

EARTH SCIENCE

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

Poryadin V.I., Kazakhstan, Doctor of geological-mineralogical Sciences, professor, Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Ahmetsafin

Akynbaeva M.G., Kazakhstan, Master, Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Ahmetsafin

Adenova D.K., Kazakhstan, Doctoral student, Kazakh national research technical university named after K.I. Satpayev

Abstract

The strategic goal of the water management complex of the Republic of Kazakhstan as a production resource and environmental demand is to provide quality water to the population and all sectors of the economy, creation of favorable conditions for their functioning, protection of water resources from depletion and pollution. Groundwater is the most important part of the available water resources of the Republic of Kazakhstan, providing high-quality water to the population and all sectors of the economy: housing and utilities sector, industrial sector and agriculture (agricultural water supply and irrigation of pastures). However, water resources of Kazakhstan in recent decades has substantially declined under the influence of anthropogenic factors: global warming and cross-border seizures of surface runoff of neighboring with Kazakhstan countries. Since the hydrological and hydrogeological cycle – the

water cycle in nature, the resources of river runoff is interconnected with groundwater resources, it has affected the natural groundwater resources, which, according to independently conducted in recent years, it is estimated, has decreased since the late 60-ies of the 20th century to 7-8%. Despite this, the resource potential of groundwater is quite high as a guide for the use does not exceed 6% of proven reserves of underground waters constituting now a 15.4 km³, which allows to assert with confidence about the successful solution of the problem of water supply by 2050 all sectors of the economy and housing and communal services of the country and at the first stage, by 2020 to solve the problem of providing the population with drinking water, identified in the Strategy "Kazakhstan-2050", through extensive and widespread use of groundwater resources.

Keywords: available water resources, groundwater, natural resources, water balance, ecological flow

Введение. Интеграция и глобализация мировых социально-экономических процессов стимулирует повышение жизнедеятельности населения, что невозможно без осуществления устойчивой пространственно-территориальной организации Казахстана путем государственного регулирования системы расселения и размещения производительных сил, способного обеспечить устойчивое развитие страны, обозначенное в Стратегии «Казахстан - 2050». В перечне глобальных вызовов XXI века в этом документе особо выделен дефицит воды, поскольку предполагается, что к 2050 году многие страны столкнутся с проблемой импортирования воды для социально-экономических нужд. Эта проблема, однако, актуальна также и для РК, где наиболее остро стоит проблема трансграничного речного стока. В этой ситуации, как указывается в «Стратегии», Казахстан должен окончательно решить проблему обеспечения водой к 2050 году всех отраслей экономики и жилищно-коммунальной сферы страны и на первом ее этапе – к 2020 году, решить проблему обеспечения населения питьевой водой путем широкого и повсеместного использования ресурсов подземных вод [1].

Материалы и методы исследования. Водные ресурсы – это все воды гидросферы, то есть воды рек, озёр, каналов, водохранилищ, морей и океанов, подземные воды, почвенная влага, вода горных и полярных ледников, водяные пары атмосферы. Значимость водных ресурсов для существования биосферы и человечества в качестве ее неотъемлемой части настолько велика, что ежегодно, 22 марта, по решению ООН отмечается Всемирный день водных ресурсов [2].

Водные ресурсы слагаются из статических запасов – воды морей и океанов, озёр и водохранилищ, ледников, болот, мёрзлых пород, почвенные и подземные воды, не подверженных заметным ежегодным изменениям, и динамических ресурсов – возобновляемых в процессе круговорота воды в природе, представленных как водным стоком рек, так и стоком подземных вод, широко используемых в хозяйственной деятельности.

Так, суммарная величина возобновляемых водных ресурсов мира составляет ~ 43 тысяч км³/год; из этого объёма водного стока ~ 42 тысяч км³/год приходится на реки в области внешнего стока – в мировой океан и ~ 1,0 тысячи км³/год на реки в области внутреннего (внутриконтинентального) стока – в бессточные моря, типа Каспия и Арала в Евразии и др. При этом, на хозяйственные нужды во всём мире используется заметная доля пресных водных ресурсов, а полное водопотребление в мире достигает ~ 10% возобновляемых водных ресурсов мира, составляющих ~ 4 тыс. км³/год [3].

Запасы пресной воды в Республике Казахстан (РК) по разным оценкам составляют 524-539 км³ в т. ч.: во внутренних морях (Каспий и Арал) и озёрах (Балкаш, Жайсан, Алаколь и другие) – 190; в водохранилищах – 95; среднесуточная величина стока рек достигает 100-103; ресурсы подземных вод оцениваются в 58-95; запасы пресной воды в ледниках составляют 58-80.

Фундаментальной особенностью орографии и гидрологии Казахстана, а также, как будет показано ниже, его региональной гидрогеологии является наличие главного орографического водораздела Европы и Азии - Евразии, делящего его на Атлантико-Арктическую и Индо-Тихоокеанскую водосборные субглобальные орографически выраженные области. 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 Евроазиатской бессточной области. В целом орографический водораздел проходит по южным границам бассейнов: Тобыл-Есильского, Нура-Тенизского бессточного и Ертисского [4]. Орографические, морфологические и климатические особенности этих

двух субглобальных гидрологических областей Казахстана определяют различие их гидрологии.

Речная сеть на территории Казахстана объединяется в шесть бассейнов: 1.Жайык-Жемский (область стока Каспийского моря); 2.Тобыл-Есильский (область стока Карского моря); 3.Ертисский (область стока Карского моря); 4.Нура-Тенизский (область стока озера Тениз); 5.Балхаш-Алакольский (область стока озера Балхаш); 6.Арало-Сырдаринский (область стока Аральского моря) [4].

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

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: маловодных по 5-7 лет и многоводных по 1-3 года. В силу климатических особенностей республики речной сток страны характеризуется значительной внутригодовой изменчивостью и естественной зарегулированностью стока: до 90% годового стока проходит в весенний и до 70% стока горных рек в летние периоды.

Водные ресурсы речного стока формируются из склонового стока и подземного питания рек. Суммарный среднегодовой сток рек и временных водотоков РК, с учетом современных водозаборов Китайской Народной Республикой (КНР) из рек Ертис и Иле, оцениваются в 100,58 км³, из которых 55,94 км³ (55,6 %) формируется на территории республики, остальная часть – 44,64 км³ (44,4%) за ее пределами [5].

Несколько иные оценки среднегодового стока рек РК видим в работах Института географии МОН РК – норма стока всех рек республики оценивается величиной 102,3 км³/год, в том числе 57,6 км³/год формируется на территории республики, составляя автохтонный (местный) сток, а 44,7 км³/год поступает из сопредельных государств: Китая – 20,4 км³/год, Узбекистана – 14,4 км³/год, России – 7,01 км³/год, Киргизии – 2,59 км³/год, составляя аллохтонный (трансграничный) сток [6].

Количественные и качественные показатели водных ресурсов определяются в основном климатическими условиями территорий и хозяйственной деятельностью. Действительно, суммарные ресурсы поверхностных вод РК в период 1974-2008 гг. составляли лишь 91,3

км³/год (50% обеспеченности), из которых 44,3 км³/год приходилось на аллохтонный сток, а 47,0 км³/год – на автохтонный сток. Суммарные ресурсы речного стока РК указанного периода 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%). Причинами нестационарности речного стока принято считать глобальные и региональные изменения климата, а также хозяйственную деятельность на водосборах и в речных долинах, в том числе в сопредельных государствах [7].

С учетом высокой степени уязвимости природной среды и отраслей экономики РК к возможным изменениям речного стока стратегия устойчивого водообеспечения республики должна ориентироваться на неблагоприятное сочетание двух дестабилизирующих факторов: климатически (10-20%) и антропогенно (до 50%) обусловленных угроз сокращений водного стока. При неблагоприятной реализации климатических и трансграничных гидрологических угроз в перспективе реально уменьшение ресурсов суммарного речного стока в целом по Казахстану к 2020 г. до 81,6 км³/год, в том числе трансграничного – до 33,2 км³/год, местного – до 48,3 км³/год; к 2030 г. – 72,4; 22,2 и 50,2 км³/год, соответственно [6].

Результаты и обсуждение. 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 [5].

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. 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.

Производственный ресурс речного стока расходуется отраслями водного хозяйства на удовлетворение спроса на воду населения и экономики с учетом, что в структуре водного хозяйства республики вычлняются отрасли-водопотребители – орошаемое земледелие, коммунально-бытовое, промышленное и сельскохозяйственное водоснабжения, 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.

Нормативы экологического потенциала и производственного ресурса речных вод республики в настоящее время установлены в размере 37% и 63% среднемноголетних ресурсов речного стока, соответственно [4].

Водные ресурсы подразделяют также на *потенциальные* и *располагаемые* – доступные для использования в отраслях экономики с учётом социальной необходимости, экономической целесообразности и экологических требований [5].

Располагаемые водные ресурсы определяется по разности потенциальных водных ресурсов и обязательных затрат стока. К обязательным затратам стока в РК отнесены 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 среднемноголетие 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 [5].

Подземные воды используются, главным образом, для коммунального хозяйства, в промышленности и для сельхозводоснабжения, а шахтно-рудничные воды – в промышленности. При современном (2012г.) использовании подземных вод в 937 млн. м³ (4,6% общего водозабора) и шахтно-рудничных вод в 73 млн. м³ (0,36% общего водозабора) к 2040 году их использование прогнозируется к увеличению в 1,9 и 1,4 раза и составит 1815 млн. м³ и 100 млн. м³, соответственно. И все же, доля подземных и шахтно-рудничных вод в расходной части водохозяйственных балансов – забора воды отраслями экономики (22,3 км³) останется незначительной, составляя 8,6 % [5], при восьмикратном потенциале возможного использования ресурсов подземных вод только за счет разведанных месторождений (ныне 1971) в объеме 15,44 км³/год [9].

Итак, важной составной частью располагаемых водных ресурсов

являются подземные воды. 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:

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

где приходную часть составляют атмосферные осадки P , уравновешенные расходной его частью: полным речным стоком $R = S+U$ (S – речной сток, U – подземный сток) и эвапотранспирацией $E = N + T$ (N – испарение с почвы или физическое испарение, T – транспирация растений или биологическое испарение) [8].

Дифференцированное уравнение водного баланса (1) при учете ледникового стока L , стока подземных вод в моря вдоль его 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

$$P = R + E + L + U_1 + Q + J. \quad (2)$$

Уравнение водного баланса (2) позволяет раскрыть литологическое звено круговорота воды, то есть гидролого-гидрогеологических процессов, связанных с геологическим субстратом, прежде всего, с его внешней оболочкой – педосферой Земли, или почвенным покровом. Почва представляет собой полифункциональную гетерогенную открытую четырехфазную (твердая, жидкая, газообразная фазы и живые организмы) структурную систему, образовавшуюся в результате выветривания горных пород и жизнедеятельности организмов и является основным носителем биосферы континентов и его ландшафтов.

Действительно, из уравнения водного баланса следуют важные гидролого-гидрогеологические и биогеоценологические соотношения [10, 11]:

$$W = P - S = U + E, \quad K_U = U/W, \quad K_E = E/W, \quad K_P = U/P, \quad K_R = U/R, \quad (3)$$

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; $K_U = U/W$ – коэффициент питания рек подземными водами (доля инфильтрации, формирующая подземный сток в реки; изменяется от 0,07 до 0,83); $K_E = E/W$ – коэффициент испарения (доля инфильтрации или валового увлажнения почвы, затраченная на эвапотранспирацию; изменяется от 0,18 до 0,93); $K_R = U/R$ – коэффициент подземного питания рек (отношение величины подземного стока к величине общего речного стока; изменяется от 0,08 до 0,55), 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).

Обстоятельный анализ уравнения (1) при условии $E = 0$ свидетельствует, что доля среднееголетней величины меженного стока – подземного стока в реки $U_{см}$, в среднееголетней величине полного речного стока $R_{см}$ может достигать 50% [11], что характерно для речных бассейнов горных территорий Юго-Востока РК. Следовательно, потенциал подземного стока – естественных ресурсов подземных вод РК, при нормах стока всех рек республики в $100,58 - 102,3 км^3/год$ может составлять $50 - 51 км^3/год$.

Действительно, как свидетельствуют оценки подземного стока, осуществленные Институтом гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР в 1970 году, его величина составляла $48,3 км^3/год$ [12]. Современные оценки естественных ресурсов подземных вод дают несколько меньшие, на 7-8%, величины: $44,95 км^3/год$ [10] и $44,7 км^3/год$ [9], уступая автохтонным ресурсам и практически сопоставимые с аллохтонной составляющей полного речного стока республики ($44,7 км^3/год$), обеспечивая, вместе с тем, потребности питьевого водоснабжения большинства регионов Казахстана, реализуемые в 2011-2020 гг. программой «Ак булак», утвержденной постановлением Правительства Республики Казахстан 24 мая 2011 г. за № 570 [13]. Однако, 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.

Распределение естественных ресурсов подземных вод по основным речным бассейнам Казахстана (таблица) очень контрастно, 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 средневзвешенные значения которого ($1,71-2,25 л/с \cdot км^2$ 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 ($0,05-0,07 л/с \cdot км^2$ или $1,58-2,17 мм/год$) – для Нура-Тенизского и Тобыл-Есильского речных бассейнов, расположенных вдоль седловинной части главного

орографического водораздела Евразии.

Таблица
Распределение водных ресурсов по речным бассейнам Казахстана

Область стока	Речной бассейн	Площадь речного бассейна F , тыс. км ²	Речной сток R , м ³ /с	Подземный сток U , км ³ /год	Модуль подземного стока μ^*	
					л/с·км ²	мм/год
Каспийское море	1. Жайык-Жемский	338,53	483,50	3,593	0,33	10,61
Карское море	2. Тобыл-Есильский	182,20	93,40	0,396	0,07	2,17
	3. Ертисский	212,79	1153,10	17,982	2,25	84,50
Озеро Тениз	4. Нура-Тенизский	62,00	32,40	0,098	0,05	1,58
Озеро Балкаш - Алаколь	5. Балхаш-Алакольский	187,99	705,60	10,147	1,71	53,97
Аральское море	6. Арало-Сырдаинский	436,76	839,48	12,735	0,92	29,16

*Средневзвешенное значение для речного бассейна

Все это подтверждается графическим анализом распределения водных ресурсов по основным речным бассейнам Казахстана (рисунок), 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 (A , B , B), включающих речные бассейны обеих склонов главного Евразийского орографического водораздела: A (1, 6) и B (3, 5), а также седловинной области водораздела B (2,4), являющейся связующей склоновых областей водного стока и характеризующейся минимальными модульными характеристиками подземного стока (таблица).

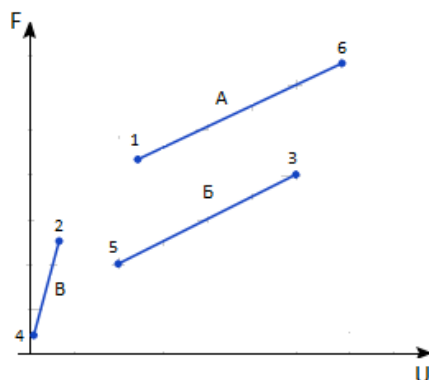


Рисунок. Зависимости распределения естественных ресурсов подземных вод Казахстана. 1,2,..6 – речные бассейны (таблица); А,Б,В – области водного стока

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

Минимальные значения величины подземного стока области водного стока *В*, характеризуют реально существующий здесь дефицит водных ресурсов недр, 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.

В целом ресурсный потенциал подземных вод Казахстана остается достаточно высоким, поскольку современное его использование – порядка 1,0 км³/год [5], не превышает 6% разведанных запасов подземных вод, составляющих ныне 15,44 км³ [7,9], а тем более располагаемых естественных ресурсов подземных вод, достигающих 45 км³/год [9,10]. Это позволяет с уверенностью утверждать об успешности решении проблемы обеспечения водой к 2050 году всех отраслей экономики и жилищно-коммунальной сферы страны и на первом ее этапе – к 2020 году, разрешить проблему обеспечения населения питьевой водой, обозначенную в Стратегии «Казахстан-2050», путем широкого и повсеместного использования ресурсов подземных вод во всех речных бассейнах республики.

Выводы. 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 [14]. В этом качестве возобновляемые ресурсы подземных вод, представленные подземным стоком, являются экосистемными.

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.

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. И здесь, часто, проявляется конфликт подходов, ведущий к экологическим катастрофам типа Аральской с полным уничтожением биосферы моря и отчасти Приаралья, что стало следствием волюнтаристского подхода в установлении нормативов экологического спроса на воду на основе политического решения, исходившего из необходимости социально-экономических целей развития страны, осуществленного в ущерб экологической необходимости. Об этом важно помнить, чтобы избежать повторений.

References:

- [1] Poslanie Prezidenta Respubliki Kazahstan - lidera nacji N. A. Nazarbaeva, narodu Kazahstana. Strategija «Kazahstan - 2050». Novyj politicheskij kurs sostojavshegosja gosudarstva. – Astana, Akorda, 2012 god. - 31 s.
- [2] Rezoljucija General'noj Assamblei OON № A/RES/47/193. 1993. Provedenie Vsemirnogo dnja vodnyh resursov.
- [3] Mihajlov V. N., Dobrovol'skij A. D., Dobroljubov S. A. Hidrologija. - M., 2005. - 464 s.
- [4] Nacional'nyj atlas Respubliki Kazahstan. Tom 1: Prirodnye uslovija i resursy. – Almaty: VIT BRAND, 2010. – 150 s.
- [5] General'naja shema kompleksnogo ispol'zovanija i ohrany vodnyh resursov. Utverzhdena postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazahstan 8 aprelja 2016 goda № 200.
- [6] Mal'kovskij I. Vodnaja bezopasnost' Kazahstana: problemy i puti reshenija. Glavnyj v mire deficit. - Central Asia Monitor, 2012. - 7s.

- [7] Vodnye resursy Kazahstana: ocenka, prognoz, upravlenie: V 21 - m tome. - Almaty, 2012.
- [8] Vodnyj balans SSSR i ego preobrazovanie. - M., Nauka, 1969. - 338 s.
- [9] Absametov M.K., Muhamedzhanov M.A., Sydykov Zh.S., Murtazin E.Zh. Podzemnye vody Kazahstana - strategicheskij resurs vodnoj bezopasnosti strany. - Almaty, 2017. - 220 s.
- [10] 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
- [11] Porjadin V.I. Jekosistemnye resursy podzemnyh vod Kazahstana: metodologija ocenki // Izv. NAN RK. Serija geol. i tehn. - 2013. - № 5. - S. 47 - 57.
- [12] Ahmetsafin U.M. i dr. Formirovanie podzemnogo stoka na territorii Kazahstana. - Alma-Ata: Nauka, 1970. - 148s.
- [13] Programma «Ak bulak» na 2011 - 2020 gody. Utverzhdena postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazahstan 24 maja 2011 g. № 570.
- [14] The Brisbane Declaration // Environmental Flows are Essential for Freshwater Ecosystem Health and Human Well-Being. – 2007. – 7p.