

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2023.i5.07>

The influence of hydrological conditions on the formation of exploitable reserves of underground water deposits in Northern Kazakhstan

Ye. Auelkhan*, A.Kh. Zhusupov

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: y.auyelkhan@satbayev.university

Abstract. Groundwater is an important source of water supply in the regions of Northern Kazakhstan. The formation and management of exploitable groundwater reserves in a given region are closely related to hydrological conditions. This article analyzes the influence of climatic factors, hydrogeological features and human activity on the formation of operational groundwater reserves in Northern Kazakhstan. The study is based on an analysis of the results of prospecting and assessment work and data from the pilot operation of the Alekseevskoye groundwater deposit in the Akmolra region of the Republic of Kazakhstan.

Keywords: hydrogeology, groundwater, operational reserves, Kazakhstan, groundwater resources, water intake wells.

1. Введение

Современное обеспечение устойчивого развития общества и экономики тесно связано с эффективным управлением водными ресурсами. В этом контексте особенно важным является изучение гидрологических условий и формирование эксплуатационных запасов подземных вод, влияющих на устойчивость водоснабжения в регионах. Одним из перспективных объектов исследования в этой области является Северный Казахстан, характеризующийся уникальным гидрологическим режимом. В рамках данной научной статьи авторы фокусируют внимание на Алексеевском месторождении подземных вод, представляющем собой значимый объект для изучения влияния гидрологических условий на формирование и эксплуатацию водных ресурсов в данном регионе. Анализ этого месторождения не только раскроет уникальные аспекты гидрогеологии Северного Казахстана, но также предоставит ценные практические выводы, способствующие разработке эффективных стратегий управления подземными водами в условиях изменяющегося климата и повышенной потребительской активности.

Актуальность исследований определяется необходимостью совершенствования методик прогнозных расчетов в связи с повышением доли использования подземных вод в хозяйственно-питьевом и техническом водоснабжении. Только на основе теоретически обоснованных представлений об особенностях балансово-гидродинамических процессов формирования эксплуатационных запасов в условиях динамичного изменения гидрологических характеристик можно совершенствовать практику разведки и оценки месторождений, в том числе и в аспекте комплексного использования ресурсов подземных и поверхностных вод.

Для более глубокого понимания влияния гидрологических условий на формирование эксплуатационных запасов подземных вод на примере Алексеевского ме-

сторождения подземных вод в Северном Казахстане рассматриваются следующие основные гипотезы:

1. Геологическая структура и гидрогеологические процессы: предполагается, что геологическая структура региона, такая как типы грунтов, породы и структуры водоносных горизонтов, оказывает влияние на формирование и распределение подземных вод. Гипотеза предполагает, что понимание этих геологических особенностей поможет лучше оценить объемы и качество подземных вод.

2. Моделирование гидрологических процессов: гипотеза предполагает, что применение математических моделей гидрологических процессов может предоставить инструмент для прогнозирования изменений в запасах подземных вод в зависимости от различных гидрологических сценариев. Использование таких моделей может помочь в разработке эффективных стратегий управления водными ресурсами.

Проведение исследований с учетом данных гипотез позволит более глубоко понять механизмы взаимодействия гидрологических условий и подземных вод, что, в свою очередь, может привести к разработке более точных и эффективных методов управления водными ресурсами в данном регионе.

2. Методы и материалы

Методология исследования направлена на систематическое и глубокое изучение влияния гидрологических условий на формирование запасов подземных вод, с основным фокусом на Алексеевском месторождении в Акмолинской области. Для достижения поставленных целей использовалась следующая методология:

I. Сбор данных: начальным этапом являлся комплексный сбор данных о климатических, гидрологических условиях и подземных водах в регионе. Это включает в себя анализ климатических данных, геологических и гидрогеологических карт.

II. Геоинформационный анализ: использование геоинформационных систем для пространственного анализа и визуализации данных. Это позволит выявить пространственные закономерности распределения подземных вод и их зависимость от геологических и климатических факторов.

III. Гидрогеологические исследования: проведение комплекса гидрогеологических исследований, включавших буровые, геофизические, опытно-фильтрационные, режимные и лабораторные работы для определения характеристик водоносных горизонтов, проницаемости пород и других параметров, влияющих на формирование запасов подземных вод.

IV. Оценка антропогенного воздействия: изучение влияния эксплуатации месторождения на гидродинамическую, гидрохимическую и гидрологическую обстановку на площади месторождения.

V. Формирование рекомендаций: на основе полученных результатов разработка рекомендаций для эффективного управления подземными водами в регионе, включая предложения по водосберегающим мерам и стратегиям устойчивого использования водных ресурсов.

Эта методология предоставляет системный подход к изучению влияния гидрологических условий на формирование запасов подземных вод, что позволит получить более полное и глубокое понимание гидрологических процессов в рассматриваемом регионе.

3. Результаты и обсуждение

Научное исследование, проведенное в рамках описанной методологии, предоставляет ряд ключевых результатов, которые могут быть существенными для понимания влияния гидрологических условий на формирование эксплуатационных запасов подземных вод на примере Алексеевского месторождения в Северном Казахстане:

Участок находится в нижнем течении р. Чаглинки, в пределах листа N-42-XXII. На данном участке сток в реке регулируется абсолютной отметкой воды в озере Копа. При абсолютной отметке зеркала воды в озере 323.0 м из него происходит сток в речную долину, а при более низкой отметке – озеро бессточное, и для данного отрезка речной долины характерен застойный режим фильтрации, поэтому как поровые воды аллювиальных отложений, так и трещинные воды пород скального фундамента слабосолоноватые.

В геотектоническом плане район представляет собой сочленение двух структур первого порядка – Кокчетавского и Шатского антиклинориев, разделенных Азатским синклином. По характеру складчатости и времени образования выделяются три структурных яруса. В районе выделяются региональные глубинные разломы: Чаглинский, Алексеевский, Донгульгашский и Обуховский. К узлу пересечения первых двух и относится рассматриваемое месторождение (рисунок 1).

В геологическом строении района принимают участие породы протерозойского, каменноугольного, четвертичного возрастов и палеозойских интрузий.

По гидрогеологическому районированию участок находится в зоне сочленения двух бассейнов: Нижневартовско-Петропавловского и Кокшетау-Баянаульского. На участке выделяются следующие стратифицированные водоносные горизонты и комплексы.

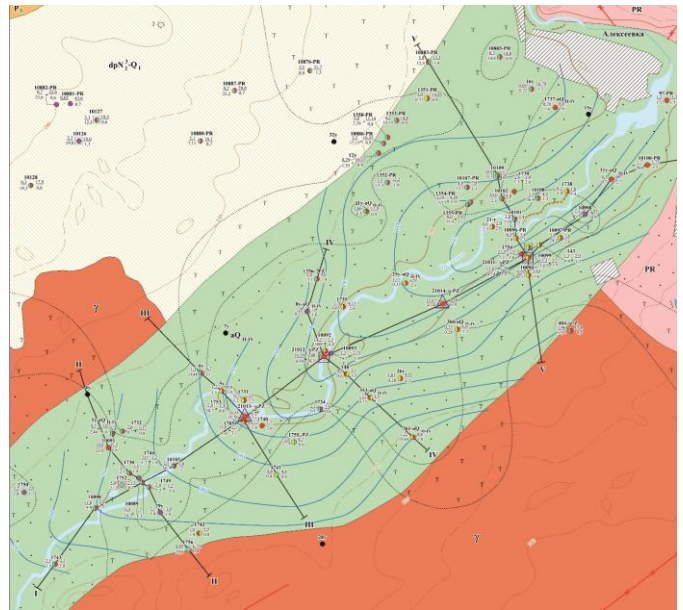


Рисунок 1. Гидрогеологическая карта Алексеевского месторождения подземных вод. Источник: разработано автором на основе изданной гидрогеологической карты листа N-42-XXII (автор Спиридонов М.Г., 1961-1971 гг.).

Водоносный среднечетвертичный-современный аллювиальный горизонт (aQ_{II-IV}) распространен по долине реки Чаглинка. Водоносные отложения представлены разнозернистыми песками, реже гравием и галечниками, переслаивающимися с суглинками, супесями и глинами. Мощность горизонта изменяется с севера на юг от 4.0 до 50.0 м. Аллювиальный горизонт с размывом ложится на отложения коры выветривания, реже на породы скального фундамента. Подземные воды безнапорные. Уровни устанавливаются на глубинах от 0.5 до 16.15 м. Коэффициенты фильтрации песков составляют от 30 до 85 м/сут. Коэффициенты водоотдачи пород зависят от механического состава и составляют от 0.4 до 0.23. Дебит изменяется от 0.05 до 4.2 л/с при понижении уровня, соответственно 0.22 и 0.4 м. Величина минерализации подземных вод колеблется в широких пределах от 0.8 до 3.6 г/дм³.

Водопроницаемый локально-водоносный горизонт мезозойской коры выветривания (eMZ) развит практически повсеместно. Мощность изменяется от краевых частей к центральным от 5.0 до 35.0-40.0 м. По составу водовмещающие породы представлены дресвяно-глинистыми, дресвяными и дресвяно-щебнистыми образованиями материнских пород. Наиболее обводненными являются дресвяно-щебнистые разности, залегающие непосредственно на породах скального фундамента, и практически образуют единый водоносный комплекс с общим уровнем и единым химическим составом.

Водоносная зона открытой трещиноватости метаморфических протерозойских пород (PR) распространена на довольно значительной территории. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми сланцами различного состава, кварцитами, доломитами, амфиболитами, мраморизованными известняками, кварцевыми песчаниками. Водообильность пород колеблется в пределах от 0.3 л/с до 20.0 л/с. Наиболее водообильными являются породы в зонах тектонических нарушений. Величина минерализации изменяется от 0.4 до 3.5 г/дм³.

Питание трещинных вод протерозойских пород осуществляется как за счет атмосферных осадков, так и за счет перетока из перекрывающих мезозой-кайнозойских образований. Разгрузка происходит в гипсометрически ниже расположенные комплексы и в русло р. Чаглинка.

Водоносная зона открытой трещиноватости палеозойских интрузивных пород (γPZ) распространена на описываемой территории практически повсеместно и вскрыта рядом скважин. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми гранитами, гранодиоритами, диоритами. Воды безнапорные и слабонапорные. Глубина залегания уровня определяется глубиной трещиноватости. Незначительный напор создается под чехлом глинистых разностей мезозойских отложений коры выветривания. Дебиты скважин интрузивных образований изменяются от деся-

тых долей до 15.0 л/с. Минерализация изменяется от 0.2 до 21.0 г/дм³. Кроме того, отмечается увеличение минерализации от водораздела к области разгрузки – долине р. Чаглинка. Питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и перетока из вышележащих отложений. Областью разгрузки является долина р. Чаглинки.

Гидрогеологические исследования в рамках настоящих работ заключались в проведении комплекса гидрогеологических исследований, включавших буровые, геофизические, опытно-фильтрационные, режимные и лабораторные работы для определения характеристик водоносных горизонтов, проницаемости пород и других параметров, влияющих на формирование запасов подземных вод (рисунок 2).

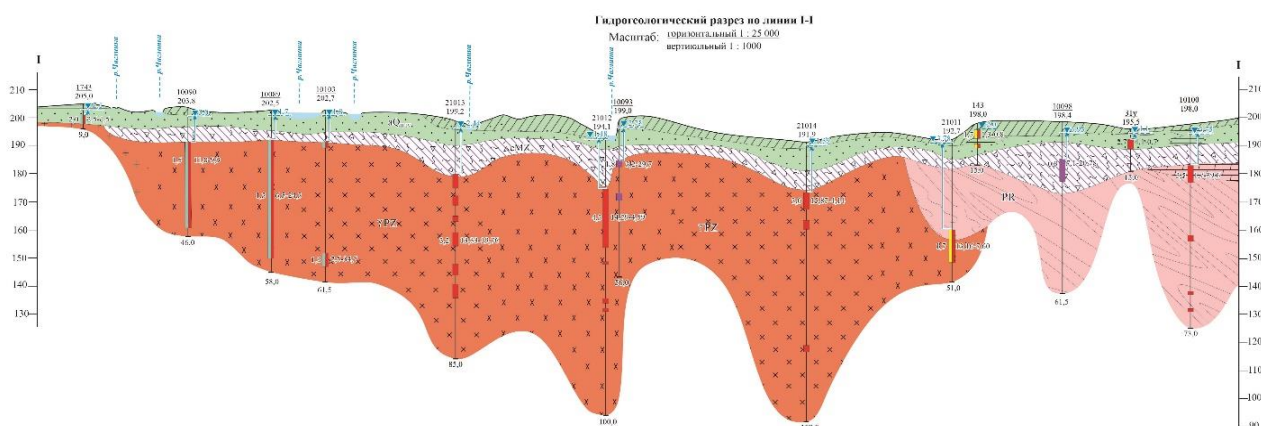


Рисунок 2. Разрез по линии водозабора. Источник: разработано автором на основе результатов работ на основе изданной гидрогеологической карты листа N-42-XXII (автор Спиридонов М.Г., 1961-1971 гг.).

Гидрогеологическое обследование осуществлялось в рамках специализированных исследований, в процессе которых изучались ключевые участки распространения подземных вод, включая выявление их связей с тектоникой, геоморфологией, гидрографией, типами растительного покрова, были уточнены местоположения ранее пробуренных гидрогеологических скважин и изучено санитарное состояние участка работ.

По результатам обследования были окончательно выбраны места заложения скважин.

Буровые работы на участке работ проводились с целью изучения геологического строения и гидрогеологических условий, определения условий залегания, мощности зоны открытой трещиноватости, оценки степени водообильности и фильтрационных свойств водовмещающих пород.

По своему назначению и конструкции скважины подразделялись на поисково-разведочные, наблюдательные и разведочно-эксплуатационные.

Всего на участке пройдено 14 гидрогеологических скважин, в том числе 7 поисково-разведочных, 3 разведочно-эксплуатационных и 4 наблюдательных скважин. Бурение всех скважин производилось станком роторного типа УРБ-3А3 вращательно-механическим и пневмударным способами.

В процессе бурения осуществлялись вспомогательные работы, в состав которых входят: подготовка скважин к каротажу, крепление обсадными трубами, деглинизация скважин.

Геофизические каротажные исследования в скважинах проводились для литологического расчленения разрезов, определения мощности пластов, степени трещиноватости пород и устойчивости ствола, выделения водоприточных интервалов, оценки естественной радиоактивности пород.

ГИС выполнены во всех пробуренных скважинах. Каротаж проводился по окончании бурения в открытом стволе.

Для решения поставленных задач использованы методы основного комплекса (гамма-каротаж, электрокаротаж - КС, ПС, кавернометрия) и расходомертия. Масштаб записей по глубине 1:200.

В состав опытно-фильтрационных работ для решения конкретных гидрогеологических задач были включены пробные, опытно-одиночные и опытно-кустовые откачки.

Пробные откачки проведены во всех скважинах, с целью предварительной оценки водообильности водоносных горизонтов и оценки качества вскрываемых вод. Продолжительность одной откачки составила 21 час, с последующим наблюдением за восстановлением уровня 7 часов.

Опытно-одиночные откачки проведены в 2 разведочно-эксплуатационных скважинах с целью установления зависимости дебита скважин от понижения уровня и определения основных гидрогеологических параметров продуктивной среды в естественных условиях фильтрации подземных вод при максимальном точечном возмущении.

Опытно-кустовая откачка проведена в разведочно-эксплуатационной скважине №№21015 с целью установления зависимости дебита скважин от понижения уровня и определения основных гидрогеологических параметров продуктивной среды в естественных условиях фильтрации подземных вод при максимальном точечном возмущении. При этом велись наблюдения во всех наблюдательных скважинах, пробуренных на водоносный горизонт аллювиальных отложений с целью определения фильтрационных параметров и степени его взаимосвязи с нижележащей водоносной зоной трещиноватости пород скального фундамента.

Во всех типах опытно-фильтрационных работ замеры дебита производились ежечасно объемным методом, фиксированием секундомером времени наполнения тарированной емкости объемом 1 м³.

Изменение уровня в скважинах в процессе откачки и восстановления фиксировались ежеминутно регистраторами уровня воды Solinst модель 3001 Levelogger Edge в блок-памяти устройства (рисунок 3).



Рисунок 3. Регистратор уровня воды Solinst модель 3001 Levelogger Edge

Данные опытных работ, в совокупности с обобщением и анализом других исследований, были положены в основу определения расчетных параметров.

Определение фильтрационных параметров производились по графикам временного, площадного и комбинированного прослеживания. Результаты расчетов сведены в нижеследующую таблицу 1.

Таблица 1. Результаты расчетов гидрогеологических параметров

№ скв	Опробуемый горизонт		Многослойная толща			
	km	кф	km	кф	m	ay
21011	156	8.2	192	4.78	40.2	2251
21012	214	4.86	303	6.88	44	2544
21013	94	2.13	95	2.14	44	-
21014	264	4.63	376	6.59	57	-
21015	20	1.15	110	1.8	61	2400
21016	5	0.15	35	0.6	60	-
21019	351	13.5	795	18.5	43	-
Среднее по участку	158	4	272	6	50	2400

Гидрогеологические наблюдения за режимом подземных вод проводились с целью установления особенностей формирования естественного режима подземных вод по сезонам года, оценки восполняемости эксплуатационных запасов подземных вод, влияния эксплуатации Алексеевского месторождения на гидродинамическую обстановку на площади месторождения.

Режимные наблюдения за уровнем подземных вод проводились в период с июня 2022 года по январь 2023 года, за уровнем поверхностных вод реки Чаглинка с июня по ноябрь 2022 года (в зимний период река промерзает). Средняя частота замеров по каждой точке наблюдения составила 3 замера в месяц.

До начала эксплуатации в рамках настоящих работ была проведена опытно-промышленная откачка на месторождении из 4-х водозаборных скважин №№21011 – 21014 с 20 июля 2022 года. Дебиты скважин с помощью частотных преобразователей были отрегулированы на величину утвержденных эксплуатационных запасов. Все водозаборные скважины оборудованы водомерными счетчиками марки Endress+Hauser Promag W (максимальная величина измерения расхода = 180 м³/час).

По данным водомерных счетчиков с момента опытно-промышленной откачки с площади месторождения (20 июля 2022 года) по 22 декабря 2022 года из 4-х водозаборных скважин №№21011 – 21014 суммарно откачено 504528,78 м³ воды за 119 суток (20.07 – 22.12.2022 год с перерывом с 26.08 по 01.10.2022 года – порыв на трассе водовода), исходя из этого величина среднесуточного водоотбора с месторождения составляет 4239.75 м³/сутки (что составляет 69% от расчетной производительности водозабора).



Рисунок 4. Фотография участка водозаборной скважины №21012

В процессе опытно-промышленной откачки велись режимные наблюдения за уровнем подземных вод как по площади месторождения, так и за его пределами выше и ниже по потоку р.Чаглинка. В связи с конструктивными особенностями эксплуатационных скважин замеры в них не производились, наблюдения велись по 8 наблюдательным скважинам, пройденным на аллювиальный водоносный горизонт в районе эксплуатационных скважин №№21011 и 21012. Также в режимную сеть включены разведочно-эксплуатационные скважины №№21015 (с 4 ярусными скважинами на аллювиальный водоносный горизонт) и 21016, поисково-разведочные скважины №№21017, 21018, 21020, 21021. В ходе режимных наблюдений также велись наблюдения за уровнем поверхностных вод р.Чаглинка по 6 гидропостам (рисунок 4).

Расположение режимной сети отображено на рисунке 5. Также все скважины режимной сети и гидрологические посты вынесены на карту фактического материала и гидрогеологическую карту участка работ.

Ниже приводятся результаты наблюдений за уровнем подземных вод как в пределах месторождения, так и за его пределами.

Скважина 21011 расположена на расстоянии 300 м от русла реки Чаглинка. В процессе проведения из скважины №21011 опытно-промышленной откачки продолжительностью 37 суток (20.07-26.08.2022 г) в наблюдательных скважинах №№3н и 4н расположенных на расстоянии 17.5 и 23.66 м соответственно величина понижения составила 0.86 м и 0.51 м соответственно. При этом в

ходе откачки видны колебания уровня подземных вод, связанные вероятнее всего с питанием аллювиальных отложений за счет инфильтрации атмосферных осадков. После остановки откачки уровень подземных вод в наблюдательных скважинах восстановился до первоначального уровня к 16.09.2022 г (в течении 15 суток).

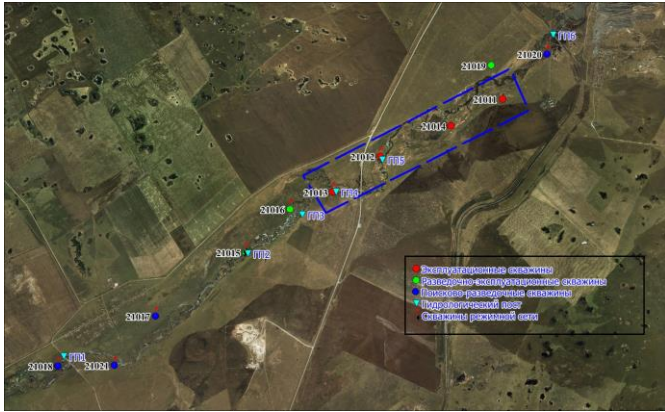


Рисунок 5. Расположение скважин и гидрологических пунктов режимной сети на площади Алексеевского МПВ. Источник: разработано автором на основе результатов работ

При повторном запуске из скважины №21011 опытно-промышленной откачки продолжительностью 82 суток (01.10-22.12.2022 г) в наблюдательных скважинах №№3н и 4н величина понижения составила 1.9 м и 1.48 м соответственно. Здесь наблюдается установившийся темп снижения уровня без значительных колебаний, что связано с отсутствием наличия инфильтрационного питания вследствие наступления холодов (рисунок 6).

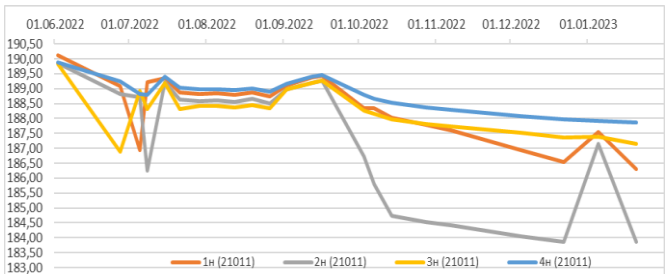


Рисунок 6. График изменения уровня подземных вод в наблюдательных ярусных скважинах №№1-4 возле эксплуатационной скважины №21011. Источник: разработано автором на основе результатов работ

Скважина 21012 расположена на расстоянии 18 м от русла реки Чаглинка. В процессе проведения из скважины №21012 опытно-промышленной откачки продолжительностью 37 (20.07-26.08.2022 г) в наблюдательных скважинах №№3н и 4н расположенных на расстоянии 10.95 м и 15.66 м величина понижения составила 0.14 м и 0.17 м соответственно (рисунок 7). После остановки откачки уровень подземных вод в наблюдательных скважинах восстановился до первоначального уровня к 02.09.2022 г (в течении 6 суток).

При повторном запуске из скважины №21012 опытно-промышленной откачки продолжительностью 82 суток (01.10-22.12.2022 г) в наблюдательных скважинах №№3н и 4н величина понижения составила 0.74 м и

0.79 м соответственно. При этом отмечается значительный скачок темпа снижения уровня с декабря, что связано с отсутствием питания подземных вод за счет поверхностного стока реки Чаглинка вследствие ее промерзания.

Также следует отметить стабилизацию уровня подземных вод в аллювиальных отложениях в процессе опытно-промышленной откачки в период с 20.07-26.08.2022 г, а в некоторые дни повышение уровня подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков.

В период отсутствия естественных ресурсов (инфильтрация атмосферных осадков, поверхностных стоков р. Чаглинка) обеспечение эксплуатационного дебита скважин осуществляется за счет сработки естественных запасов водоносного комплекса. При зафиксированном в ходе опытно-промышленной откачки темпе снижения понижение на конечный срок межлетнего периода (30 апреля 2023 года), что составляет 211 суток с даты начала откачки (01 октября 2022 года), величина прогнозного понижения в аллювиальных отложениях в наблюдательной скважине 4н пробуренной возле эксплуатационной скважины №21011 (самая отдаленная от р. Чаглинка эксплуатационная скважина, L = 300 м) составит для скважина 4н = 1.87 м. А при 4х годичном (1460 суток) мало-водном периоде (по аналогии с месторождением Чаглинское-II) величина прогнозного понижения в аллювиальных отложениях составит 2.7 м (рисунок 8), что составляет 50% от средней обводненной мощности аллювиальных отложений равной 5.46 м в пределах месторождения.

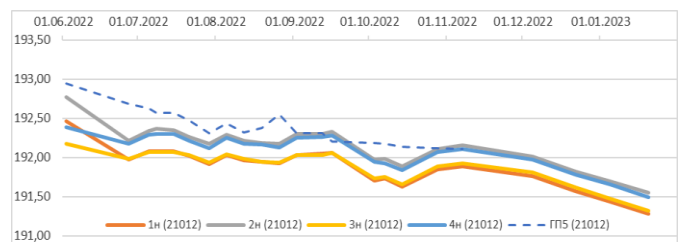


Рисунок 7. График изменения уровня подземных вод в наблюдательных ярусных скважинах №№1-4 возле эксплуатационной скважины №21012. Источник: разработано автором на основе результатов работ

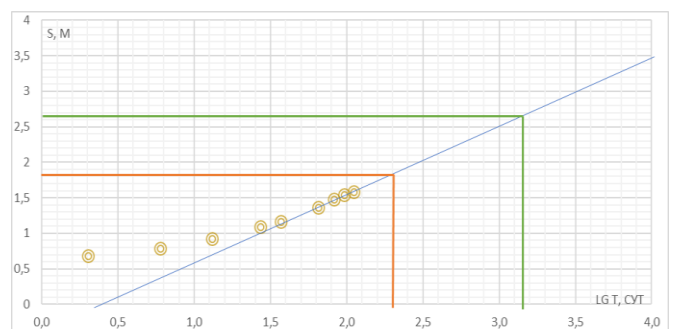


Рисунок 8. График временного прослеживания S – lgt понижения уровня в наблюдательной скважине №4н (21011). Источник: разработано автором на основе результатов работ

В процессе опытно-промышленной откачки в ближайших к месторождению наблюдательных скважинах №№21015 и 21016 расположенных выше по течению от крайней эксплуатационной скважины №21013 на рассто-

янии 2370 м и 1000 м соответственно влияние на естественный режим подземных вод за период откачки не обнаружено. Аналогичная ситуация по наблюдательной скважине №21020 расположенной ниже по течению на расстоянии 1400 м от эксплуатационной скважины №21011. Здесь динамика изменения уровня подземных вод полностью идентична динамике в наблюдательных скважинах №№21017, 21018, 21021 расположенных в 3-6 км от месторождения и подвержена лишь естественным факторам. Падение уровня в скважине №21016 в период с сентября по октябрь месяц вызвано проведением в данной скважине длительной опытно-одиночной откачки.

Река Чаглинка. Изменение уровня поверхностных вод р.Чаглинка наблюдения за которым велись по 6 гидропостам (3 поста выше по течению от месторождения, 2 поста на участках эксплуатационных скважин, 1 пост ниже по течению от месторождения) также идентичны (рисунок 9). Снижение уровня поверхностных вод вследствие откачки с площади Алексеевского месторождения не наблюдалось. Режим поверхностных вод в пределах площади месторождения сопоставим с режимом за его пределами (рисунок 10).

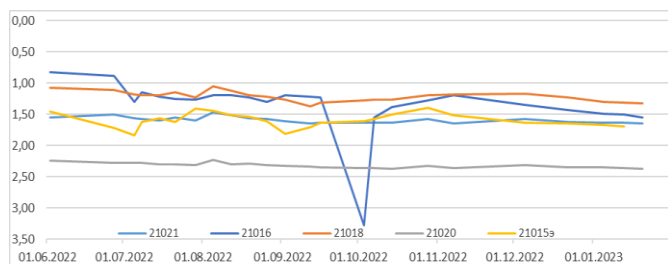


Рисунок 9. График изменения уровня подземных вод в наблюдательных скважинах за пределами Алексеевского месторождения. Источник: разработано автором на основе результатов работ

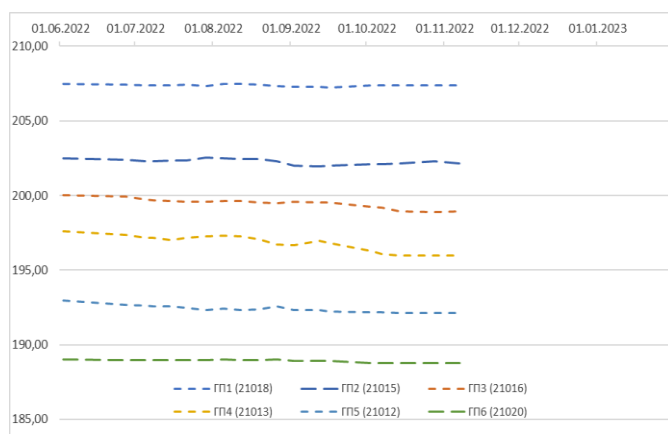


Рисунок 10. График изменения уровня поверхностных вод реки Чаглинка на временных гидрологических постах (ГП1 – ГП6). Источник: разработано автором на основе результатов работ

Таким образом исходя из анализа опыта 119-суточной групповой откачки с площади Алексеевского месторождения согласно утвержденной расчетной схеме водозабора (линейный ряд из 4-х эксплуатационных скважин) можно сделать следующие выводы:

1. При эксплуатации водозаборов с утвержденной величиной расхода за весь период эксплуатации фактиче-

ская величина понижения не достигла допустимую, что в той или иной степени подтверждаем принятые параметры водоносного горизонта и расчетную схему;

2. Величина понижения уровня подземных вод в аллювиальных отложениях в значительной степени зависит от наличия поверхностного стока р.Чаглинка и атмосферных осадков. При этом в период отсутствия стока в реке и атмосферных осадков темпы снижения емкостных запасов аллювиальных отложениях значительно возрастают.

3. Эксплуатация Алексеевского месторождения не оказывает существенного влияния на режим поверхностного стока р.Чаглинка, что подтверждено данными режимных наблюдений.

Эти результаты предоставляют ценные научные и практические выводы, которые могут быть использованы как научным сообществом, так и органами управления для разработки более эффективных стратегий управления подземными водами в условиях Северного Казахстана.

4. Выводы

На основе проведенного исследования влияния гидрологических условий на формирование эксплуатационных запасов подземных вод на примере Алексеевского месторождения в Северном Казахстане, можно сделать следующие ключевые выводы:

1. Пространственные и климатические особенности: гидрологические условия в регионе оказывают значительное влияние на пространственное распределение и динамику подземных вод. Климатические факторы, такие как осадки и температура, играют ключевую роль в формировании эксплуатационных запасов.

2. Геологическая структура и гидрогеологические процессы: геологическая структура Алексеевского месторождения оказывает существенное влияние на формирование и распределение подземных вод. Водоносные горизонты, их проницаемость и характеристики являются ключевыми факторами в определении запасов водных ресурсов.

3. Воздействие антропогенных факторов: антропогенное воздействие, связанное с изменениями в использовании земли и другими человеческими деятельностью, может оказывать отрицательное воздействие на подземные воды. Эффективное управление антропогенными угрозами требует комплексного подхода и мер по снижению воздействия.

4. Математическое моделирование как инструмент прогнозирования: математическое моделирование гидрологических процессов предоставляет ценный инструмент для прогнозирования изменений в подземных водах под воздействием различных факторов. Эти модели могут быть использованы для разработки сценариев и стратегий управления водными ресурсами.

5. Рекомендации для устойчивого управления водными ресурсами: на основе результатов исследования разработаны конкретные рекомендации по устойчивому управлению подземными водами в регионе. Включение водосберегающих технологий, мер по контролю антропогенного воздействия и адаптации к изменениям климата являются важными компонентами этих рекомендаций.

Исследование позволяет заключить, что эффективное управление подземными водами в Северном Казахстане требует не только понимания гидрологических процессов, но и системного подхода к учету геологических, климатических и антропогенных факторов. Результаты исследования могут быть использованы для разработки стратегий устойчивого использования водных ресурсов в данном регионе, способствуя не только сохранению запасов подземных вод, но и обеспечению устойчивости водоснабжения в условиях переменчивых гидрологических условий и воздействия человеческой деятельности.

Литература / References

- [1] Babushkin, V.D. (1969). Poiski, razvedka, ocenka zapasov i jekspluacija linz presnyh vod. *Moskva: VSEGINGEO*
- [2] Bindeman, N.N. (1969). Poiski i razvedka podzemnyh vod dlja krupnogo vodosnabzhenija. *Moskva: VSEGINGEO*
- [3] Bindeman, N.N., Jazvin, L.S. (1970). Ocenka jekspluacionnyh zapasov podzemnyh vod. *Moskva: VSEGINGEO*
- [4] Borevskij, B.V., Hordikajnen, N.A. & Jazvin, L.S. (1976). Razvedka i ocenka jekspluacionnyh zapasov mestorozhdenij podzemnyh vod v treshhinno-karstovyh plastah. *Moskva: VSEGINGEO*
- [5] Borevskij, B.V., Samsonov, B.G. & Jazvin, L.S. (1979). Metodika opredelenija parametrov vodonosnyh gorizontov po dannym otkachek. *Moskva: Nedra*
- [6] Gol'dberg, V.M. (1987). Vzaimosvjaz' zagraznenija podzemnyh vod i prirodnoj sredy. *Gidrometizdat, Leningrad*
- [7] Nikoladze, G.I. (1984). Podgotovka vody dlja pit'evogo i promyshlennogo vodosnabzhenija. *Moskva*
- [8] Novikov, V.P. (1989). Zakonomernosti formirovanija jekspluacionnyh zapasov podzemnyh vod v treshhinovatyh i zakarstovannyh porodah vostochnogo sklona Srednego Urala. Avtoreferat dissertacii, *Moskva: VSEGINGEO*
- [9] Plotnikov, N.I. (1985). Poiski i razvedka presnyh podzemnyh vod. *Moskva: Nedra*
- [10] Jazvin, L.S. (1979). Metodicheskoe rukovodstvo po razvedke i ocenke jekspluacionnyh zapasov podzemnyh vod dlja vodosnabzhenija. *Moskva: VSEGINGEO*

Гидрологиялық жағдайлардың Солтүстік Қазақстанның жер асты сулары кен орындарының эксплуатациялық қорларын қалыптастыруға әсері

Е.С. Ауелхан*, А.Х. Жусупов

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: y.auyelkhan@satbayev.university

Андатпа. Жер асты сулары Солтүстік Қазақстан өңірлерінде сумен жабдықтаудың маңызды көзі болып табылады. Бұл аймақта жер асты суларының пайдалану қорларын қалыптастыру және басқару гидрологиялық жағдайлармен тығыз байланысты. Бұл мақалада климаттық факторлардың, гидрогеологиялық ерекшеліктер мен адам қызметінің Солтүстік Қазақстанда жер асты суларының пайдалану қорларын қалыптастыруға әсері талданады. Зерттеу іздестіру-бағалау жұмыстарының нәтижелерін және Қазақстан Республикасының Ақмола облысындағы Алексеев жерасты сулары кен орнын тәжірибелік пайдалану деректерін талдауға негізделген.

Негізгі сөздер: гидрогеология, жер асты сулары, эксплуатациялық қорлар, Қазақстан, жер асты суларының ресурстары, су алу ұңғымалары.

Влияние гидрологических условий на формирование эксплуатационных запасов месторождений подземных вод Северного Казахстана

Е.С. Ауелхан*, А.Х. Жусупов

Satbayev University, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: y.auyelkhan@satbayev.university

Аннотация. Подземные воды являются важным источником водоснабжения в регионах Северного Казахстана. Формирование и управление эксплуатационными запасами подземных вод в данном регионе тесно связаны с гидрологическими условиями. В данной статье анализируется влияние климатических факторов, гидрогеологических особенностей и человеческой деятельности на формирование эксплуатационных запасов подземных вод в Северном Казахстане. Исследование основано на анализе результатов поисково-оценочных работ и данных опытной эксплуатации Алексеевского месторождения подземных вод в Акмолинской области Республики Казахстан.

Ключевые слова: Гидрогеология, подземные воды, эксплуатационные запасы, Казахстан, ресурсы подземных вод, водозаборные скважины.

Received: 10 August 2023

Accepted: 16 October 2023

Available online: 31 October 2023