

Восточно-Чуйский бассейн подземных вод (ВЧБПВ), являющийся частью более крупного Чу-Сарысуйского бассейна подземных вод, расположен на севере Кыргызстана в пределах Чуйской впадины и включает в себя северный склон Кыргызского и южный склон Кендыктаского хребтов. Склонам этих хребтов, соответствуют части одноименных гидрогеологических массивов, образующих скальный фундамент Восточно-Чуйского бассейна подземных вод, в пределах которого, в скальных породах развиты трещинные и трещинно-разломные подземные воды. Непосредственно в Чуйской впадине, на скальном фундаменте, расположен, сложенный осадочными обломочными породами, пластовый, частично артезианский, Восточно-Чуйский бассейн [1]. Мощность осадочного чехла пластового бассейна достигает 4-5км по южному борту бассейна и до первых десятков метров по северному борту, по руслу реки Чу, которая является региональным базисом стока подземных вод Восточно-Чуйского бассейна (рис.1, 2). Осадочный чехол Восточно-Чуйского бассейна сложен сверху вниз четвертичным водоносным комплексом ( $Q^{2-4}$ ), представленным обломочными галечными отложениями с песчано-гравийным заполнителем, мощностью до 300-400 м в пределах южной части бассейна, расположенной вдоль низких предгорий Кыргызского хребта, с постепенным замещением в северном направлении этих отложений на гравийные, песчано-глинистые, имеющие мощности порядка первых десятков метров в северной части бассейна, в долине реки Чу [1,2]. Это изменение размера обломочного материала произошло в соответствии с его дифференциацией в процессе переноса и отложения постоянными речными и временными водными потоками, имеющими наибольший гравитационный энергетический потенциал на северном склоне Кыргызского хребта, более высоком, относительно Кендыктаского. Водопроницаемость этих четвертичных отложений изменяется так же с юга на север от максимальных величин, порядка нескольких десятков метров в сутки, в южной зоне питания подземных вод и последующего их транзита, до первых метров в сутки и менее - севернее, ориентировочно, от широты Большого Чуйского канала, где после зоны транзита подземных вод в северном направлении, начинается смешанная зона транзита и выклинивания на поверхность земли регионального зеркала подземных вод верхних водоносных горизонтов четвертичного водоносного комплекса [2,4]. На большей глубине, ниже четвертичного водоносного комплекса, как видно на рисунке 2, залегает шарпылдакский водоносный комплекс ( $N^2-Q^1$ ) имеющий мощность до 1000 м, представленный крупно- обломочными галечными отложениями, которые в отличие от четвертичного комплекса неравномерно сцементированы, в основном, карбонатным цементом и по этой причине имеют водопроницаемость на порядок меньше, чем у четвертичного водоносного комплекса. Еще глубже, залегают Чуйский ( $N^{1-2}$ ) и Кыргызский ( $Pg-N^1$ ) водоносные комплексы мощностью соответственно до 3000 м и 500-1000 м, представленные мелкоземистыми песчаниками, алевролитами сцементированными карбонатным и частично силикатным цементом, с водопроницаемостью менее 1 м/сут. В этих водоносных комплексах сосредоточены термальные минеральные поровые и трещинные, реже разломные подземные воды, с температурой на глубине 2000 м около 50°C и минерализацией от нескольких до десятков граммов на литр. В пределах ВЧБПВ, в этих водоносных комплексах, практически, отсутствует возобновление ресурсов подземных вод за счет фильтрации воды из вышележающих водоносных горизонтов, то есть, они характеризуются пассивным режимом водообмена и представлены объемом древних поровых и трещинных вод. Причиной этого, с большой вероятностью, является наличие регионального эпигенетического цементационного водоупора

в шарпылдакском комплексе, препятствующего вертикальной фильтрации подземных вод из верхних в более глубокие водоносные горизонты [5].

В восточной части Восточно-Чуйского бассейна рассмотренная выше зональность наблюдается в направлении с востока на запад, при сокращенной мощностью водоносных комплексов палеоген-неогенового возраста, за счет неглубокого залегания скального фундамента. Основная зона питания подземных вод четвертичного водоносного комплекса здесь связана с конусом выноса реки Чу, входящей в Чуйскую впадину, а зона выклинивания располагается в районе г. Токмак.

Северо-Западная часть Восточно-Чуйского бассейна подземных вод расположена на территории Казахстана, по этой причине, здесь региональный подземный сток в четвертичном водоносном комплексе имеет трансграничный характер, пересекая государственную границу Кыргызстана в северо-западном направлении и продолжая движение на территории Казахстана. Так же, северная часть Восточно-Чуйского бассейна, ограниченная руслом реки Чу, расположена на территории Казахстана, подземный сток с которой, в основном из четвертичных отложений, разгружается в реку Чу.

Основные ресурсы пресных, с минерализацией до 1 г/л, холодных, с температурой около 13-17°C подземных вод Восточно-Чуйского бассейна сосредоточены в Четвертичном водоносном комплексе, в его пределах разведаны основные месторождения подземных вод, которые используются для водоснабжения. На одном из таких месторождений – Ала-Арчинском [1,2,3,4], расположен г. Бишкек, для которого его подземные воды являются основным источником питьевого водоснабжения.

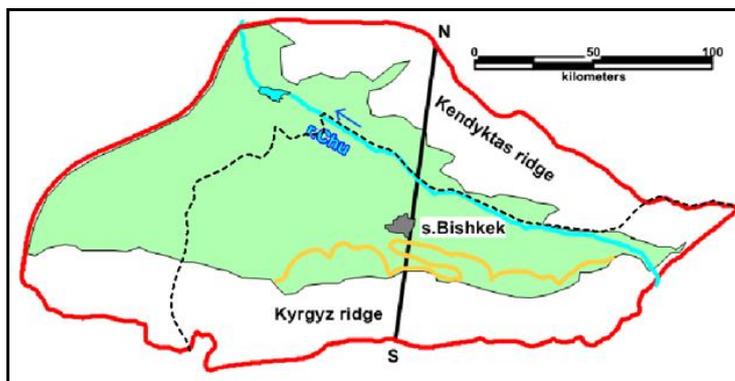


Рис.1 Восточно-Чуйский бассейн подземных вод (ВЧБПВ). Показано положение профиля (NS), представленного на рисунке 2. Зеленый цвет- осадочный чехол бассейна. Белый цвет- гидрогеологические массивы представленные скальными породами горных хребтов и фундамента осадочного чехла. Красная линия- водораздел поверхностных и подземных вод. Желтая линия-граница выхода на поверхность земли осадочных отложений шарпылдакского и чуйского водоносных комплексов в виде низких предгорий (адыры). Пунктирная линия - государственная граница.

Подземные воды Ала-Арчинского месторождения подземных вод, сосредоточенные в Четвертичном водоносном комплексе, оценены, как утвержденные эксплуатационные запасы по категориям А+В в количестве 7,4 м<sup>3</sup>/сек [1,2,3], они, как и запасы других месторождений Восточно-Чуйского осадочного бассейна подземных вод являются возобновляемыми за счет постоянной фильтрации под землю воды из рек и других поверхностных водотоков и водоемов бассейна, на протяжении от реки Чу на востоке до рек Аспара и Курагаты на западе. В целом из рек, каналов, водохранилищ и других поверхностных источников воды в Восточно-Чуйском осадочном бассейне образуются естественные

возобновляемые ресурсы подземных вод в размере  $68 \text{ м}^3/\text{сек}$  [1], они представляют собой постоянный региональный поток подземных вод в четвертичном водоносном комплексе, распространенный на всей площади бассейна, на территории Кыргызстана. Здесь же, в пределах четвертичного водоносного комплекса, в поровом пространстве водовмещающих пород, постоянно находится объем подземной воды, который для Восточно-Чуйского бассейна был оценен в размере  $300 \text{ км}^3$  [1] (без учета северо - западной и северной частей бассейна, расположенных на территории Казахстана). Этот объем подземной воды, заполняющий пространство между обломками осадочный пород (галькой, гравием, песком) и содержащийся в порах глинистых пород не является постоянным и изменяется в зависимости от климатических условий, определяющих величину питания подземных вод поверхностным стоком, а так же от режима эксплуатации - величины отбора подземной воды. Контроль изменения объема этих подземных вод выполняется по регулярному измерению положения уровня подземных вод в специальных режимных скважинах, находящихя в ведении Кыргызской гидрогеологической экспедиции.

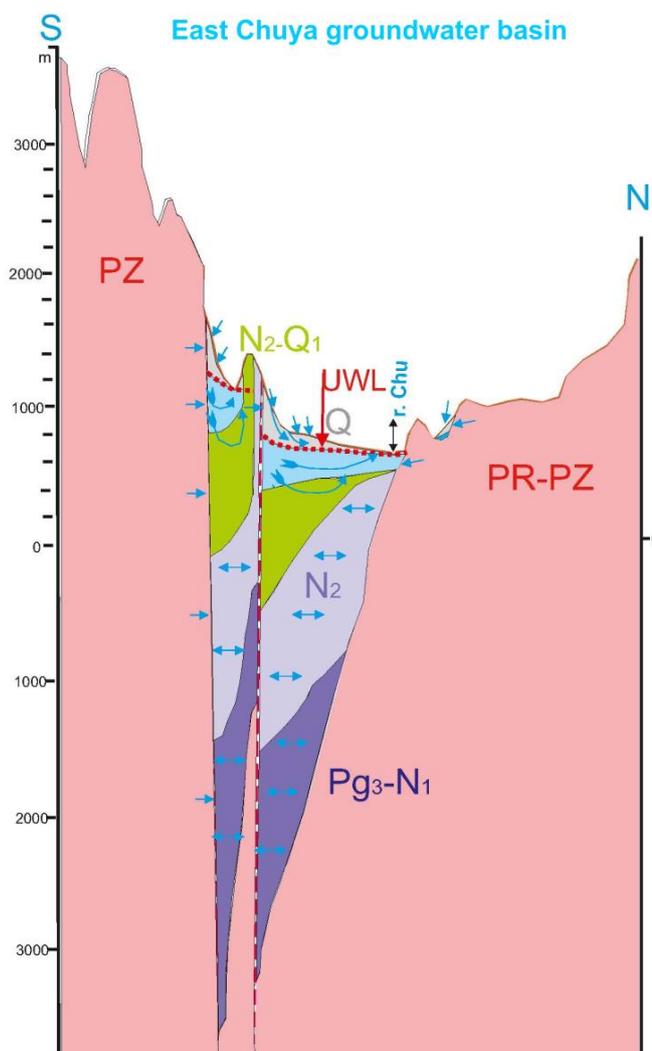


Рис.2 Профиль через Восточно-Чуйский бассейн подземных вод (см. рис.1), построен по данным Кыргызской комплексной гидрогеологической экспедиции. Синие стрелки показывают участки питания подземных вод поверхностным стоком и направление движения подземных

вод. В глубоких горизонтах отсутствует однонаправленное движение подземных вод.  
Соотношение вертикального и горизонтального масштабов 1:42

По двум из таких скважин: № 1089 и №1301-4, показанных на карте Google Maps: ([https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1-TtyqVZpy6We3QerLb1bMeF\\_ePyD19A&usp=sharing](https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1-TtyqVZpy6We3QerLb1bMeF_ePyD19A&usp=sharing)), (<http://maps.google.com/maps/ms/?ie=UTF&msa=0&msid=203965682782791499971.0004b53779c0491758c3a>), в рамках сотрудничества Центрально-Азиатского института исследования Земли (ЦАИИЗ) с Кыргызской гидрогеологической экспедиции (КГЭ) выполнялись многолетние наблюдения за изменением уровня подземных вод четвертичного водоносного комплекса Ала-Арчинского месторождения подземных вод. Рассматриваемые скважины, расположены в области транзита регионального потока подземных вод, движущегося в северном и северо-западном направлении от южной области питания, начинающейся от южного борта бассейна, вдоль предгорий Кыргызского хребта, к региональной зоне дренирования подземных вод южного и северного бортов бассейна – долине реки Чу. Измерение положения уровня подземных вод в этих скважинах, местоположение которых показано так же на рисунке 3, ЦАИИЗ начал в 2012 г. в скважине №1301-4, расположенной на абсолютной отметке 740 м и с 2018 г. в скважине № 1089, расположенной на абсолютной отметке 776 м, с помощью датчиков «ОТТ\_есoLog\_500», «Ott Orpheus Mini», имеющих точность :  $\pm 0.05\%$  FS и, в последнее время, по датчику НОВО U20 Water Level Logger с типичной точностью измерения уровня воды :  $\pm 0.05\%$  FS, 0.5 см и максимальной ошибкой:  $\pm 0.1\%$  FS, 1.0 см.

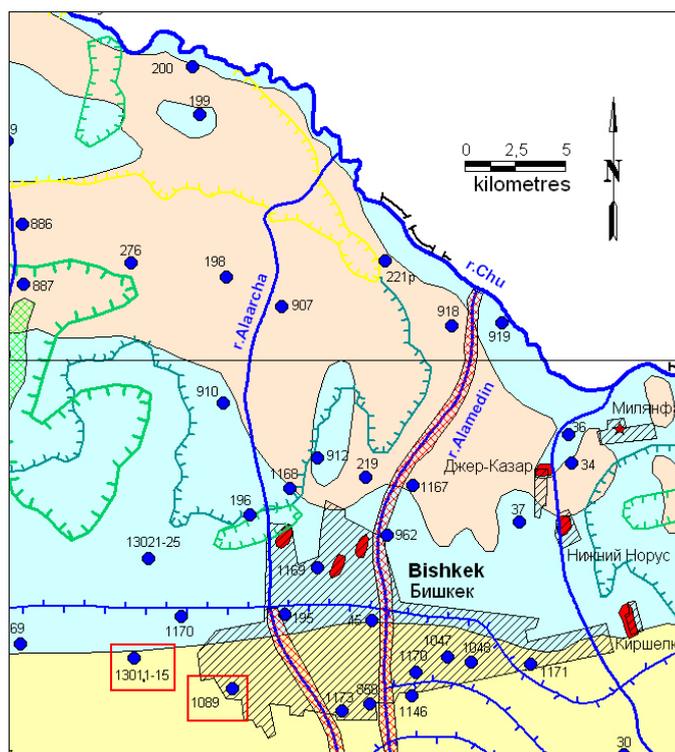


Рис.3 Местоположение скважин №1089 и №1301-4 в Восточно-Чуйском осадочном бассейне подземных вод (красные прямоугольники).

Результаты измерения положения уровня подземных вод четвертичного водоносного комплекса, полученные Кыргызской гидрогеологической экспедицией до 2012 г. (№1301-4) и 2018 г. (№1089) и ЦАИИЗ после 2012 и 2018 года показаны на рисунках 4,5. Как видно на этих рисунках, с 2003 - 2004 годов по 2023 г по скважинам № 1089 и №1301-4

наблюдается многолетняя тенденция снижения уровня подземных вод четвертичного водоносного комплекса на величину порядка 5,1 м (№1301-4 ) и 6 м (№1089). При этом, максимальная скорость снижения уровня подземных вод наблюдалась по скважине №1301-4 с 2004 г по 2015 г, при снижении уровня на 4,7м, начиная с глубины 7,5 м и составила 0,4 м/год с последующей относительной стабилизацией с 2015 по 2023 г на средней глубине 12,4м. Аналогично, максимальная скорость снижения уровня по скважине №1089 наблюдалась с 2003 г по 2012 г, при снижении уровня на 5,8 м, начиная с глубины 45,4 м и составила 0,6 м/год с последующей относительной стабилизацией с 2012 по 2023 г на средней глубине 51,3 м. Относительная стабилизация уровней подземных вод, в обеих скважинах, проявляется в разнонаправленности мало-амплитудных колебаний и уменьшении скорости снижения уровня начиная с 2012 года. Так, по скважине №1089, в период с 2012 по 2023 г наблюдается даже незначительный подъем уровня со средней скоростью 0,02м/год, а по скважине №1301-4, за период 2015-2023 г, средняя скорость снижения уровня составила 0,09м/год. В данном случае, обращает на себя внимание синхронность изменения уровня по двум скважинам и аналогичный характер снижения уровня подземных вод по рассматриваемым скважинам, при расстоянии между скважинами порядка 4,6 км, это свидетельствует о том, что процесс снижения уровня подземных вод имеет значительное площадное распространение в пределах Ала-Арчинского месторождения подземных вод. Одной из основных причин снижения уровня подземных вод является уменьшение питания четвертичного водоносного комплекса, связанное с многолетней цикличность увлажнения климата, дополненное фактором глобального потепления, которое прослеживается на рисунке 5, где можно определить период максимума увлажнения на рассматриваемой территории порядка 30 лет, с возможным максимумом очередного увлажнения в 30-х годах текущего столетия. Помимо природного фактора снижения уровня подземных вод, необходимо так же учитывать антропогенное воздействие, в виде перераспределения поверхностного стока на территории месторождения подземных вод и масштабы и тенденцию величины их эксплуатации. Совокупность этих факторов, как видно на рисунках 4,5, утратила в последнее десятилетие с 2012 -2015 гг. по 2023 г. предыдущую активность и степень негативного воздействия на баланс подземных вод Ала-Арчинского месторождения, что выражается в относительной стабилизации уровня подземных вод с разнонаправленности колебаний уровня. Это может указывать, как отмечено выше, на начало очередной фазы цикла природно-обусловленного подъема уровня подземных вод.

Более детальное многолетнее изменение уровня подземных вод, в том числе и в сезонном аспекте показано на рисунке 6 по скважине № 1301-4 с 2009 по 2023 год, демонстрирующее последовательное ежегодное понижение уровня, а на рисунке 7 показан процесс ежегодного снижения уровня подземных вод в период с 2018 по 2023год по скважине №1089.

В целом, результаты наблюдений за уровнем подземных вод в четвертичном водоносном комплексе, по скважинам №1089, №1301-4 свидетельствуют об уменьшении емкостных статических запасов подземных вод с 2003 по 2023 год в пределах рассматриваемого участка Ала-Арчинского месторождения подземных вод с явным замедлением этого процесса в последнее десятилетие. Этот процесс может быть обусловлен, как уменьшением величины питания подземных вод в соответствии с природной цикличностью маловодных лет и воздействием глобального потепления, так и растущей антропогенной нагрузкой, обусловленной увеличением отбора подземных вод, а замедление уменьшения ёмкостных запасов может быть обусловлено увеличением питания в балансе подземных вод или стабилизацией, а возможно, и уменьшением величины их отбора. Эти факторы необходимо учитывать при планировании

режима эксплуатации водозаборов г. Бишкек, чтобы избежать проблемы в водоснабжении города из-за критического истощения запасов подземных вод.

Кроме результатов наблюдений за многолетним ходом уровня подземных вод, выполнялись наблюдения за уровнем подземных вод с частотой измерений 1 час и менее, которые позволили, в частности по скважине № 1301-4, обнаружить влияние на колебания уровня подземных вод лунно-солнечных приливных движений земной коры с суточной периодичностью [6]. В этом случае, суточные максимумы уровня наблюдаются около 05-00ч. и минимумы наступают около 23-00 ч., с амплитудой колебания уровня 0,3-0,8 м. (рис.8). Эти колебания уровня необходимо учитывать при высокоточном мониторинге уровня подземных вод. Аналогичные колебания уровня подземных вод наблюдаются так же в скважине № 1089, однако, в этом случае, амплитуда суточных колебаний уровня имеет величину порядка 0,05 – 0,13м и они имеют неоднообразный характер по амплитуде и конфигурации (рис. 9). Разница в величине амплитуд уровней по двум скважинам обусловлена различием литологического состава водоносной толщи, представленной в районе скважины №1089, в основном, галечными породами с гравийным и песчаным заполнителем, а в районе скважины № 1301-4 – переслаиванием гравия, песка и глинистых пород. В первом случае, водоносные породы менее сжимаемы под воздействием приливных напряжений, чем во втором. Кроме этого, в этом случае, на характер и амплитуду колебаний уровня подземных вод влияет работа расположенного поблизости городского скважинного водозабора подземных вод.

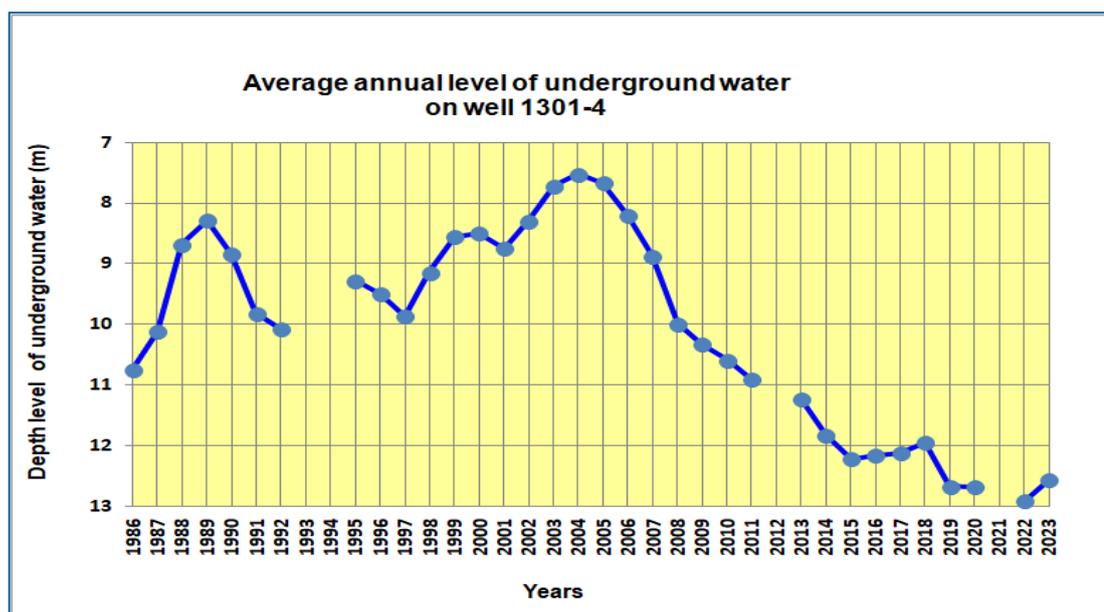


Рис.4 Измерение уровня подземных вод четвертичного водоносного комплекса по скважине №1301-4

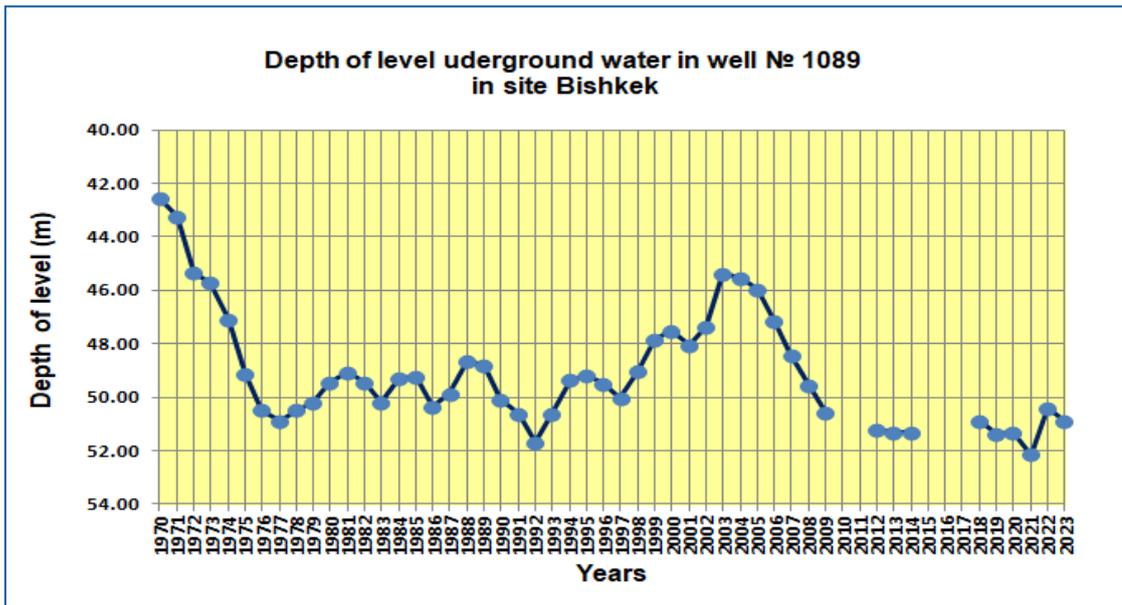


Рис.5 Измерение уровня подземных вод четвертичного водоносного комплекса по скважине №1089

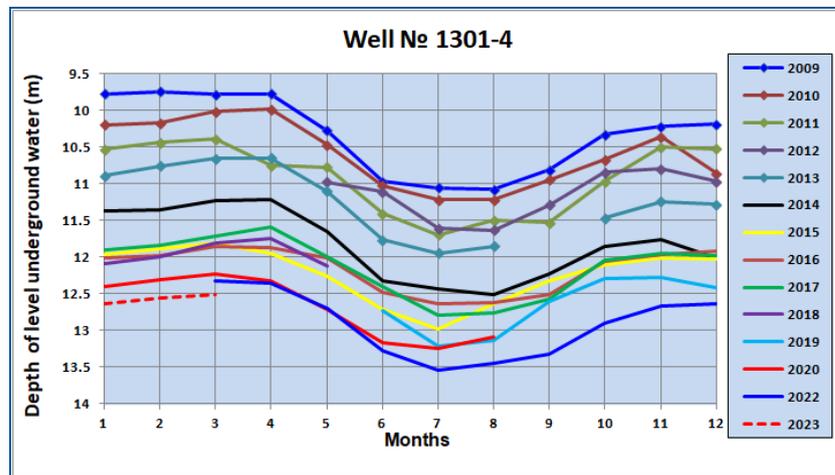


Рис. 6 Сезонное многолетнее изменение уровня подземных вод по скважине №1301-4

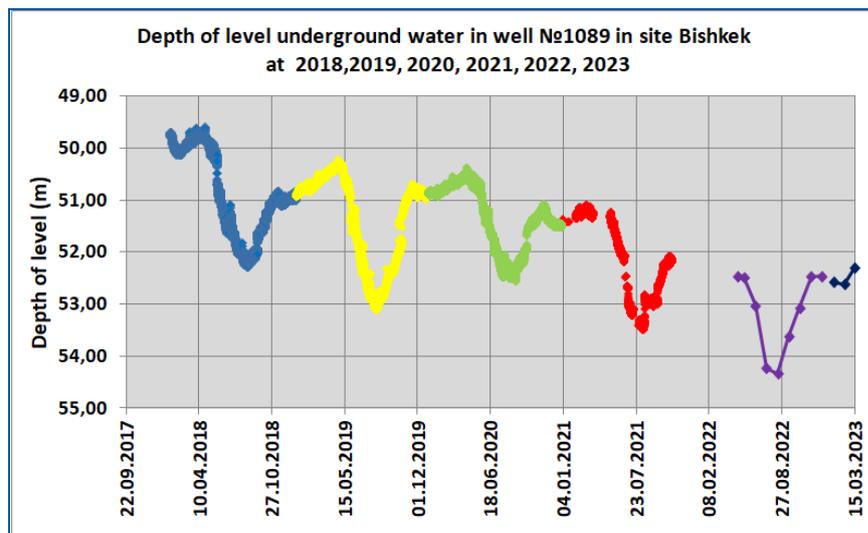


Рис.7 Многолетнее снижение уровня подземных вод по скважине №1089

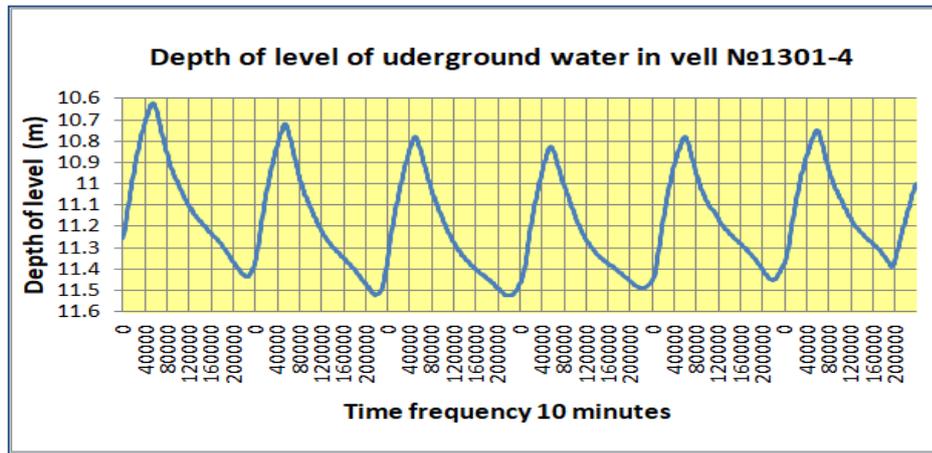


Рис. 8 Суточные колебания уровня подземных вод по скважине №1301-4 за период 05-06/2012, под влиянием лунно-солнечных приливных движений земной коры

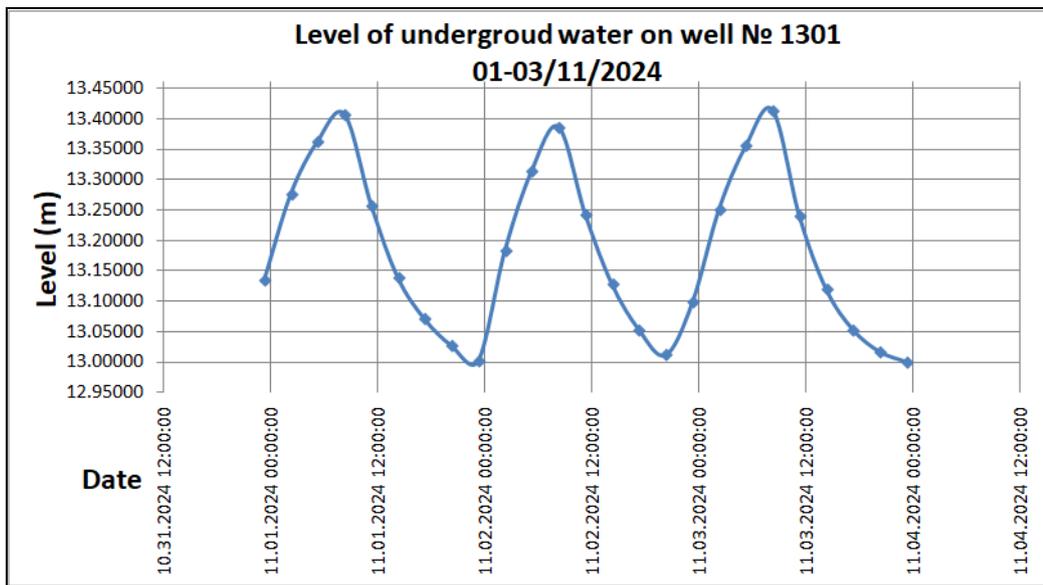


Рис.9 Суточные колебания уровня подземных вод по скважине №1301-4 за период 01-03/11/2024, под влиянием лунно-солнечных приливных движений земной коры

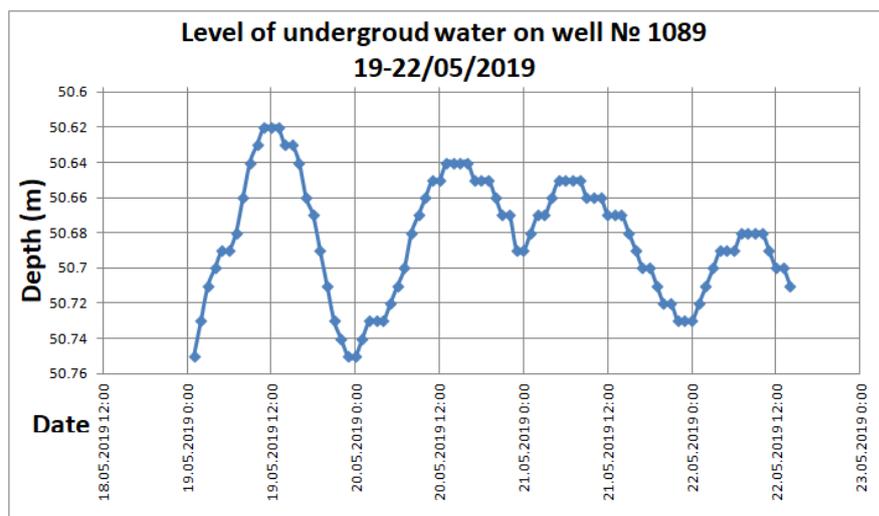


Рис.10 Суточные колебания уровня подземных вод по скважине №1089 за период 19-22/05/2019, под влиянием лунно-солнечных приливных движений земной коры

## Литература

1. Гидрогеология СССР, Киргизская ССР, том 40, 1971. 487 с.
2. Григоренко П.Г. Подземные воды бассейна реки Чу и перспективы их использования. Фрунзе, «Илим», 1979. 187 с.
3. Карта «Природные ресурсы Киргизской ССР, Подземные воды». 1:500000, ГУГК при СМ СССР. 1989.
4. Мангельдин Р.С. Ресурсы подземных вод межгорных депрессий Тянь-Шаня. Бишкек. «Илим», 1991. 149с.
5. Мандычев А.Н. Особенности гидрогеодинамики глубоких горизонтов артезианских бассейнов областей неотектонической активизации (на примере Восточно-Чуйского и Иссык-Кульского артезианских бассейнов). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, Бишкек, 1994, 23с.
6. Мандычев А., Мандычев Д., Шабунин А.. Солнечно-лунные приливы в земной коре по данным мониторинга уровня подземных вод в Чуйском бассейне Кыргызстана. Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ). 2013. 8 с. (<http://caiaig.kg/en/departments/department-2-climate-water-and-natural-resources/publications-of-department-2>)