

М. А. МУХАМЕДЖАНОВ, Я. У. АРСТАНБАЕВ, Д. Н. БЕКЖИГИТОВА,
Н. К. ИСКАКОВ, Л. М. КАЗАНБАЕВА, А. Е. АБСЕМЕТОВА

ТОО "Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина", Алматы, Казахстан

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ АРИДНЫХ РАЙОНОВ КАЗАХСТАНА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И РОСТА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Қазақстанның құрғақ аудандарындағы жерасты суларының тиімді пайдалануы қаралған. Ауа-райы өзгерістеріне байланысты ауыз су тапшы ресурсқа айналады және жерасты суды көп мөлшерде пайдаланған кезде жерасты суларын толықтыру керектігі анықталған.

Рассмотрены водные проблемы аридных регионов Казахстана и рациональное использование запасов подземных вод – основного источника питьевого водоснабжения населения. В условиях изменения климата и роста водопотребления определены пути и методы их естественного и искусственного восполнения.

In the article consider's aqueous problem's of the arid region's and their racional use base-flow storage groundwater's, the main source of drinking water for the population. Under the condition's for climate change in the water consumption the ways and method's of their natural and artificial completion are determined.

Введение. В связи с глобальным потеплением климата на Земле в настоящее время происходит пересмотр имеющихся климатических данных по разным континентам и регионам планеты с целью определения тенденций изменения, в том числе по Центральной Азии (ЦА). Каковы же современные тенденции изменения климата на нашей планете в целом и ЦА в частности? Пока единого мнения нет, поскольку приходится учитывать слишком много факторов. В основном преобладает мнение о дальнейшем потеплении. Однако данные наблюдений за 1911–1930 гг. свидетельствуют, наоборот, о кратковременном похолодании, после чего продолжилось повышение средних температур [1].

За последние 100 лет (1901–2000 гг.) глобальная приземная температура воздуха Северного полушария увеличилась на $0,6 \pm 0,2$ °C. Потепление в XX веке было наибольшим за последнее тысячелетие, о чем свидетельствовало повышение уровня Мирового океана на 10–20 см в основном за счет теплового расширения и таяния морского льда.

Важной составной частью водных ресурсов Земли являются подземные воды. Однако до сих пор долгосрочным прогнозам изменения условий их формирования не уделялось должного внимания.

Потепление в XXI веке по оценкам ученых станет наибольшим за последнее тысячелетие, о чем свидетельствуют данные Всемирной метеорологической организации и «Доклад межправительственной группы экспертов по изменению климата» (МГЭИК, 2015) [2].

По данным UNEP и WWF России с 1884 по 1994 г. в Казахстане в целом рост среднегодовой температуры составил 1,3 °C, а годовая сумма осадков уменьшилась на 17 мм. Приведенные данные свидетельствуют о повышении аридности климата на основной части территории нашей страны.

Влияние климата на формирование подземных вод также велико, так как они тесно связаны с поверхностными водами и выпадающими на поверхность земли атмосферными осадками. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что во многих районах ЦА увеличиваются изменчивость и интенсивность выпадения осадков. Такая возросшая неравномерность во времени, когда ливневые дожди сменяются периодами засухи, может иметь негативный эффект для территории ЦА. Такое изменение условий увлажненности подтверждено данными примерно 60% метеостанций Казахстана.

Анализ неблагоприятных метеорологических явлений в пострадавших фермерских хозяйствах Казахстана показал, что с 2005 по 2007 год основными неблагоприятными явлениями в

республике были атмосферная (60% случаев) и почвенная (20%) засухи. Лишь в отдельных горных и предгорных районах ЦА, где повышение температуры воздуха менее велико, можно говорить о незначительном уменьшении засушливости климата [3].

Результаты исследований. Проблеме оценки и прогноза в долгосрочной перспективе пополнения запасов подземных вод не уделялось должного внимания. Выполненные в Казахстане вероятностные водобалансовые прогнозы состояния уровней их залегания и ресурсов имеют несистемный отрывочный характер, что не дает возможности судить о преобладающих тенденциях изменения этих важных параметров. Вероятно, настала пора уделить этой проблеме большее внимание, так как глобальное потепление климата уже привело к снижению атмосферных осадков в ряде аридных и полуаридных регионов Казахстана. С большей долей вероятности данная тенденция будет продолжаться и в предстоящие годы.

В связи с изменением климата и ростом водопотребления в соседних с Казахстаном странах ожидается существенный дефицит водных ресурсов, оцениваемый Комитетом водных ресурсов Министерства сельского хозяйства РК в размере 10–12 км³/год (или около 50% от потребности экономики при существующей в стране в настоящее время практике водопотребления).

Например, для нашей экономики требуется в 3 раза больше воды на 1 доллар валового внутреннего продукта, чем в Российской Федерации или США, в 6 раз больше, чем в Австралии. В Казахстане, несмотря на реализацию госпрограммы «Акбулак» все еще низок процент доступа к водным ресурсам: только 67% населения РК имеют доступ к чистой питьевой воде и 47% – к системам водоотведения, тогда как в развитых странах данные показатели находятся около цифры 100%.

Общее водопотребление подземных вод в Казахстане по данным Комитета геологии и недропользования Министерства по инновациям и развитию по состоянию на 01.01.2014 г. составляет 1,1–1,3 км³/год при величине разведанных эксплуатационных запасов – 15,45 км³/год.

В целом использование подземных вод пока остается невысоким: при объеме извлечения 1,1–1,3 км³/год используется всего 0,79 км³/год, в том числе для хозяйственных целей – 0,41 км³/год, производственно-технических – 0,28 км³/год, для орошения земель – 0,04 км³/год. Наиболее эффективно используются подземные воды в городах Алматы, Шимкенте и других областных центрах республики. Что касается сельских населенных пунктов, то согласно программе «Акбулак» до 2020 года 80% их будут обеспечены чистой питьевой водой. Сельские населенные пункты с численностью проживающих менее 500 жителей будут обеспечены в последующие годы.

За последнее пятилетие использование подземных вод в аграрном секторе экономики Казахстана в целом растет год от года в связи с интенсивным развитием ее составляющих: регулярного орошения, сельхозводоснабжения, обводнения пастбищ. В будущем прогнозируется увеличение коэффициента роста использования подземных вод по отрасли в целом до 1,36 за 2010–2015 гг., т.е. на 36%, а в 2020 г. он составит 1,33, т.е. использование подземных вод возрастает за 2015–2020 гг. еще на 33% и составит 427,45 млн м³/год.

Соотношение величин использования подземных вод на различные нужды в общем годовом балансе водопотребления республики (структура использования) в процентном отношении постоянно растет на протяжении ряда лет (с 2005 по 2010 г.). Наибольшее количество подземных вод используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов (31,1–32,6%), далее следуют производственно-техническое водоснабжение (26,2–30,6%) и водообеспечение сельских населенных пунктов (21,4–22,6%). В значительно меньших объемах подземные воды используются для обводнения пастбищ (6,4–7,9%), на прочие нужды (прудово-рыбное хозяйство, полив зеленых насаждений, наполнение наливных водохранилищ и т.п. – 7,5–9,3%) и для регулярного орошения (1,0–1,7%).

Величина использования подземных вод для обводнения пастбищ в 2005–2010 гг. колебалась незначительно и составляла от 56,9 до 54,4 млн м³/год. Но к 2015 г., в связи с интенсификацией животноводческой отрасли и значительным ростом поголовья скота, прогнозируется увеличение использования подземных вод для обводнения пастбищ до 69,6 млн м³/год, а к 2020 г. – до 88,9 млн м³/год. Потери воды здесь незначительные и не превышают 0,2–0,4% от забора.

С ростом площади орошаемых массивов значительно увеличивается и использование подземных вод для полива сельхозкультур. Так, если за 2005–2008 гг. использование сократилось от 12,9 до 8,2 млн м³/год, в 2010 г. наблюдается его повышение до 11,1 млн м³/год, а в 2015–2020 гг. – до 12,4–13,5 млн м³/год. Потери воды, которые в 2004–2007 гг. колебались от 10,9 до 6,2% от забора, в 2010 г. составили 4,5%, в 2015 г. ожидаются 3,8%, в 2020 г. – 2,3%. Если судить в целом, пока в аграрном секторе экономики Казахстана использование водных ресурсов и в том числе подземных вод находится в неудовлетворительном состоянии и требует перехода на водосберегающие технологии. Положительные примеры применения капельного орошения и других методов являются гарантией того, что в ближайшем будущем данная проблема найдет свое решение.

Из общего водопотребления подземных вод отраслями экономики на сельское хозяйство в целом приходится от 30 до 32%. В перспективе (2015–2020 гг.), в связи с общим увеличением использования подземных вод отраслями экономики, прогнозируется увеличение доли их использования на хозяйственные нужды (до 37%) и для водоснабжения сельских населенных пунктов (до 23,7%). Немного уменьшится доля их использования на производственно-технические нужды (до 25,6%).

Правительством Республики Казахстан обозначен комплекс мер по улучшению эффективности водопользования в ближайшие годы. Это прежде всего снижение непродуктивных потерь воды в орошаемом земледелии на 20%. Однако, как показывает анализ использования водных ресурсов и оценки экспертов, реальных действий для его выполнения предпринимается пока очень мало.

В условиях изменения климата и нарушения естественных природных факторов ежегодного восполнения (питания) ресурсов подземных вод гидрогеологических структур аридных регионов Казахстана на первое место выходят методы искусственного пополнения. Эти методы весьма глубоко и всесторонне разработаны и представлены многочисленными публикациями в мировой гидрогеологической литературе [4–15]. Эти источники в основном освещают данную проблему в странах с засушливым климатом, где величина ежегодных атмосферных осадков изменяется от 0 до 500–700 мм/год. Аналогичные территории широко распространены и в ЦА регионе.

Ниже остановимся на условиях искусственного восполнения запасов подземных вод (ИВЗПВ), изученных учеными Института гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина в 70–80-х годах прошлого столетия.

Многочисленные методы и способы целенаправленного воздействия на подземные воды были классифицированы в работе [16] коллектива ученых Института гидрогеологии и гидрофизики в книге «Формирование, прогноз, управление режимом подземных вод конусов выноса (на примере предгорного шлейфа Илейского Алатау)». Предлагаемая в ней классификация охватывает большинство методов восполнения запасов подземных вод. Авторами выделено девять классов управления режимом подземных вод.

Первый класс представлен ситуацией, когда существует сбалансированный водоотбор. Первая группа класса связана с принудительным извлечением вод с помощью механических откачек или сифонным водозабором. Вторая группа связана со свободным истечением вод за счет естественного напора. В этих условиях применяются искусственные водокаптажные сооружения в виде горизонтальных дрен или углубления русел мелких водотоков «карасу».

Второй класс связан с поэтапным понижением уровней грунтовых и напорных вод с группами неглубокого и глубокого понижения. Здесь выделены подгруппы: с помощью иглофильтров, горизонтального дренажа для низкого понижения уровней и вертикального дренажа при значительном понижении уровней при осушении месторождений горных пород в шахтах. Используются эти методы при различных видах строительства, при борьбе с засолением и заболачиванием земель, а также при эксплуатации вод артезианских бассейнов.

Третий класс включает методы искусственного восполнения запасов подземных вод. Он делится на две группы: при свободной инфильтрации и напорной фильтрации. Здесь также выделено две подгруппы: путем создания фильтрующих накопительных бассейнов и бурения нагнетательных скважин и колодцев. Данный метод включает в настоящее время огромное разнообразие методов ИВЗПВ [4–15].

Необходимо остановиться на практических гидрогеологических исследованиях и последующем моделировании проблем прогнозирования влияния на грунтовые и напорные подземные воды дополнительного искусственного их питания путем создания инфильтрационных бассейнов на конусах выноса предгорного шлейфа Иле Алатау (по В. Ф. Шлыгиной, 1978) [16].

По данным математического моделирования в районе водохранилища «Сайран» в г. Алматы были изучены условия искусственного питания подземных вод в местах расширения речных долин, сложенных песчаными и галечниковыми отложениями. При моделировании сетка задавалась по пяти точкам: в водохранилище «Сайран», в песчано-гравийных карьерах русла реки Аксай, в карьере на р. Весновка, в русле рек Каргалинка и Малая Алматинка. Эти участки находятся гипсометрически выше существующих водозаборов.

Восполнение из водохранилища «Сайран» задавалось с 1978 г. и до конца расчетного периода в количестве $0,7 \text{ м}^3/\text{с}$ (фактическое в 1973 г. достигло $4 \text{ м}^3/\text{с}$), а по остальным точкам – по $0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ в каждой с 1980 по 2000 год. Количество инфильтрационного питания по этим точкам определялось исходя из реальных возможностей заполнения инфильтрационных бассейнов паводковыми водами и фильтрационных характеристик отложений, слагающих дно бассейнов. Величина восполнения задавалась постоянной в допущении, что фильтрационная способность бассейнов будет поддерживаться на одном уровне. Общий расход восполнения составил $1,9 \text{ м}^3/\text{с}$. Однако в целом конусам выноса свойственен общий подъем уровней по всей площади. Объясняется это высокой водопроницаемостью отложений и быстрым растеканием инфильтрационных бугров, а также отчасти тем, что источники восполнения были заданы равномерно по всей площади конусов выноса.

Расчеты показали, что увеличение водоотбора на конусах выноса на $1 \text{ м}^3/\text{с}$ вызывает повышение скорости снижения уровней на $0,8\text{--}1,1 \text{ м/год}$. Искусственное увеличение запасов подземных вод при действующем водоотборе на $1,9 \text{ м}^3/\text{с}$ (или уменьшение водоотбора на эту же величину) вызывает подъем, а на второй – седьмой год – стабилизацию уровней. В результате исследований было установлено, что искусственное увеличение питания подземных вод на конусах выноса до 25% к существующему вызывает стабилизацию пьезометрических уровней на второй – четвертый год во втором напорном водоносном слое и даже небольшой их подъем со средней скоростью $0,04 \text{ м/год}$.

Как отмечалось, В. Ф. Шлыгиной была дана классификация методов управления режимом подземных вод конусов выноса [16]. Она выделила 9 классов, которые в свою очередь делятся на группы и подгруппы. Для нас оказался весьма интересным третий класс ИВЗПВ. Он делится на две подгруппы: свободной фильтрации (1) и напорной фильтрации (2). При первой (свободной) фильтрации искусственное пополнение запасов достигается за счет создания фильтрующих накопительных бассейнов (водохранилищ). При втором в результате напорной фильтрации применяются методы нагнетания в скважины, колодцы.

Именно к третьему классу отнесены методы воздействия на режим и ресурсы подземных вод путем искусственного увеличения их питания. Непрерывный рост водопотребления, связанный с развитием производительных сил, уже привел к тому, что многие отрасли экономики испытывают дефицит в питьевой и технической воде. По данным М. А. Хордикийнэ [17], к таким районам относятся Средний и Южный Урал РФ, Донецкий бассейн Украины, Центральный и Северный Казахстан и др. Проблема водоснабжения таких районов может быть успешно решена методами искусственного питания подземных вод. Важную роль в выборе метода искусственного пополнения играют гидрогеологические условия каждого конкретного района. В разных условиях могут применяться методы свободной фильтрации (бассейновый, затопления территорий и др.), а для восполнения напорных вод – методы нагнетания.

Важное значение для понимания процессов ИВЗПВ имеет определение так называемых гидрогеологических систем (ГГС). Это понятие существенно отличается от определений «водоносный горизонт», «комплекс», «бассейн», в которых преобладает структурно-геологический фактор. В понятии «гидрогеологическая система» преобладают гидравлические факторы и законы перемещения подземных вод в проницаемой среде, представленных водовмещающими коллекторами в виде горных пород различного генезиса.

ГГС обладают определенными свойствами, которые зависят от особенностей водовмещающей среды в них, определяющих режим питания, транзита и накопления подземных вод. ГГС могут быть представлены пористыми либо трещинными средами, залегающими либо горизонтально, либо вертикально (субвертикально, наклонно), с вариациями гидростатических давлений в верхних и нижних частях ГГС. Указанные различия ГГС разделяются на четыре типа: а) близповерхностные сквозные; в) близповерхностные замкнутые; с) глубинные, сквозные, прямые; d) глубинные, замкнутые, циркуляционные.

Для условий ИВЗПВ наиболее приемлемыми являются ГГС первого типа (а). Они широко распространены в верхней части земной коры. Воды здесь в основном питаются за счет инфильтрации атмосферных осадков, фильтрации вод из рек, озер, каналов и других поверхностных водотоков. Искусственное питание подземных вод, т.е. пополнение их ресурсов, в условиях значительного извлечения их в районах интенсивной эксплуатации на водозаборах позволяет поддерживать статический уровень и предотвращать формирование депрессионных воронок с негативными последствиями для почвенно-растительного покрова и окружающей природной среды.

Максимальный эффект в управлении режимом уровней подземных вод может дать комплексное сочетание методов ИВЗПВ и сбалансированного водоотбора. Например, рассмотрим основные факторы использования поверхностного стока в подземный сток на примере конусов выноса. Наиболее предпочтительным методом восполнения является использование свободной инфильтрации с помощью открытых бассейнов. Так, данный метод широко применяется в ряде зарубежных стран: Америке, Канаде, африканских странах, Китае и др. [4–15]. Для этого широко используются естественные понижения, котлованы, части русел рек даже без удаления растительного покрова или искусственных песчаных насыпок для улучшения процессов фильтрации.

Экспериментальные работы по ИВЗПВ в Алматинском промрайоне на р. Б. Алматинка на верхней части конуса выноса, а также в Восточно-Талгарской депрессии показало, что скорость фильтрации здесь достаточно высокая – 163–174 см/сут в долине р. Весновка в строительном котловане, на участке водохранилища «Сайран» – 30–60 см/сут. Аналогичные данные были получены по долинам рек Центрального Казахстана исследованиями более поздних лет, однако скорости оказались на порядок ниже [16–22].

Результаты работ свидетельствуют, что в условиях предгорных зон ЦА почти повсеместно можно найти аналогичные гидрогеологические структуры и в периоды выпадения обильных атмосферных осадков искусственно восполнять запасы подземных вод. К тому же обычно это места расположения населенных пунктов с уже существующими водозаборными сооружениями, водоотбор на которых из года в год возрастает.

Гидрогеологические условия Центрального Казахстана достаточно хорошо изучены. Здесь расположены Карагандинская и Акмолинская области, являющиеся основными промышленными центрами с развитой промышленностью горнорудного и металлургического производства, весьма зависимого от наличия доброкачественных водных ресурсов. Поэтому как в прошлое советское время, так и сегодня рост водопотребления здесь один из самых высоких.

Гидрогеологические условия рассматриваемой территории представлены в первую очередь безнапорными трещинными водами неглубокой циркуляции, приуроченные к зонам активной трещиноватости интрузивных, эффузивных и осадочных допалеозойских и палеозойских пород. Хорошая обнаженность пород способствует активному водообмену и формированию в них пресных подземных вод. На площадях внутренних понижений и многочисленных прогибов, выполненных осадочно-терригенными отложениями, развиты трещинно-поровые воды средней и высокой минерализации. Пресные воды приурочены к субартезианским бассейнам: Михайловскому и Верхне-Сокурскому. На территории Кенгирского прогиба развиты преимущественно трещинно-карстовые воды пресные и слабой минерализации.

Однако наиболее распространенными и перспективными для использования и искусственного восполнения являются воды аллювиальных отложений многочисленных речных долин. Наиболее изучены и освоены долины рек: Нуры, Токрау, Оленты, Шидерты, Сарысу и др. Водовмещающие породы здесь представлены в основном песчано-гравийно-галечными

отложениями с прослойками суглинков, супесей и глин. Мощность водоносных отложений варьирует в широких пределах, однако чаще всего она составляет 40–50 м, уменьшаясь в верхних частях долин до 2–5 м. Ширина же долин также изменяется в широких пределах в зависимости от геоморфологии и достигает 10–30 км на участках конечных и древних дельт, до сужения в 200–500 м.

Фильтрационные свойства водоносного горизонта также изменяются в широких пределах. Средние же величины коэффициентов фильтрации варьируют от 10 до 360 м/сут. Коэффициенты водопроводимости – от 300 до 1000 м²/сут. Дебиты водопунктов при откачках колеблются от 1 до 40 л/с при понижениях уровней на 2–3 м. Коэффициенты уводнепроводности изменяются от 720 до 10 450 м²/сут. Между поверхностным стоком рек и подземными подрусловыми потоками существует тесная взаимосвязь

При ИВЗПВ дополнительное количество воды постоянно подается непосредственно в эксплуатируемый водоносный горизонт с помощью инфильтрационных устройств или же происходит разовое кратковременное создание дополнительных запасов воды на некоторой площади распространения водоносного горизонта. Специально создаются инфильтрационные сооружения – инфильтрационные бассейны, каналы, площадки и др. или поглощающие и нагнетательные скважины (рисунки 1, 2).

Весьма перспективными водоносными образованиями в рассматриваемом регионе являются карбонатные отложения верхнего девона – нижнего карбона (D₃ fm – C₁t). По фильтрационным и емкостным свойствам они превосходят все водоносные образования на изученной территории. Практика использования подземных вод карбонатных структур в Казахстане свидетельствует о их высокой перспективности для создания значительных объемов доброкачественных подземных вод путем нагнетания в карстовые пустоты и полости значительных объемов паводковых и качественных речных вод в периоды выпадения атмосферных осадков и весеннего половодья.

Как известно, интенсивный отбор подземных вод оказывает негативное воздействие на прилегающие территории. Вследствие интенсивного водоотбора происходят снижение уровня подземных вод данного горизонта на прилегающей к водозабору территории, изменение химического состава подземных вод и сокращение речного стока, что в дальнейшем может привести к деградации почвенно-растительного слоя, а также дает начало процессам опустынивания. Каждое из этих последствий не только представляет серьезную угрозу для окружающей среды, но также может причинить значительный экономический ущерб предприятиям или государству.

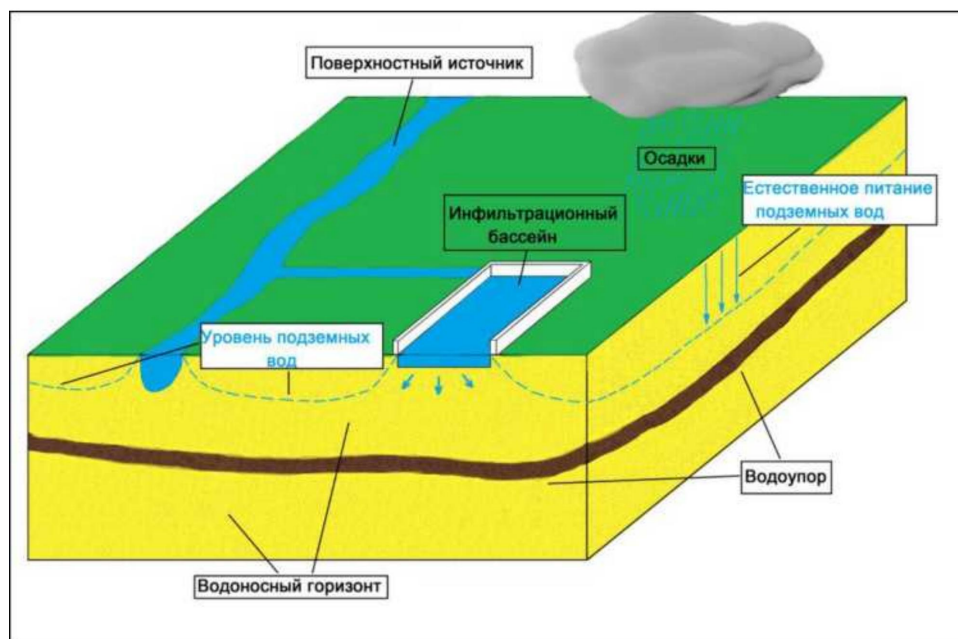


Рисунок 1 – Схема ИВЗПВ с использованием инфильтрационного бассейна

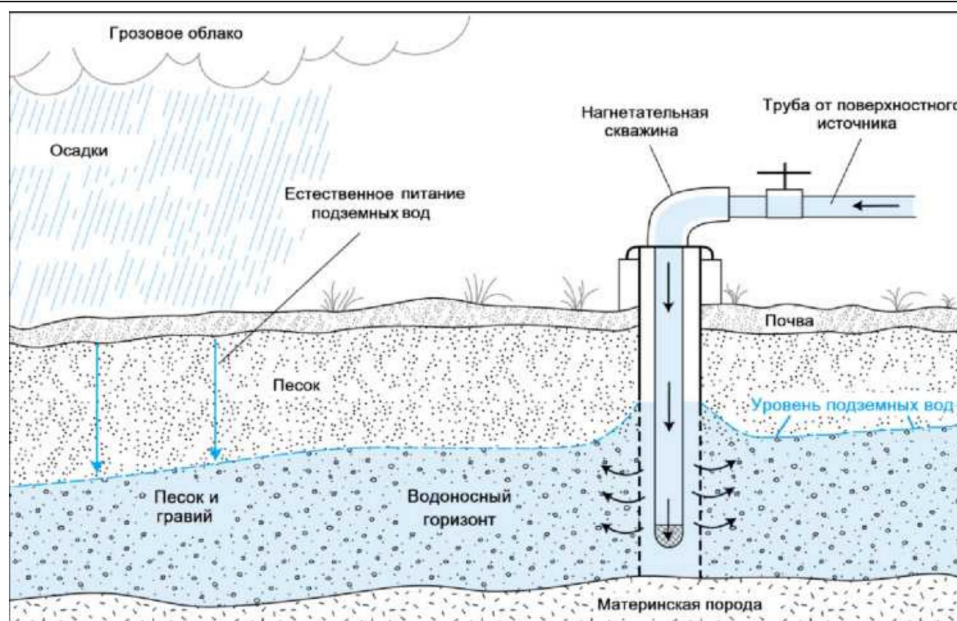


Рисунок 2 – Схема ИВЗПВ с использованием нагнетательной скважины

Одним из проявлений негативного воздействия интенсивной эксплуатации подземных вод на окружающую среду является образование депрессионных воронок и проседание земной поверхности, вызванное интенсивным отбором подземных вод [15]. Понижение пьезометрических уровней подземных вод и изменения пластовых давлений вызывают изменения напряжений в горных породах, скоростей, а иногда и направлений движения подземных вод, что увеличивает интенсивность суффозионных и карстовых процессов.

Основными мероприятиями, позволяющими предотвратить или минимизировать негативное влияние отбора подземных вод, являются управление режимом отбора подземных вод на крупных водозаборах (в большинстве случаев – уменьшение отбора) и искусственное восполнение запасов подземных вод.

Преимущества метода ИВЗПВ – увеличение водоотбора без коренного переустройства водозаборных сооружений, сокращение потерь ценных сельскохозяйственных угодий, улучшение физических и санитарных характеристик воды. Также сооружение систем ИВЗПВ на уже существующих водозаборах часто оказывается дешевле поиска и строительства новых источников водоснабжения.

Метод ИВЗПВ нашел широкое применение за рубежом – в Индии, Нидерландах, Германии, Голландии, Новой Зеландии, Аргентине, Китае и др. В настоящее время в Казахстане этот метод практически не используется. Однако в условиях возрастания антропогенной нагрузки на поверхностные воды и напряженной экологической обстановки метод ИВЗПВ становится все более актуальным.

Развитие систем ИВЗПВ в первую очередь зависит от возможности и целесообразности их применения. В районах, где намечается использование искусственного восполнения запасов подземных вод производится предварительное районирование и выбираются наиболее рациональные методы и технологии за счет выбора эффективных способов и создания специальных гидротехнических сооружений. Наиболее распространенные из них показаны на приведенных рисунках.

Выводы. Проведенные исследования гидрогеологических условий аридных регионов Казахстана в связи с изменениями климата и возрастанием дефицита водных ресурсов в регионе ЦА свидетельствуют о необходимости принятия мер по использованию водосберегающих технологий как в промышленности, так и в аграрном секторе. Широкое применение специальной техники и счетчиков расхода воды в коммунальной сфере, совершенствование методов орошения сельхозкультур, внедрение справедливой тарифной политики при опреде-

лении затрат на поставку водных ресурсов будут способствовать сохранению экосистем от деградации почвенно-растительного слоя и снижения уровней подземных вод первого от поверхности водоносного горизонта.

Однако наиболее эффективным методом, как показали исследования, являются методы ИВЗПВ на этих территориях. В условиях дальнейшей аридизации климата в рассматриваемых регионах ЦА широкое применение методов ИВЗПВ позволит обеспечить стабильность экосистем и даст возможность широкого использования подземных вод – самого надежного источника водоснабжения населения и всех водопотребителей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Борисова Е.А. Эволюция взглядов на изменение климата в Центральной Азии // История и современность. – 2013. – Вып. 1(17). – С. 110-124.
- [2] Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). – ВМО, ЮНЕП. – Женева, 2015. – 182 с.
- [3] Влияние изменений климата на водные ресурсы Центральной Азии. Отраслевой обзор, 2009. – Евразийский банк развития (www.eabr.org/general...pdf).
- [4] David N. Lerner, Arie S. Issar, Ian Simmers. Ground water Recharge. A guide to Understanding and Estimating Natural Recharge / IAH. – Hannover: Heise, 1990. – Vol. 8. – 345 p.
- [5] Tomas Meixner, Andrew H. Mannig, David A. Stonestron et.al. Implication of projected climate change of groundwater recharge in the western United States // Hydrogeology. – 2016. – 534. – P. 124-138.
- [6] Potential Artificial Recharge Schemes: Planning for implementation, November 2010. Ricky Murray, Phillip Ravenscroft et.al. Final Report Department of Water Affairs, 2010. – 148 p.
- [7] Siade F., Nishikawa T., Martin P. Natural recharge estimation and uncertainty analysis of an adjudicated groundwater basin using a regional-scale flow and subsidence model (Antelope Valley, California, USA) // Hydrogeology. – 2015. – 23. – P. 1276-1291.
- [8] Shemingui A., Sulis M., Paniconi C. An assesstment of recharge estimationstrim and welldata and froma coupled surface-water groundwater model for des Anglais catchment, Qvebec (Canada) // Hydrogeology. – 2015. – 23. – P. 1731-1743.
- [9] Kingston D.G., Taylor R.G. Sources of uncertainty in climate change impacts or river discharge and groundwater in a headwater cathment of the Upper Nile Basin, Uganda // Hydrol Eart Syst Sci. – 2010. – 14. – P. 1297-1308.
- [10] Healy R.W. Estimating groundwater recharge. – Cambridge University Press, Cambridge, 2010. – 245 p.
- [11] Jackson R.C., Meister R., Prudhomme C. Modelling the effects of climate change and its uncertainty on UK Chalk groundwater resources from anensemble of global climate model projections // Hydrology. – 2011. – 399. – P. 12-28.
- [12] Dams J., Salvadore E., Van Dael T., et.al. Spatiotemporal impact of climate change on the groundwater system // Hydrol Eart Syst Sci. – 2011. – Discuss 8:10195-10223.
- [13] Kumar C.P. Climate change and its impact on groundwater resources // Int Jornal Eng. Sci. – 2012. – 1. – P. 43-60.
- [14] Gohari A., Eslamian S., Abedi-Koupaei J., et.al. Climate change impacts on crop prodaction in Iran's Zayandeh-Rud River Basin // Hydrol Eart Syst Sci Total Environ. – 2013. – 442. – P. 405-419.
- [15] Yun Zhang, Jichun Wu, Yuqun Xue, et.al. Land subsidence and uplift due to long-term groundwater extraction and artificial recharge in Shanghai, China // Hydrogeology Jornal. – 2015. – 23. – P. 1851-1866.
- [16] Формирование, прогноз, управление режимом подземных вод конусов выноса. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1978. – 155 с.
- [17] Хордикийнен М.А. Опыт искусственного восполнения подземных вод в РСФСР и Казахстане // Гидрогеологическое обоснование искусственного пополнения запасов подземных вод. – М., 1973. – Ч. 1.
- [18] Мухамеджанов М.А. Актуальные проблемы гидрогеологии и геоэкологии Казахстана // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2014. – № 3. – С. 134-140.
- [19] Жапарханов С.Ж., Жуматаев Б.К. Искусственное восполнение запасов подземных вод аридных регионов Центрального Казахстана. – Алматы, 2012. – 175 с.
- [20] Мухамеджанов М.А., Бекжигитова Д.Н., Казанбаева Л.М. Условия восполнения подземных вод аридных и полуаридных регионов Казахстана и методологические аспекты определения перспективных объектов // Материалы конф. «Сатпаевские чтения-2016. – Алматы. – Электронная версия (www.satpaevskiechтения).
- [21] Антоненко В.Н., Кульдеев Е.И., Тынбаев М.М. Гидрогеологические основы magazинирования подземных вод // Вестник КазНТУ. – 2012. – № 3. – С. 145-148.
- [22] Шакибаев И.И., Кулагин В.В. Искусственное восполнение подземных вод – основа рационального использования водных ресурсов // Водное хозяйство Казахстана. – 2010. – № 4 (спецвыпуск). – С. 49-51.