие, сопровождаемого нарушением условий хозяйственной деятельности, либо влекущее за собой изменение ландшафтов: переувлажнение земель, заболачивание, угнетение естественной растительности и замещение ее гидроморфными видами и др. [89].

Районирование территории Казахстана по условиям залегания уровня грунтовых вод и его влияния на окружающую среду позволяет выделить три категории земель (рисунок 24).

1. Территории дренированные и сильно дренированные с расчлененностью рельефа > 50 м и преобладающей глубиной залегания грунтовых вод более 3-5, реже 10 м. Эти территории занимают 15-20% площади Республики и располагаются преимущественно в Центрально-Казахском мелкосопочнике, Мугалжарах и горных системах орогенного пояса Восточного и Юго-Восточного Казахстана.

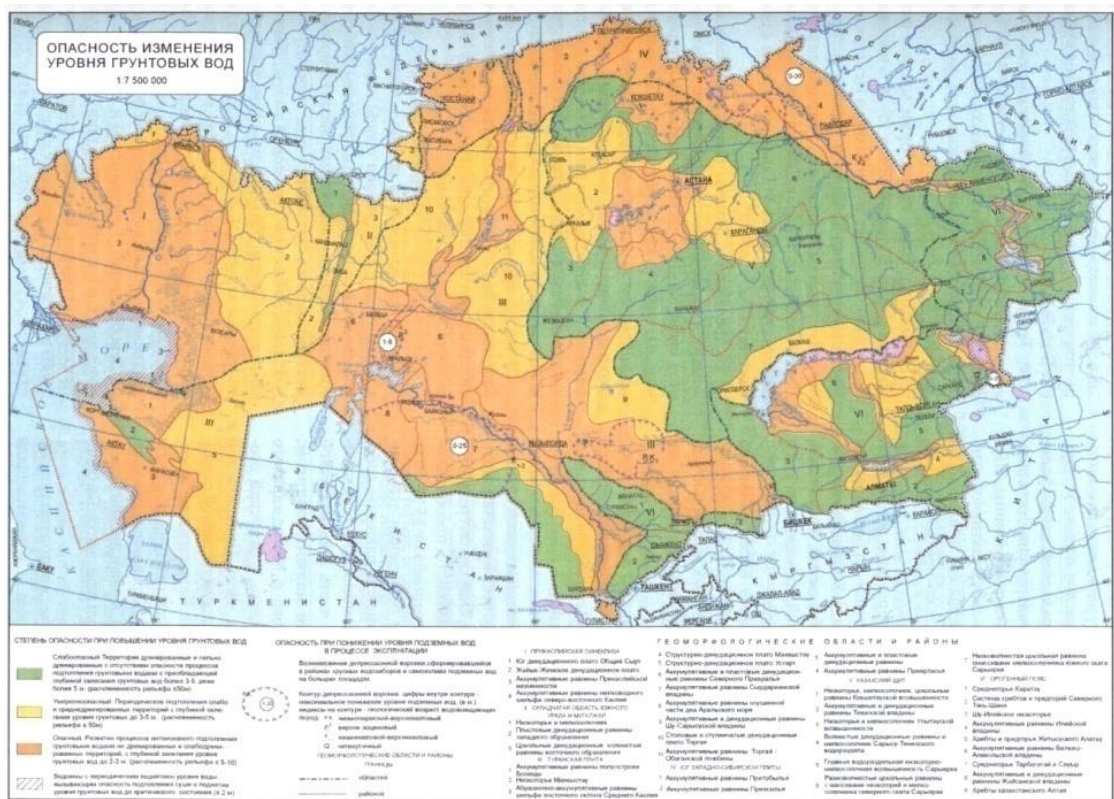


Рисунок 24 – Опасность изменения уровня грунтовых вод [88, с. 54-62]

3. Промежуточное положение занимают слабо – и среднедренированные территории с расчлененностью рельефа < 50 м и глубиной залегания уровня грунтовых вод 3-5 м. Эти территории в геоморфологическом отношении тяготеют к юго-западной части Прикаспийской равнины – его песчаным равнинам; Урало-Эмбинскому денудационному плато; центральной части Мангистауской равнины– хребтам Каратау; большей части Примуголжарского мелкосопочника; южной части Торгайской столовой равнины и Северному Приаралью; восточной части Приаральской структурно-денудационно-аккумулятивной равнины; денудационной равнине Казахского мелкосопочника; северной и южной части Шу-Сарысуской денудационно-аккумулятивной равнины; западной, южной и восточной частям Сырдарьинской аккумулятивной равнины и большей части Балкаш-Алакольской равнины.

С позиций антропоцентризма следует выделить ряд степеней территориальной нарушенности ландшафтов и экосистем и соответствующих им зон [90]:

- экологического благополучия; в этом случае состояние природных комплексов близко к естественному их функционированию, обеспечивающему традиционные формы хозяйственной деятельности без ущерба для здоровья населения; это земли первой категории;

- экологического риска; в этом случае наблюдается фиксируемое изменение естественных свойств природных комплексов, приводящее к

негативным для природы и человека последствиям; это земли преимущественно третьей категории;

- экологического кризиса; в этом случае изменение свойств природных комплексов представляет угрозу для ведения хозяйственной деятельности и здоровья человека;

- экологического бедствия; в этом случае негативные изменения природных комплексов приводят к нарушению сложившейся хозяйственной деятельности, к существенному повышению заболеваемости людей; для устранения ущерба требуется серьезная система мероприятий;

- экологической катастрофы; в этом случае негативные изменения природных комплексов приводят к невозможности ведения традиционной хозяйственной деятельности и проживания человека; ярким примером тому является Аральская экологическая катастрофа, прошедшая последовательно через экологический кризис и экологическое бедствие.

Все три последние степени антропогенеза ландшафтов и экосистем представляют земли второй категории.

Вместе с тем, во всех регионально выраженных категориях антропогенеза земель Казахстана существуют локальные участки различного микро-, мезо- и макроантропогенного масштаба по площади и интенсивности техногенного воздействия на природные экосистемы, сопровождающиеся нарушениями водно-солевого и гидрохимического режима подземной гидросферы, связанные с функционированием ГОКов, объектов нефтегазодобычи, транспортной инфраструктуры, городских агломератов и сельскохозяйственных предприятий.

5 УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАЗАХСТАНА

Глобальное антропогенное потепление климата, начавшееся в постиндустриальную эпоху, вызванное парниковым эффектом, представляет определенную угрозу для среды обитания современного человека—оценки Всемирной метеорологической организации свидетельствуют, что глобальное повышение температур может достигнуть 2,7-3,5 °С к концу XXI века [91].

Возможные изменения климата Казахстана к 2030, 2050 и 2085 годам по среднегодовой температуре воздуха, относительно 1961-1990 годов, могут повыситься на 1,4°С, 2,7°С и 4,6°С, соответственно. Годовое количество осадков также увеличится на 2%, 4% и 5% соответственно [29, с. 1-32].

Между тем, более половины (55%) территории Республики представлены пустынями и полупустынями, поэтому повышение температуры в условиях уже существующей засушливости еще более усугубит ситуацию: усилится риск развития засух, пыльных бурь, подвижных песков и уменьшения водных ресурсов. Потепление климата приведет к изменению ситуации с доступностью водных ресурсов страны, поэтому управление водными ресурсами и водопользованием как никогда ранее становится актуальным и будет играть важнейшую роль в процессах адаптации к изменениям климата и совместно с осуществлением концепции «зеленой» экономики обеспечивать устойчивое развитие Казахстана [92].

Экономика страны уже в ближайшем будущем потребует увеличения гарантированного объема водных ресурсов соответствующего качества, предназначенных для удовлетворения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд, а также для использования в промышленности, сельском хозяйстве, энергетике и рекреационных целях [23, с.15]. Однако, неопределенность, как по ожидаемым водозаборам из трансграничных речных бассейнов за пределами Республики Казахстан, так и возможным изменениям речного стока, вызванных глобальными изменениями климата существенно осложнит проблему водообеспечения.

Единственными способами улучшить данную ситуацию являются хорошо налаженное управление балансом между ресурсами и потреблением, а также и управление качеством воды [23, с.64].

Действительно, на третьем (Киото, 2003 г.) и четвертом (Мехико, 2006 г.) Всемирных водных форумах отмечено, что водные кризисы являются, прежде всего, кризисами управления, несогласованности действий заинтересованных сторон и недостаточного финансирования, а еще ранее Всемирный Саммит по Устойчивому Развитию (Йоханнесбург, 2002 г.) призвал все страны к 2005 году разработать Планы интегрированного управления водными ресурсами и эффективного использования воды. В Казахстане водные проблемы имеют аналогичные причины и требуют применения новых подходов к их решению.

5.1 Интегрированное управление

Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) является в настоящее время наиболее прогрессивной технологией и входит в число международного приоритета действий десятилетия "Вода для жизни" (2005-2015 гг.). Глобальным Водным Партнерством ИУВР определен как процесс, способствующий скоординированному развитию и управлению водными, земельными и связанными с ними биоресурсами, с целью максимизировать показатели социального и экономического развития на равноправной основе без нарушения устойчивости жизненно важных экосистем. Объявленный ООН Международный год пресной воды (с 2003 г.) закрепил понимание в мировом сообществе о необходимости перехода от обсуждений, выражений намерений и провозглашения обязательств к выполнению практических мер в водной сфере.

Это новая стратегическая цель международного сообщества во имя человека, во имя жизни воплощена в «Национальный план по интегрированному управлению водными ресурсами и повышению эффективности водопользования Республики Казахстан на 2009-2025 гг.» [93], являясь основополагающим документом по совершенствованию системы управления водным сектором экономики Республики и определяет комплекс приоритетных действий по созданию благоприятных правовых условий, формированию организационной среды и развитию инструментов ИУВР в Казахстане.

Целью Национального плана ИУВР являются формирование и развитие системы ИУВР и повышение эффективности водопользования для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития РК. Достижение цели Национального плана ИУВР направлено на решение следующих задач:

- совершенствование законодательства в области управления водными ресурсами;
- совершенствование организационной структуры, повышение потенциала и формирование межсекторного партнерства в области использования и охраны водных объектов;
- внедрение экологического компонента ИУВР и управление качеством вод;
- предупреждение и ликвидация последствий вредных воздействий вод;
- повышение эффективности водопользования;
- формирование информационно-аналитической системы управления водными ресурсами;
- развитие международного сотрудничества и совершенствование управления трансграничными водными объектами.

Поэтапное решение задач Национального плана осуществляется на основе широкого применения комплекса инструментов интегрированного управления:

- оценки водных ресурсов и потребности в них;
- разработки планов управления водными ресурсами на разных уровнях иерархии (межгосударственном, республиканском, бассейновом, территориальном);
- моделирования сценариев развития водного сектора;

- управления спросом и более эффективного использования воды;
- разрешения конфликтов, справедливого водodelения;
- регулирующих и экономических инструментов, использования стоимости и цен для обеспечения эффективности и справедливости;
- управления и обмена информацией, улучшения знаний для более совершенного управления водой.

Национальным планом предусматривается разработка прогнозов и моделей развития, учитывающих различные варианты и возможные сценарии динамики дестабилизирующих факторов. Это позволит добиться понимания важности роли сферы поставок водных ресурсов, как начального звена технологической и экономической цепочки добавленных стоимостей, от устойчивости и качества услуг которой зависит стоимость конечного продукта всей цепи производств.

5.2 Опыт зарубежных исследований по интегрированному управлению

Глобальные изменения представляют собой непосредственную угрозу для водных ресурсов во всем мире, и всевозможные решения для минимизации с помощью стратегий устойчивого управления дает возможность разрабатывать научно обоснованные решения для планирования, проектирования и пополнении водоносных горизонтов. Одни из лучших мировых опытов показывают (на примере Германии), что используя платформу INOWAS решаются вопросы по проблемам грунтовых вод, интегрированному управлению и т.д. Платформа INOWAS DSS является системой автоматического контроля, сбора информации и эффективного управления наводнениями и засухами, мониторинг и вторичное использование поверхностных и подземных вод, также позволяет пользователю настраивать и вычислять новую модель потока подземных вод, пополнять водоносный горизонт для последующего восстановления или получения экологических выгод [94].

Находящаяся в Германии (г.Дрезден) научная группа INOWAS работает с платформой INOWAS DSS и сотрудничает с исследователями из разных стран мира, по сбору и обмену экологическими данными, также по сбалансированному использованию поверхностных и подземных вод, получая положительные результаты. В настоящее время проводятся исследования в Афганистане (г.Кабул) по оценке и ранжированию различных вариантов пополнения запасов подземных вод, которые не рассматривались ранее. Результаты экспериментального тестирования будут использованы для сравнения Managed Aquifer Recharge (MAR–технология регулируемого пополнения подземных вод) с альтернативными решениями водных проблем в бассейне Кабула. Моделирование регулируемого пополнения водоносных горизонтов MAR может обеспечить поддержку в процессе принятия различных решений связанных с рациональным управлением водных ресурсов [95].

Технологии, основанные на MAR, следует изучать в Казахстане, для предотвращения наводнений, для повышения качества прогноза, повторного использования воды и улучшения управления водными ресурсами и т.д.

5.3 Управление использованием ресурсов подземных вод

Управление использованием ресурсов подземных вод не менее актуально, как и ресурсов поверхностных вод. Важнейшими, определяющими аспектами интегрированного управления ресурсами подземных вод являются, несомненно, социально-экономический – спрос, порождающий возможное, но не обязательное, изменение количества и качества водных ресурсов недр, функционально связанный с гидрогеологическим – ресурсами подземных вод. Эти эффекты могут быть, как кратковременными и обратимыми, так и долговременными и необратимыми [96].

С точки зрения управления спросом на подземные воды, важно иметь в виду, что цели социального развития оказывают сильное влияние на водопользование, особенно, когда речь идет об орошаемом земледелии и обводнении пастбищ, связанных с производством продовольствия, либо ростом городских агломераций, сопровождающихся значительным увеличением потребления – оправданного или не такового, подземных вод, как правило, на питьевые и коммунальные нужды.

Как гидрогеологические, так и социально-экономические аспекты зависят от особенностей конкретной территории, следовательно, не может быть готового рецепта для управления подземными водами. Вместе с тем, регулирование, базирующееся на водном законодательстве, и экономические инструменты (тарифы на воду) являются универсальным инструментом эффективного управления в любом регионе. При этом положения о регулировании не должны выходить за рамки того, что правительство может реализовать, а водопользователь может и должен соблюдать [96, с. 2-72].

Основной проблемой управления подземными водными ресурсами является сбалансирование их эксплуатации (восполнение - водоотбор), осуществляемое с учетом количества, качества подземных водных ресурсов и их взаимодействия с поверхностными водами при изменяющемся (зачастую, растущем) спросе на воду. Следовательно, потребность (спрос) в управлении подземными водами возникает при дефиците воды или ухудшении ее качества (загрязнения), либо того и другого совместно.

В последнем случае имеем балансовое уравнение загрязнения–истощения ресурса пресной воды. В условиях нарастающего глобального потепления по причине антропоцентризма ресурс пресной воды истощается в результате нарастающего техногенного загрязнения. Следовательно, запасы пресной воды гидросферы – природный ресурс, который необходимо охранять от загрязнения и истощения (подземные воды содержат около 97% от общего объема пресной воды на планете, если не учитывать воду в форме льда в полярных регионах) [59, с. 68-78; 97].

Обновление подземных водных ресурсов – это термин, который основан на сравнении между естественным притоком и накоплением воды в водоносных системах. Период обновления водных ресурсов недр в естественных условиях инфильтрации может существенно различаться для различных водоносных систем.

Действительно, естественные, ежегодно возобновляемые, ресурсы подземных вод Казахстана по оценкам различных исследователей этой проблемы составляют порядка 45-49 км³ в год [38,с.47-57; 45,с.138; 46,с.24], что при площади республики порядка 2,7 млн.км² отвечает средней величине слоя подземного стока, то есть величине питания (возобновления) ресурсов подземных вод порядка 17-18 мм/год с вариацией этой величины по территории Республики в пределах 1-860 мм/год [46, с. 33] (минимум отвечает пустынным территориям юга и запада, максимум – горным территориям востока и юго-востока Казахстана). Заметим, что на современном уровне изученности поверхностных вод норма стока всех рек Казахстана оценивается величиной 102,3 км³/год, из которых 57,6 км³/год формируется на территории Республики (автохтонный речной сток) [7, с.7-118], что соответствует средней величине слоя питания речного стока 21,3 мм/год.

Учитывая площади распространения и объемы водоносных гидрогеологических систем период обновления ресурсов подземных вод при указанных выше величинах питания может колебаться от менее 10 до 100 000 и более лет, составляя, например, в Приташкентском трансграничном водоносном горизонте по нашим расчетам порядка 2000 лет (см. стр. 97), а по данным изотопии возраста минеральной воды «Сарыагашская» 6000 лет [62, с.51-69]. Следовательно, понятно насколько важен сбалансированный подход к использованию ресурсов подземных вод, исключая необратимое истощение эксплуатационных запасов – возможностей гидрогеологических систем конкретных участков и месторождений подземных вод.

Итак, социально-экономический аспект – спрос, порождающий возможное, но не обязательное, изменение количества и качества водных ресурсов недр, функционально связан с гидрогеологическим аспектом – ресурсами подземных вод, требующих, зачастую, объединение обоих аспектов в систему интегрированного управления ресурсами подземных вод.

Следовательно, ключевыми проблемами управления ресурсами подземных вод являются:

- специфическая восприимчивость водоносных систем к негативным воздействиям при водоотборе;

- гидродинамическое взаимодействие между подземными и поверхностными водами, проявляющееся в наибольшей степени в инфильтрационных водозаборах речных долин, приводящее к возникновению ущерба поверхностному стоку.

Так, при возможном водоотборе всех ныне разведанных запасов подземных вод РК в объеме 15,6 км³ ущерб поверхностному стоку составит в целом по республике 5 км³, в том числе по ПХС: Арало-Сырдаринской – 0,313; Балхаш-Алакольской – 2,274; Ертисской – 0,854; Есильской – 0,062; Жайык-Жемской – 0,224; Нура-Сарысуиской – 0,510; Тобыл-Торгаиской – 0,139; Шу-Таласской – 0,313 [47, с. 254].

Все эти эффекты могут быть кратковременными и обратимыми, либо долговременными и необратимыми, однако во всех случаях обязательно

соблюдение экосистемного подхода, сформулированного в Конвенции о биологическом разнообразии, учитывая тот незыблемый факт, что водные ресурсы поддерживаются экосистемами и ландшафтами и, в тоже время, экосистемы и ландшафты сами зависят от водных ресурсов, то есть имеем взаимнообратные функциональные связи в системе биотические-абиотические компоненты экосистем.

С точки зрения управления спросом на подземные воды, важно иметь в виду, что цели социального развития оказывают сильное влияние на водопользование, особенно, когда речь идет об орошаемом земледелии и обводнении пастбищ, связанных с производством продовольствия, либо ростом городских агломераций, сопровождающихся значительным увеличением потребления подземных вод на питьевые и коммунальные нужды.

Права человека на безопасную и чистую питьевую воду, и санитарии были признаны в 2010 году Генеральной Ассамблеей ООН. Она наделяет каждого человека без дискриминации доступом к достаточному объему безопасной, приемлемой, физически и экономически доступной питьевой воде и к физически и экономически доступной санитарии в личных и бытовых целях. Эти права закреплены в конституциях и законодательствах РК.

5.4 Сценарии состояния и интегрированного управления подземными водными ресурсами (водными ресурсами недр)

В большинстве ситуаций управление подземными водами с точки зрения экономического аспекта требует сохранения баланса между затратами и прибылью от действий по управлению, принимая во внимание возможную антропогенную деградацию режима (гидродинамического и гидрохимического) гидрогеологических систем и интересы водопользователей, включая как глобальные, так и региональные экосистемные проблемы территорий конкретных регионов [98].

В этой связи следует выделить ряд стадий развития (состояния) ресурсов подземных вод в основном (эксплуатируемом) водоносном горизонте и соответствующие им потребности управления.

Начальная (базовая) стадия (ситуация) характеризуется наличием ресурса подземных вод адекватного качества, достаточного либо превосходящего спрос. Эта стадия не требует активных управленческих мероприятий, кроме таковых по регистрации и картирования ресурсов.

Следующая стадия состояния ресурса подземных вод характеризуется ростом водоотбора, существенно не влияющего на количество и качество подземных вод, и запросы водопотребителей.

Дальнейший, быстро растущий, водоотбор, сопровождающийся воздействием на естественный режим и ресурсы подземных вод, составляет стадию, требующую осуществления регулирующих управленческих мероприятий, базирующихся на всесторонней оценке ресурсов и внешних связей водоносной системы с окружающей средой с позиций восполнения ресурса, обеспечивающего запросы водопотребителя.

Избыточный, не контролируемый водоотбор, сопровождающийся необратимыми изменениями водного и солевого режима водоносной системы, нарушающими интересы водопользователей, составляет стадию дестабилизации естественного режима подземных вод водоносной системы, когда уровни подземных вод имеют тенденцию непрерывного продолжительного спада (водоносная система переэксплуатируется), требующей управленческого вмешательства путем осуществления регулируемого спроса и искусственного восполнения ресурса подземных вод приемлемыми методами и средствами, составляющими систему управление питанием подземных вод (УППВ) – намеренного регулирования питания подземных вод в целях увеличения их ресурсов и улучшение качества вод в подземных горизонтах, а также регулирования поверхностного и возвратного стоков.

УППВ может использоваться для решения следующих задач:

- накопление водных ресурсов в подземных емкостях для последующего их использования; приведение режима водных ресурсов в соответствии с требованиями на воду; стабилизация уровня подземных вод с целью предупреждения истощения их ресурсов и подъема уровня грунтовых вод, заболачивания и засоления земель; при отсутствии благоприятных условий или как альтернатива для строительства поверхностных водохранилищ; сокращение затрат водных ресурсов на непроизводительное испарение и отвод в водоприемники (поверхностные и подземные), из которых вода не может быть изъята для производительного использования; как мера предупреждения неблагоприятных последствий паводков, селей и поверхностного стока.

Система управление питанием подземных вод может использоваться для решения ряда задач: накопление водных ресурсов в подземных емкостях для последующего их использования; приведение режима водных ресурсов в соответствии с требованиями на воду; стабилизация уровня подземных вод с целью предупреждения истощения их ресурсов и подъема уровня грунтовых вод, заболачивания и засоления земель; при отсутствии благоприятных условий или как альтернатива для строительства поверхностных водохранилищ; сокращение затрат водных ресурсов на непроизводительное испарение и отвод в водоприемники (поверхностные и подземные), из которых вода не может быть изъята для производительного использования; как мера предупреждения неблагоприятных последствий паводков, селей и поверхностного стока [96, с. 2-72].

Мероприятия по управлению питанием подземных вод включают: регулирование естественного питания подземных вод; искусственное восполнение запасов подземных вод за счет поверхностных вод; альтернативное земледелие; водосбережение с целью сокращения питания подземных вод минерализованными водами из зоны аэрации; отбор подземных вод с целью усиления инфильтрации из русла рек, саев, каналов и коллекторно-дренажной сети и другие [96, с. 2-72].

5.5 Искусственное восполнение эксплуатационных запасов подземных вод

(ИВЭЗПВ) применяют в районах массивированного эксплуатационного водоотбора, где понижение уровней подземных вод приводит к негативным экологическим последствиям—иссушению земель и деградации растительности, а также просадкам земной поверхности. В настоящее время во многих странах с дефицитом подземных вод с помощью систем ИВЗПЗ обеспечивается до 25-50% общего хозяйственно-питьевого водопотребления.

В Казахстане вопросами искусственного восполнения запасов подземных вод занимались с середины прошлого века Хордикайнен М.А., Коваленко Г.Г., Напреев В.Ф., Жапарханов С.Ж. и другие.

Метод ИВЭЗПВ позволяет решать следующие задачи:

- увеличение запасов намечаемого к эксплуатации водоносного горизонта за счет поверхностных источников;
- увеличение дебита действующих водозаборов подземных вод;
- создание подземных водохранилищ;
- улучшение качества воды, забираемой для целей водоснабжения.

Специфические проблемы при осуществлении ИВЭЗПВ заключаются в конструкции сооружений, включая технологию эксплуатации специальных устройств пополнения, а также источнике и качестве используемой воды. Наиболее сложным всегда является вопрос об источнике воды: основные требования к нему— это достаточное количество и удовлетворительное качество, поскольку существуют нормативные требования к качеству воды, подаваемой на ИВЭЗПВ. Из физических показателей наиболее важный — мутность. Химические ограничения могут быть разнообразными в зависимости от состава пород зоны аэрации и водовмещающей толщи, состава пластовой воды, климатических особенностей. ИВЭЗПВ сопровождается рядом физико-химических и биологических процессов—механическое осаждение взвешенных частиц, физическая и химическая сорбция, ионный обмен, коагуляция, микробиологические процессы и др. Обычно для ИВЭЗПВ используют поверхностные воды, реже дренажные воды, очищенные стоки, воды смежных горизонтов.

Наиболее целесообразно ИВЭЗПВ применять на действующих водозаборах, если водоотбор не обеспечивается естественными источниками формирования эксплуатационных запасов, когда в процессе эксплуатации предполагается или уже происходит перепонижение уровней в водозаборных скважинах. При этом возможны два подхода: расширение действующего водозабора на флангах, если нет проблем с землеотводом, организацией зоны санитарной охраны, взаимодействия с соседними водозаборами и т.п., либо применять ИВЭЗПВ, в том числе с целью повышения производительности МПВ для покрытия возрастающей водопотребности.

Искусственное восполнение эксплуатационных запасов подземных водосуществляется путем подачи воды извне в водоносные горизонты с помощью специальных инженерных мероприятий: сооружения для

инфильтрации, являющиеся основным элементом установки ИВЭЗПВ, бывают двух основных типов: открытые – бассейны, каналы, площадки и др. и закрытые – скважины, колодцы, галереи. Открытые инфильтрационные сооружения используются, как правило, для пополнения запасов подземных вод, первого от поверхности земли водоносного горизонта. Наибольшее применение в системах ИВЭЗПВ нашли сооружения с инфильтрационными бассейнами. Они представляют собой систему бассейнов, дно которых выложено слоем песка. Инфильтрационные сооружения закрытого типа рекомендуется применять в случае, когда на поверхности земли залегают относительно слабопроницаемые породы, или при слоистом строении зоны аэрации. Они распространены в районах со сложными условиями строительства и эксплуатации открытых инфильтрационных сооружений. В зависимости от характера размещения в водоносном пласте закрытые инфильтрационные сооружения подразделяются на горизонтальные и вертикальные. Такие горизонтальные сооружения, как трубчатые дрены, галереи и штольни, не нашли широкого применения из-за отсутствия эффективных методов восстановления их мощности и несовершенства конструкций. Наиболее широко используются вертикальные закрытые инфильтрационные сооружения: шурфы, шахтные колодцы и буровые скважины. Шурфы, как правило, устраивают диаметром до 4 м и при глубине уровня грунтовых вод до 5 м; шахтные колодцы – при уровне грунтовых вод на глубине до 30 м. Инфильтрация из этих сооружений может происходить через дно, боковые стенки или одновременно через боковые стенки и дно.

Время, за которое фильтрующийся из инфильтрационного бассейна поток достигает зеркала естественного потока, можно определять выражением:

$$t = \mu : K [h_0 - (H + H_k) \ln (H + H_k + h_0) : (H + H_k)], \quad (28)$$

где, μ – недостаток насыщения грунта, то есть разность между полной влагоемкостью породы и естественной влажностью, в объемном выражении; H – глубина воды в инфильтрационном бассейне; h_0 – глубина залегания грунтовых вод от 0 дна водохранилища; H_k – капиллярное давление менисков на границе воды и сухой породы; K – коэффициент фильтрации грунта. Общий объем профильтровавшейся в грунт воды к моменту смыкания инфильтрационных вод с грунтовыми водами или с водоупорным слоем определяется выражением:

$$V_{об} = \mu B h_0, \quad (29)$$

где, B – средняя ширина инфильтрационного бассейна по урезу воды [99].

Мероприятия по ИВЭЗПВ могут и успешно осуществляются в региональном масштабе на засушливых территориях Казахстана с водodefицитным балансом, как в речных долинах – например, Жартаcский и Котурский инфильтрационные водозаборы на реке Шерубай-Нура (Акмолинская область), так и в карбонатных карстующихся структурах –

например, Эскулинской, Жанайской, Айдосской, Уйтасской и др., нацеленных на водообеспечение Жезказганского горнорудного района в связи с истощением в них ЭЗПВ и ухудшением их качества. Перспективными для ИВЭЗПВ кроме Эскулинской, Жанайской, Айдосской и других брахиантиклиналей, представляющих собой замкнутые, сложенные хорошо проницаемыми породами бассейны трещинно-карстовых вод и закарстованные известняки являются также Сарыбулакская, Машуранская, Алайгырская и ряд других мульд. Эти карбонатные структуры могут быть пополнены поверхностным стоком рек Жезды, Кенгира, Сарыбулака, Шерубай-Нуры и других, уносящих свои воды в пустынное пространство и расходующих их на испарение [99, с. 145-148; 100].

5.6 Комбинированное использование водных ресурсов

Значительный интерес представляет комбинированное использование водных ресурсов. Основная его идея состоит в организации комбинированной водозаборной системы, включающей два водозабора – базовый и компенсационный, работающие по диспетчерскому графику [101; 102].

Базовый водозабор может быть в любой форме – поверхностной (прямой отбор речной воды из русла) или подземной (водозаборные скважины в непосредственной близости от русла); важно, что он в основном использует речной сток. Базовый водозабор работает с переменной производительностью, понижаемой в низководные периоды стока. Компенсационный (всегда подземный) включается в периоды понижения производительности базового.

Суммарная производительность комбинированной водозаборной системы остаётся на постоянном уровне, отвечающем существующей водопотребности.

Основная гидрогеологическая проблема при проектировании комбинированных водозаборных систем заключается в том, что работа компенсационного водозабора в течение расчётного периода времени должна приводить к возникновению дополнительного ущерба стоку реки, либо этот ущерб не должен превышать некую минимизированную, допустимую в конкретных случаях величину. Очевидно, что это может быть достигнуто только, если балансовая структура компенсационного водоотбора будет обеспечиваться источниками, не участвующими в подземном питании реки. В качестве таких источников теоретически можно рассматривать сокращение эвапотранспирационной разгрузки и усиление инфильтрации при снижении уровня грунтовых вод.

5.7 Мероприятия по управлению питанием подземных вод

Мероприятия по управлению питанием подземных вод включают: регулирование естественного питания подземных вод; искусственное восполнение запасов подземных вод; альтернативное земледелие; водосбережение с целью сокращения питания подземных вод минерализованными водами из зоны аэрации; отбор подземных вод с целью

усиления инфильтрации из русла рек, саев, каналов и коллекторно-дренажной сети и другие.

В условиях распространения на территории Казахстана в многочисленных его артезианских бассейнах напорных подземных вод существует свыше трех тысяч артезианских скважин (некоторые фонтанируют 40-50 лет), вода которых либо не находит применения, либо используется в небольших объемах.

Суммарный дебит фонтанирования артезианских скважин достигает 0,4 км³/год (2,55% разведанных запасов). Бесконтрольное не регулируемое фонтанирование артезианских скважин наносит существенный ущерб запасам подземных вод, прежде всего пресных, а в случаях вскрытия вод повышенной минерализации – негативно влияет на экологическую обстановку, приводя к засолению почв, сукцессиям растительности и заболачиванию территорий. Все это требует адекватных управленческих решений по предотвращению указанных негативных явлений путем перевода скважин на крановый режим или их тампонаж.

Интегрированный подход к управлению водными ресурсами недр, который многие страны, в том числе и Казахстан, ввели в свои национальные политики, является основой управления трансграничными бассейнами подземных вод Республики, располагающихся в бассейнах основных речных систем Казахстана –Иле, Сырдария, Жайык, Ертис, Тобыл, Есиль, и образующих многочисленные трансграничные бассейны подземных вод грунтового и артезианского типов на границах с Россией, Китаем, Киргизией и Узбекистаном. Трансграничные водоносные горизонты являются объектами, где возникают гидрологические, гидрогеологические, социальные, экономические и экологические взаимосвязи и где интегрированное управление водными ресурсами недр актуально, экосистемно и должно быть успешным [103-104]. Примеров интегрированного подхода к управлению трансграничными водными ресурсами недр, выполненных в Казахстане в рамках Международной Гидрологической Программы ЮНЕСКО на сегодняшний день немного.

В 2014 году на территории Казахстана были проведены оценки емкостных запасов, возобновляемых ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод четвертичных водоносных горизонтов в Зайсанском (бассейн реки Ертис), Алакольском (бассейн озер Балкаш-Алаколь), Жаркентском и Текесском (бассейн реки Иле) трансграничных бассейнах подземных вод, формирующихся за счет фильтрации поверхностных вод, подземного стока со стороны горных обрамлений и инфильтрации атмосферных осадков. Выполненные оценки является продолжением предыдущих исследований трансграничных водоносных горизонтов в Азиатско-Тихоокеанском регионе [105], нуждающихся в дальнейшей своей активизации.

Другим примером ИУВР является Пилотный проект «Приташкентский трансграничный водоносный горизонт», выполненный для Казахстанской части Приташкентского трансграничного водоносного горизонта (ТГВГ), расположенного в приграничной зоне Казахстана с Узбекистаном в бассейне

реки Келес – притоке р. Сырдарии [62, с. 51-69]. Основным источником хозяйственно-питьевого водообеспечения ТГВГ является подземные воды верхнемелового (сеноман) водоносного горизонта (94% водопотребления), обнаруженного в 1947 году глубокими скважинами, из которых впервые получена минеральная вода, впоследствии получившая наименование «Сарыагашская» (в Казахстане) и «Ташкентская» (в Узбекистане). ТГВГ представляет собой уникальный источник глубоко залегающих пресных подземных вод в Центральной Азии и относится к водоносным горизонтам с невозполняемыми ресурсами (возраст подземных вод, установленный изотопными методами, составляет 6000 лет). Однако, рост населения региона, увеличение количества лечебных санаториев и количества предприятий по разливу минеральной воды приводит к ненормированному водозабору, что может привести к истощению ресурсов подземных минеральных вод ТГВГ. Вместе с тем, интенсивная эксплуатация подземных вод ТГВГ в целях ХПВ, в несколько раз превышающая величину их питания, способствует невозполнимой сработке емкостных запасов ТГВГ, что должно акцентировать внимание руководящих органов Казахстана и Узбекистана на незамедлительном решении проблемы истощения запасов подземных вод ТГВГ, тесно увязывая ее с общей для региона проблемой ИУВР. Казахстан и Узбекистан являются Сторонами Конвенции Европейской Экономической Комиссии ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 1992 г.). Однако совместные казахстано-узбекские организации по управлению ресурсами Приташкентского ТГВГ отсутствуют. Есть надежда, что реализация Проекта ГГРЕТА будет способствовать улучшению научно-технической базы и осуществлению научно-обоснованного управления ресурсами ТГВГ.

Различные виды потенциального водопользования требуют различных объемов и качества воды. Это ведет к компромиссам при предоставлении услуг водоснабжения: между поставщиками и потребителями, особенно в ситуации нехватки водных ресурсов и доступа к воде. Нехватка водных ресурсов обычно определяется как разница между доступностью воды – то есть объемом возобновляемых водных ресурсов, доступных в определенном районе – и конкретным спросом на воду, в т.ч. для основных нужд. Тем не менее, нехватка водных ресурсов может быть столь же многообразной, как и доступность водных ресурсов, так и спрос на воду. Нехватка водных ресурсов может коснуться и богатых водой регионов, где спрос на воду превышает предложение и зачастую при недостаточном управлении водопользованием растет конкуренция за водные ресурсы между секторами (сельским хозяйством, энергетикой, промышленностью, туризмом и использованием в быту).

Улучшение управления водопользованием можно добиться за счет повышения эффективности водопользования на всех уровнях (как используется вода, начиная от водозабора и заканчивая водопользователями), и за счет повышения эффективности использования воды.

Глобальное изменение климата ведет к изменению ситуации с доступностью водных ресурсов и потребностью в воде. Поэтому управление водопользованием как никогда ранее становится актуальным и будет играть важнейшую роль в процессе адаптации к изменениям климата.

Конкуренция за использование водных ресурсов растет и, вероятно, будет продолжать расти в будущем на фоне дальнейшего роста нагрузки на систему водных ресурсов в целом со стороны энергетики, промышленности, производства и городов. Вот почему *«Одной из самых важнейших, социально значимых задач страны по улучшению здоровья народа является обеспечение населения качественной питьевой водой, и одной из ее приоритетов – максимальное использование подземных вод»* [106].

6 ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КАЗАХСТАНА

Динамичное и устойчивое развитие Республики Казахстан на основе реализации Стратегий «Казахстан-2030» и «Казахстан-2050» невозможны без совершенствования территориальной организации страны *на основе экосистемного подхода* при создании пространственной основы формирования новой конкурентоспособной экономики, отвечающей требованиям вхождения в число развитых стран мира с высоким уровнем жизни населения. Перспективной основой устойчивого развития Казахстана в этом направлении является «Генеральная схема организации территории Республики Казахстан», утвержденная постановлением Правительства Республики Казахстан 30 декабря 2013 года, № 1434» [29, с. 1-32].

Генеральная схема определяет основные направления развития территориальной организации Республики для повышения уровня жизни и благосостояния населения, обеспечения устойчивого и динамичного развития экономики, рационального использования природных ресурсов, охраны экосистем от деградации и разрушения, сохранения биоразнообразия флоры и фауны.

Целевые установки и задачи Генеральной схемы основываются на программных документах и планах развития страны, в т.ч.: Стратегического плана развития Республики Казахстан до 2025 года; Стратегии развития Казахстана до 2030 года; Стратегии «Казахстан-2030»; Стратегии «Казахстан-2050» [91, с. 68; 107-110].

Длительное развитие экономики Казахстана в период до обретения независимости осуществлялось по принципу максимального развития экономики с минимумом затрат и без учета экологических, природно-климатических и социально-демографических факторов. В результате в Республике Казахстан сложилась система организации и размещения производства, которая сегодня оказалась одной из причин сырьевой направленности и низкой конкурентоспособности ее экономики.

С обретением независимости Казахстан взял курс на проведение новых принципов и приоритетов социально-экономического устройства общества и пространственной организации территории.

Новая территориально-пространственная организация страны нацелена на ускоренное социально-экономическое развитие Республики Казахстан за счет индустриально-инновационной модернизации экономики и рационального распределения производительных сил по территории, обеспечивающего связанность территорий страны и открывающей доступ территорий и их населения к источникам социально-экономического роста.

Целью новой территориально-пространственной политики организации Казахстана на новом этапе его развития является дальнейшее совершенствование среды жизнедеятельности на основе внедрения инновационных подходов в области градостроительства и поэтапной реализации планов социально-экономического развития страны, ее регионов и населенных пунктов путем совершенствования территориальной организации

Республики Казахстан, обеспечивающей успешное развитие регионов, городских и сельских населенных пунктов на основе использования их потенциала с учетом новых принципов градостроительного планирования, предусматривающих безопасность, комфортность, высокий уровень региональной и городской транспортной и инженерной инфраструктуры и благоустройства территорий.

Глобальное потепление климата представляет определенную угрозу для окружающей среды современного человека. Возможные изменения климата Казахстана к 2030, 2050 и 2085 годам относительно базового периода 1961-1990 годов по среднегодовой температуре воздуха могут составить: +1,4 °С, +2,7 °С и +4,6 °С, соответственно [73, с. 219], хотя количество осадков увеличится незначительно: на 2%, 4% и 5% в год, соответственно.

Изменение климата в аридных условиях Казахстана может вызвать снижение водных ресурсов, увеличение риска развития засух и сокращение урожайности сельскохозяйственных культур, рост числа заболеваний, связанных с потреблением некачественной воды, изменение состояния природно-климатических условий территории Республики по степени благоприятности для проживания населения.

Увеличение территорий с условно благоприятными природно-климатическими условиями возможно за счет смягчения жесткости термических условий в зимний период в северных регионах Казахстана (преимущественно в долинно-речных ландшафтах).

В пустынных регионах Казахстана повышение летних термических показателей приведет к увеличению площадей с крайне неблагоприятными природно-климатическими условиями (преимущественно на северо-востоке и севере Прикаспийской низменности, северо-востоке, востоке и юго-востоке Аральской впадины, западных и южных прибрежных районах озера Балхаш, центральной части Бетпак-Далы).

Благоприятными для перспективного расселения населения окажутся территории, расположенные на севере Западно-Казахстанской, Актюбинской, северо-западе Костанайской областей, центре и юге Северо-Казахстанской, центре и востоке Павлодарской, севере и центре Акмолинской областей, центре Карагандинской области.

К 2030 году сохранятся относительно благоприятные условия для перспективного расселения населения в долинах рек: Сырдария (Туркестан-Арыский районы Южно-Казахстанской области, правобережная часть Сырдаринского и Жанакорганского районов Кызылординской области); Жайык, Ертис, Есиль, Елек; в предгорных и межгорных районах Жамбылской, Алматинской и Восточно-Казахстанской областей.

К зонам интенсивного хозяйственного освоения и урбанизации с **максимально допустимым техногенным преобразованием окружающей среды** отнесены преимущественно урбанизированные зоны территорий, следующих агломерации и городов [29, с. 1-32]:

1) *Западная*: Уральск, Аксай; 2) *Атырауская*: Атырау, Макат, Махамбет, Кульсары; 3) *Актауская*: Актауская агломерация, Форт-Шевченко, Жанаозен,

Шетпе, Бейнеу; 4) *Петропавловская*: Петропавловск, Мамлютка, Бишкуль, Смирново; 5) *Столичная*: Астанинская агломерация, Караганда, Кокшетау; 6) *Актобинская*: Актобинская агломерация, Хромтау, Кандагаш, Алга; 7) *Тобольская*: Костанай, Лисаковск, Рудный, Жетикара; 8) *Павлодар-Экибастузкая*: Павлодар, Экибастуз, Аксу; 9) *Восточная*: Усть-Каменогорск, Семей, Риддер, Зыряновск; 10) *Жетысуйская*: Алматинская агломерация, Узунагаш, Капшагай, Талгар, Есик, Шелек; 11) *Южная*: Шымкентская агломерация, Туркестан, Тараз, Жетысай.

В урбанизированных зонах с концентрацией населения превышает 50 человек на км², процесс роста городов идет стремительными темпами и сопровождается *обострением экологических*, транспортных и социальных *проблем*, что в особенности проявляется *в Шымкентской и Алматинской агломерациях*.

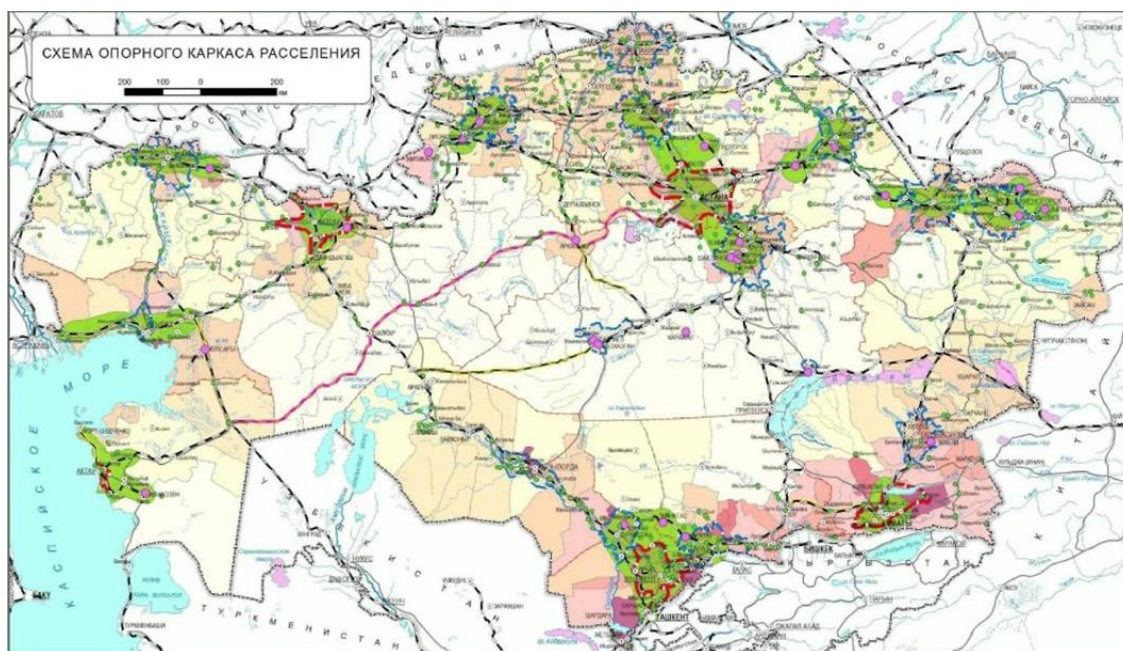
Центрами единой республиканской системы расселения является столица страны – город Астана и крупнейший город республиканского значения Алматы. Роль центров областных систем расселения выполняют города Актау, Актобе, Атырау, Караганда, Кокшетау, Костанай, Кызылорда, Павлодар, Петропавловск, Талдыкорган, Тараз, Уральск, Усть-Каменогорск и Шымкент. Указанные города, являясь центрами и узлами международного, общенационального, межрегионального и регионального значения, с объединяющими их транспортными системами формируют опорный пространственный каркас единой системы расселения населения страны.

Система сельского расселения, контролируемая особенностями организации сельскохозяйственного производства–растениеводства и животноводства, с одновременным развитием предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции и сопровождающих их организаций АПК (переработка, хранение и сбыт сельхозпродукции), определяет формирование новой градообразующей базы села: сельских поселений нового типа – агрогородков, благоустроенных поселений с городским уровнем комфорта с учетом природно-климатических условий конкретных регионов страны.

В целом по Республике ожидается увеличение численности населения (тыс. чел.): к 2030 годам до 20888,2, в том числе городского населения до 11989,8 (57,4%); сельского населения до 8898,4 (42,6%); к 2050 годам до 25752,4, в том числе городского населения до 14421,3 (56%); сельского населения до 11331,1 (44%). В настоящее время численность населения составляет 18826,6 тыс.чел., а также в данное время насчитывается 87 городов, а к 2030 гг. их число возрастет до 92 [29, с. 6].

В настоящее время городское население проживает в 87 городах и 34 поселках (ПГТ), подчиненных городским администрациям. Наиболее урбанизированными регионами в составе Республики являются Карагандинская, Павлодарская и Актюбинская области, в которых доля городского населения составляет соответственно 78,1; 68,6 и 61,5%. Самый низкий уровень урбанизации зафиксирован в Алматинской (23,3%), Южно-

Казахстанской, Жамбылской и Северо-Казахстанской областях (около 40%) (рисунок 25).



Условные обозначения

Плотность населения по административно-территориальным единицам (чел. на 1 км ²)	Центры систем и подсистем расселения	Территории опережающего развития	Транспортная инфраструктура
<ul style="list-style-type: none"> более 40 20-40 10-20 5-10 3-5 2-3 1-2 менее 1 	<ul style="list-style-type: none"> Столица Республики Город республиканского значения Город межрегионального значения Город регионального значения Прочие Моногорода Опорные сельские населенные пункты 	<ul style="list-style-type: none"> Республиканского значения Агломерации 1-уровня (Астана, Алматы, Шымкент) Агломерации 2-уровня (Актобе, Актау) Межрегионального значения Локальные системы расселения Урбанизированные зоны 	<ul style="list-style-type: none"> Существующая Проектируемая Железные дороги Автомобильные дороги

Рисунок 25 – Схема опорного каркаса расселения [29, с. 11]

Города Республики подразделяются на крупнейшие – 1, крупные – 8, большие – 12, средние – 7 и малые – 59 городов. По численности 16,0% городского населения проживает в крупнейшем городе – Алматы, 39,3% – в 8 крупных, 22,9% в 12 больших, 5,5% в 7 средних и 16% в 59 малых городах.

Особенностью формирования городского расселения населения в начале XXI века является его меняющаяся структура. За последние 10 лет численность населения городов увеличилась на 18,3%, из них пятая часть прибыла в город Алматы, остальная – в крупные и большие города. При этом наблюдается снижение численности средних и малых городов, происходят формирование все более крупных городов и увеличение доли населения, проживающей в больших городах. Тенденция роста процесса урбанизации будет сохраняться и в будущем. В соответствии с Прогнозной схемой территориально-пространственного развития страны к 2030 году – 65%.

Согласно водохозяйственным расчетам [29, с. 1-32] уровень 2030 года по **требованиям на воду** отраслей экономики, водопользователей и для поддержания **экологического равновесия** будет обеспечен в полном объеме при

условии соблюдения сопредельными государствами (Китай, Россия, Узбекистан и Кыргызстан) договорных обязательств по передаче транзитного стока, а также при условии рационального использования водных ресурсов во всех отраслях экономики Казахстана и повсеместного внедрения водосберегающих технологий.

Для перспективного водообеспечения регионов и обводнения сельскохозяйственных территорий ресурсами подземных вод необходимо:

- обеспечение доступа населения к централизованному водоснабжению к 2030 году – 100%, приоритетное устойчивое водоснабжение объектов коммунального хозяйства;

- улучшение водообеспеченности пастбищных территорий Казахстана за счет строительства искусственных водоисточников, в том числе путем применения возобновляемых энергоисточников.

Основные направления охраны окружающей среды в РК определены в Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике», утвержденной Указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года №577 [92, с. 2-52] в качестве экосистемного подхода, предусматривающего эффективное и рациональное использование водных, земельных и биологических ресурсов и управление ими, включая искусственное возобновление ресурсов подземных вод в вододефицитных районах и регионах страны, в том числе в рамках ИУВР, а также путем снижения сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, включая подземную гидросферу.

В целях сохранения и эффективного управления экосистемами разработан ПЭК территории страны, являющийся основным проектным предложением в области охраны окружающей среды, в состав которого включены все основные территории с особым статусом градостроительного регулирования по экологическому признаку и прогнозом их изменения и выделены три основных элемента ПЭК: **экологические ядра, экологические коридоры и буферные зоны**. Определены категории территорий: *ключевые природные, транзитные природные и буферные*. В перспективе ПЭК должен стать **основой экологически устойчивой пространственной организации территории Республики**. Для сопровождения и контроля вышеуказанных природоохранных мероприятий необходимо создание единой автоматизированной информационной системы непрерывного экологического мониторинга в режиме онлайн.

ПЭК рассматривается, как система взаимосвязанных природных территорий, имеющих разное назначение и правовой статус. Под экологическим каркасом понимается совокупность природных комплексов с индивидуальным режимом природопользования, образующих пространственно организованную инфраструктуру, которая поддерживает экологическую стабильность территории, предотвращая потерю разнообразия и деградацию ландшафта.

Экологические ядра – участки, имеющие самостоятельную природоохранную ценность (государственный природный заказник). Основными критериями выделения экологических ядер являются:

- 1) территориальный (достаточность территории для выполнения экологических и иных функций);
- 2) биологическое разнообразие;
- 3) репрезентативность (ландшафты, сохранившие свой облик в естественном природном либо близком к нему состоянии).

Экологические коридоры связывают отдельные элементы экологического каркаса и должны обеспечивать адекватные условия для свободного расселения, миграции и генетического обмена популяций и отдельных особей видов животных, и растений, а также экологические связи между ядрами. Роль экологических коридоров, главным образом, выполняют долины больших и малых рек, государственные охотничьи заказники, участки естественной растительности (древесной и кустарниковой), резервные земельные участки.

Буферные зоны подразделяются на 2 вида: зоны, защищающие ядра и экологические коридоры от неблагоприятных внешних воздействий и зоны вокруг промышленных центров и населенных пунктов, являющихся переходными от зоны интенсивного использования к зонам особого режима природопользования. Буферным зонам первого вида обычно придают статус охранных зон. К буферным зонам второго вида относятся зеленые зоны, расположенные вокруг городов и промышленных центров, наделенные по закону режимом особой охраны (вокруг 11 агломерации и 43 городов РК).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования осуществлялись в рамках разработки методологии экосистемного подхода к проблемам использования и охраны подземных вод в различных секторах экономики Казахстана с оценкой потенциала экосистемных ресурсов подземных вод и разработкой практических мероприятий по охране подземных вод от загрязнения и истощения на основе обоснованных нормативов экосистемных водозатрат. Последние обеспечивают сохранение биоразнообразия и устойчивое развитие страны с учетом гарантированной водообеспеченности природно-хозяйственных систем на длительные сроки, поскольку состояние и перспективы водообеспечения Казахстана ресурсами поверхностных вод вызывают серьезную обеспокоенность и в качестве их надежной альтернативы выступают ресурсы подземных вод.

Основные результаты выполненных исследований заключаются в следующем.

1) Осуществлена *оценка естественных ресурсов подземных вод* основных областей стока, речных бассейнов Республики Казахстан в объеме $44,95 \text{ км}^3/\text{год}$ и на основе анализа дифференцированного уравнения водного баланса межлетнего периода, осуществлена *оценка потенциала естественных ресурсов подземных вод* Республики Казахстан *достигающего 50% речного стока*.

2) Установлено контрастное распределение естественных ресурсов подземных вод шести основных речных бассейнов Казахстана, отражающее зависимость величины подземного стока речных бассейнов от природных условий его формирования, проявляющееся модульным показателем подземного стока, максимальные значения которого ($1,71-2,25 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ или $53,97-84,25 \text{ мм/год}$) характерны для Ертысского и Балкаш-Алакольского речных бассейнов, тяготеющих, соответственно, к северному и южному склонам главного орографического водораздела Евразии, в Восток-Юго-Восточной части которого располагаются высокогорные системы Центральной Азии, а минимальные средневзвешенные ($0,05-0,07 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ или $1,58-2,17 \text{ мм/год}$) – для Нура-Тенизского и Тобыл-Есильского речных бассейнов, соответственно, расположенных вдоль седловинной части главного орографического водораздела Евразии.

3) Осуществлена *оценка располагаемых водных ресурсов недр* Казахстана, равных $44,95 \text{ км}^3/\text{год}$ за вычетом 50% экологического спроса (стока) на водные ресурсы недр ($37,85 \text{ км}^3/\text{год}$) в объеме: $44,95 - 37,85 \times 0,5 = 26,0 \text{ км}^3/\text{год}$. Таким образом, для перспективного (до 2040 г.) лимита водозабора подземных вод в объеме $1,91 \text{ км}^3/\text{год}$, имеется *13,6-кратный резерв водообеспечения* Казахстана ресурсами подземных вод.

4) Научно обосновано балансовое уравнение «загрязнения – истощения ресурса пресной воды гидросферы (глобального и регионального масштаба)», отражающее закон сохранения в условиях неизменности объема гидросферы при всех природно-техногенных процессах в ней как квазизакрытой термодинамической системе.

5) Теоретически обоснована и осуществлена оценка интенсивности водообмена инфильтрационного этапа гидрогеологического цикла Приташкентского трансграничного верхнемелового водоносного горизонта Сарыагашского месторождения.

6) Осуществлено районирование территории Казахстана по степени нарушенности ландшафтов и экосистем с выделением земель экологического благополучия, риска, кризиса, бедствия и катастрофы и выполнен прогноз изменения водно-ресурсного потенциала недр Южного и Юго-Восточного Казахстана в связи с климатическими трансформациями ледников Центральной Азии.

7) Теоретически и методологически обоснованы принципы управления ресурсами подземных вод и *эксплуатационное истощение ресурсов подземных вод, обусловленное дисбалансом между объемами восполнения естественных ресурсов подземных вод и эксплуатационным их извлечением*, сопровождающееся снижением пьезоуровней с образованием обширных депрессионных воронок, осушением зоны аэрации и последующими негативными экосистемными процессами, как регулируемое – на месторождениях подземных вод, так и не регулируемое – на участках самоизлива скважин.

8) В качестве оптимальной экосистемной основы устойчивого развития Казахстана на ближайшую перспективу рассмотрена «Генеральная схема организации территории Республики Казахстан», предполагающая повсеместное использование ресурсов подземных вод широкого спектра применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ООН. Конвенция о биологическом разнообразии // Рио-де-Жанейро, 1992. – 22 с.
- 2 ООН. Конвенция о биологическом разнообразии // Япония, 2010. - 410 с.
- 3 Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 741 с.
- 4 Сукачев В.Н. Избранные труды.- Проблемы фитоценологии. – Л.: Наука, 1975. - Т. 3. – 544 с.
- 5 Коммонер Б. Замыкающийся круг. – М.: Гидрометеиздат, 1974. – 280 с.
- 6 Львович М.И. Мировые водные ресурсы и их будущее. – М.: Наука, 1974. – 448 с.
- 7 Гидрогеология. Курс лекций Стендфорского университета, 2001., <http://www.geohydrology.ru>
- 8 Национальный атлас Республики Казахстана. Природные условия и ресурсы. – Алматы: VITBRAND, 2010. - Т. 1. – 150 с.
- 9 Павлов А.Н. Геологический круговорот воды на Земле. – Л.: Недра, 1977. – 143 с.
- 10 Зверев В.П. Круговороты подземных вод в земной коре. Природа. – 2001. - № 5. – С. 3-10.
- 11 Хайлов К.М. «Жизнь» и «жизнь на Земле»: две научные парадигмы // ЖОБ. - 1998. - Т. - 56, № 2.
- 12 Лосев К.С., Горшков В.Г., Кондратьев К.Я. и др. Проблемы экологии России. – М., 1993.
- 13 Состояние мира 1990. Доклад института World watch о развитии по пути к устойчивому обществу / пер. - Весь Мир, 2000. – 384 с.
- 14 Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 638 с.
- 15 Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты. - ИВПРАН. – М.: Наука, 2006. – 221 с.
- 16 Helmer R. Water Demand and Supply // Nucl. Desalinat. Sea Water: Proc. Int. Symp. (Taejon, 26-30 may, 1997) – Vienna, 1997. – P. 15-24.
- 17 Rodda G. On the problems of assessing the World water resources. In: Geosci and water resource environment date model. – Berlin-Heidelberg, 1997. – P. 14-32.
- 18 Декларация Конференции Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей человека среды. - Стокгольм, 1972.
- 19 The International Conference on Water and the Environment. ACC/ISGWR. The Dublin Statement and Report on the Conference, - Dublin, Ireland: WMO, 1992. - 1.55.
- 20 Декларация тысячелетия Организации Объединенных Наций. Утверждена резолюцией 55/2 Генеральной Ассамблеи от 8 сентября 2000 года.
- 21 Важнейший ресурс планеты // Внешнеторговый еженедельник КОРИНФ - 2005. - № 21. - С. 4-6

- 22 Очерки по физической географии Казахстана. – Алма-Ата: АН Каз ССР, 1952. – 312 с.
- 23 Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов. Утверждено постановлением Правительства Республики Казахстан от 8 апреля 2016 года № 200. – Астана, 2016. – 79 с.
- 24 Подземные воды. <http://studall.org/all-107248.html>
- 25 Гидрология реки. http://www.gendocs.ru/v_2330/7
- 26 Мальковский И. Водная безопасность Казахстана: проблемы и пути решения. Главный в мире дефицит. – Central Asia Monitor, 2012. – 7 с.
- 27 Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов за 2015 год. <http://www.ecodoklad.kz>
- 28 Стратегический план развития Республики Казахстан до 2025 года. Утвержден Указом Президента Республики Казахстан от 15 февраля 2018 года № 636 // Нормативные правовые акты от 20.02.2018 года.
- 29 Генеральная схема организации территории Республики Казахстан, утвержденная постановлением Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2013 года, № 1434.
- 30 Куделин Б.И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. – М.: МГУ, 1960. – 308 с.
- 31 Пашковский И.С. Разработка геофильтрационных моделей системы «зона аэрации – грунтовые воды» и их применение при изучении взаимосвязи подземных и поверхностных вод: дис. док. геол.мин.наук. – М.: МГУ, 1985. – 406 с.
- 32 Гриневский С.О., Поздняков С.П. Принципы региональной оценки инфильтрационного питания подземных вод на основе геогидрологических моделей // Водные ресурсы. - 2010. – Т. 37, № 5. – С. 1-15.
- 33 Гриневский С.О., Новоселова М.В. Закономерности формирования инфильтрационного питания подземных вод // Водные ресурсы. – 2010. – Т. 37, № 6. – С. 1-12.
- 34 Sagin J., Adenova D., Tolepbayeva A. & Poryadin V. (2017): Underground water resources in Kazakhstan, International Journal of Environmental Studies, DOI: 10.1080/00207233.2017.1288059
- 35 Водный баланс СССР и его преобразование. – М.: Наука, 1969. – 338 с.
- 36 Подземный сток на территории СССР. – М.: МГУ, 1966. – 308 с.
- 37 Бейдеман И.Н. Справочник по расходу воды растениями в природных зонах СССР: геоботаническая и экологическая характеристика. – Новосибирск: Наука, 1983. – 257 с.
- 38 Порядин В.И. Экосистемные ресурсы подземных вод Казахстана: методология оценки // Известия НАН РК, Серия геологии и технических наук. – Алматы, 2014. - №5. – С. 47-57.
- 39 Порядин В.И., Акынбаева М.Ж., Аденова Д.К. Воднобалансовый метод оценки восполнения ресурса подземных вод речного бассейна // Вестник НАН РК. – Алматы, 2016. - № 4 (362). – С. 78-83.
- 40 Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Crop Evapotranspiration. 330 p. // P. 2010, Figure 47.

- 41 Константинов А.Р. Испарение в природе. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 532 с.
- 42 Указания по расчету испарения с поверхности суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 133 с.
- 43 Гидрогеодинамические расчеты на ЭВМ. – М.: МГУ, 1994. – 334 с.
- 44 Шестаков В.М., Пашковский И.С., Сойфер А.М. Гидрогеологические исследования на орошаемых территориях. – М.: Недра, 1982. – 244 с.
- 45 Абсаметов М.К., Мухамеджанов М.А., Сыдыков Ж.С., Муртазин Е.Ж. Подземные воды Казахстана – стратегический ресурс водной безопасности страны. – Алматы, 2017. – 220 с.
- 46 Ахмедсафин У.М. и другие. Формирование подземного стока на территории Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1970. – 148 с.
- 47 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С., Алимкулов С.К. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы устойчивого водообеспечения. – Алматы, 2015. – 582 с.
- 48 Poryadin V.I., Akynbaeva M.G., Adenova D.K. Ecosystem groundwater resources of Kazakhstan: Formation and prospects of use in the context of global challenges // The collection includes 8th International Conference «Science and Technology». Earthscience. – London, 2017. – Vol. 2, № 1. – P. 25-37.
- 49 Рамсарская конвенция. <http://www.ramsar.org>
- 50 Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние) / Смоляр В.А., Буров Б.В. и другие. Справочник. – Алматы: НИЦ «Ғылым», 2002. – 596 с.
- 51 Смоляр В.А., Буров Б.В., Мустафаев С.Т. Подземные воды Казахстана: обеспеченность и использование. // Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. – Алматы, 2012. - Т. 19. – 402 с.
- 52 Смоляр В.А., Исаев А.К. Прогнозные ресурсы и эксплуатационные запасы подземных вод и их распределение по территории Казахстана. // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы, 2016. - Книга 2. – С. 238-246.
- 53 Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2015 год // Информационно-аналитический центр охраны окружающей среды. Министерства энергетики Республики Казахстан. 140320171.pdf // <http://www.ecodoklad.kz>.
- 54 Программа «Ақ бұлақ» на 2011-2020 годы. Утверждено постановлением Правительства Республики Казахстан 24 мая 2011 г., № 570.
- 55 Порядин В.И., Аденова Д.К. Экосистемная функция подземного стока в условиях антропогенеза окружающей среды. // Научный журнал «Chronos». Мультидисциплинарный сборник научных публикаций. XIII Международная научно-практическая конференция «Вопросы современной науки: Проблемы, тенденции и перспективы». – М., 2017. № 13, ч. 3. – С. 4-13.
- 56 The Brisbane Declaration // Environmental Flows are Essential for Freshwater Ecosystem Health and Human Well-Being. – 2007. – 7 p.

57 Иофин К. Экологически допустимые изъятия речного стока. // Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе. Труды международной научной конференции. – М., 2006. – С. 252-254.

58 Tolepbayeva A.K., Tanbayeva A.A., Adenova D.K. Assessment and analysis of the environmental conditions of the valley river Ertis (on the example Oskemen city) // 10th International Conference «Science and Technology». – London, 2018. – P. 27-38.

59 Порядин В.И., Акынбаева М.Ж., Аденова Д.К. Фундаментальная экосистемная взаимосвязь загрязнения и истощения ресурса пресной воды гидросферы // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – Алматы, 2016. - № 1 (415). – С. 68-78.

60 Абсаметов М.К., Аденова Д.К., Нусупова А.Б. Оценка влияния антропогенных факторов на водные ресурсы Казахстана // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – Алматы, 2019. - № 1 (433). – С. 248-254.

61 Порядин В.И. К методике оценки интенсивности водообмена, солености, загрязненности и экологического качества подземных вод для целей ГМПВ. Изв. АН НАН РК. Серия геол. - 2005. - № 3. – С. 78-86.

62 Приташкентский водоносный горизонт. Отчет о результатах оценки. // Управление ресурсами подземных вод трансграничных горизонтов (ГГРЕТА. Фаза 1). – Париж: МГП. ЮНЕСКО, 2016. – 156 с.

63 Тыминский В.Г., Султанходжаев А.Н., Розанова М.И. К оценке палеогидрогеологических условий Приташкентского артезианского бассейна. // Узбекский геологический журнал. - 1966. - № 3. – С. 64-67.

64 Селецкий Ю.Б., Поляков В.А., Якубовский А.В., Исаев Н.В. Дейтерий и кислород-18 в подземных водах (масс-спектрометрические исследования). – М.: Недра, 1973. – 144 с.

65 Аденова Д.К., Порядин В.И., Акынбаева М.Ж. Оценка интенсивности загрязнения подземных вод // Вестник КБТУ. Нефтегазовая инженерия. – Алматы, 2016. - № 13. – С. 7-14.

66 Порядин В.И., Аденова Д.К. Оценка интенсивности водообмена Приташкентского трансграничного водоносного горизонта // Вестник КазНИТУ. – Алматы, 2017. - №6. – С. 24-29.

67 Смоляр В.А., Буров Б.В., Мустафаев С.Т. Ресурсы подземных вод Республики Казахстан // Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. – Алматы, 2011. - Т. 8.– 588 с.

68 Шнитников А.В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности. – Л.: Наука, 1969. – 244 с.

69 Аламанов С.К., Лелевкин В.М., Подрезов О.А., Подрезов А.О. Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии. Учебный курс для студентов естественных и гуманитарных специальностей. – М.; Б., 2006. – 142 с.

70 Изменение климата. <https://readtiger.com/wkp/ru>

71 Варущенко С.И. и др. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени.– М.: Наука, 1987. - С. 1-239.

72 Кривенко В.Г. Концепция внутривековой и многовековой изменчивости климата как предпосылка прогноза // Климаты прошлого и климатический прогноз. – М.; 1992. – С. 39-40.

73 IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate - Cambridge: United Kingdom and New York; Change-Cambridge University Press, NY; USA, 2001. – 881 p.

74 Изменение климата – научная оценка МГЭИК // Доклад рабочей группы по научной оценке, 1990.

75 Изменение климата, 2001. Обобщенный доклад. // Вклад рабочих групп I, II, III в подготовку Третьего доклада об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. – ВМО, ЮНЕП, 2003. – 510 с.

76 Кокорин А.О. Изменение климата: обзор Пятой оценочного доклада МГЭИК. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. – 80 с.

77 Brohan P., Kennedy J.J., Harris I., Tett F.B., Jones P.D. (2006-06-24). «Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new data set from 1850». Journal of Geophysical Research 111 (D12): D12106. DOI:10.1029/2005 JD 006548.

78 Dyurgerov M.B., Meier M.F. Glaciers and the Changing Earth System: A 2004 Snapshot Institute of Arctic and Alpine Research University of Colorado. - 2005. - ISTAAR Occasional Paper 58. – 117 p.

79 Северский И.В., Кокарев А.Л., Пиманкина Н.В. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. // Снежно-ледовые ресурсы Казахстана – Алматы, 2012. - Т. 4. – 246 с.

80 Cheng W., Wang N., Zhao S., Fang Y., Zhao M. Growth of the Sayram Lake and retreat of its water-supplying glaciers in the Tianshan Mountains from 1972 to 2011 // J Arid Land. - 2016. - №8 (1). P. 13-22.

81 Farinotti D., Longuevergne L., Moholdt G., Duethmann D., Molg T., Bolch T., Vorogushyn S., Guntner A. (online first): Substantial glacier mass loss in the Tien Shan over the past 50 years // Nature Geoscience // Advance online publication. DOI: 10.1038/NGEO2513.

82 Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапаров А.А. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление // Ресурсы речного стока Казахстана. - / Достай Ж.Д. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана – Алматы, 2012. Книга 2 – Т. 7. – 360 с.

83 UNEP. Severskiy I.V., Chervanyov I., Ponomarenko Y., Novikova N.M., Miagkov S.V., Rautalahti E., Daler D. Aral Sea, GIWA Regional assessment 24. University of Kalmar. – Kalmar; Sweden, 2005. – 87 p.

84 Абдулин А.А. Геология Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 160 с.

85 Ахмедсафин У.М. Методика составления карт прогноза и обзор артезианских бассейнов Казахстана. – Алма-Ата, 1961. – 107 с.

86 Ахмедсафин У.М., Шлыгина В.Ф., Крашин И.И., Шин Г.А., Мирлас В.М., Шестаков Ф.В., Руденко Э.М. Гидрогеологические модели межгорных артезианских бассейнов: (принципы создания). – Алма-Ата: Наука, 1982. – 144с.

87 Порядин В.И., Аденова Д.К. Изменения водно-ресурсного потенциала недр юго-востока Казахстана под влиянием глобальной климатической трансформации водно-ледникового стока. // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование. // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы, 2016. - Книга 1. – С. 381-386.

88 Смоляр В.А. Влияние изменения гидрогеодинамического режима подземных вод на окружающую среду // Геология и охрана недр. – Алматы: КазГЕО, 2017. - № 1 (62). – С. 54-62.

89 Мустафаев С.Т., Смоляр В.А., Буров Б.В. Опасные геологические процессы на территории Юго-Восточного Казахстана. – Алматы: НИЦ «Ғылым», 2008. – 258 с.

90 Экологический словарь. - 2001 // <http://www.ecosystema.ru>

91 Глобальные и региональные изменения климата, их природные и социально-экономические последствия. – М.: Геос, 2000. – 420 с.

92 Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой» экономике. Утверждено Указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года, № 577. – Астана, 2013. – 52 с.

93 Национальный план по интегрированному управлению водными ресурсами и повышению эффективности водопользования Республики Казахстан на 2009-2025 гг.

94 INOWAS. - 2017 // <https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/inowas>

95 Chitral-Kabul River Basin. - 2018 // <https://www.ckrb.org/relatedSources>

96 Шапиро А.М. Устойчивое управление подземными водами: концепции и инструменты // Публикация Тренингового центра МКВК.– Ташкент, 2004. – Вып. 7. – 72 с.

97 Порядин В.И. Экосистемные аспекты проблем оценки управления и охраны ресурсов подземных вод // Тр. Междунар. научно-практическая конференция «Актуальные проблемы управления водными ресурсами и водосбережения». – Алматы: КазНТУ, 2014 – 134 с.

98 Порядин В.И., Абсаметов М.К., Аденова Д.К. Управление ресурсами подземных вод для решения проблем водообеспечения экономики Казахстана на долгосрочный период // Известие НАН РК, Серия геологии и технических наук. – Алматы, 2017. - № 5. – С. 93-102.

99 Антоненко В.Н., Кульдеев Е.И., Тынбаев М.М. Гидрогеологические основы магазинирования подземных вод. // Весник КазНТУ. – Алматы, 2001. - № 3. – С. 145-148.

100 Жапарханов С.М. Искусственное восполнение запасов подземных вод аридных районов Центрального Казахстана. – Алматы, 2012. – 175 с.

101 Штенгелов Р.С. Искусственное пополнение эксплуатационных запасов подземных вод // Курс лекций «Поиски и разведка подземных вод» для студентов кафедры гидрогеологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. - М.: МГУ, 2016. - 24 с.

102 Аденова Д.К. Экосистемный подход в управлении и охране ресурсами подземных вод в условиях техногенеза. // Материалы Международной научно-

практической конференции «Современные техника и технологии в научных исследованиях». – Бишкек, 2019. – С. 121-130.

103 Руководство по интегрированному управлению водными ресурсами в трансграничных бассейнах рек, озер и водоносных горизонтов. – Париж: Французское агентство развития // 117 Типовые положения по трансграничным подземным водам. – Нью-Йорк-Женева: ЕЭК ООН, 2014. – 16с.

104 Аденова Д.К. Экосистемный подход как основа стратегии устойчивого управления ресурсами подземных вод. // Научный журнал «Chronos». Мультидисциплинарный сборник научных публикаций. XXXII Международная научно-практическая конференция «Вопросы современной науки: Проблемы, тенденции и перспективы». – М., 2019. – С. 12-16.

105 Вторая оценка трансграничных рек, озер и подземных вод // ЕЭК ООН. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. – Нью-Йорк-Женева, 2011. – 432 с.

106 Послание Главы государства Н.А. Назарбаева народу Казахстана от 28 января 2011 года: «Построим будущее вместе».

107 Казахстан – 2030 // Процветание, безопасность и улучшение благосостояния всех казахстанцев. Послание Президента страны народу Казахстана 1997 года.

108 Государственная программа по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010-2014 годы: утв. Указом Президента Республики Казахстан от 19 марта 2010 года, № 958.

109 Стратегический план развития Республики Казахстан до 2020 года: утв. Указом Президента Республики Казахстан от 1 февраля 2010 года, № 922.

110 Послание Главы государства народу Казахстана от 14 декабря 2012 года «Стратегия «Казахстан-2050» новый политический курс состоявшегося государства»: утв. Указом Президента Республики Казахстан от 18 декабря 2012 года, № 449.