

## Солнечно-лунные приливы в земной коре по данным мониторинга уровня подземных вод в Чуйском бассейне Кыргызстана

Мандычев А., Мандычев Д., Шабунин А..

Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ).

С целью изучения закономерностей режима уровней и изменения ресурсов пресных подземных вод четвертичного водоносного комплекса на территории Чуйской впадины Кыргызстана, в мае 2012 года был начат автоматический мониторинг уровня подземных вод четвертичного водоносного комплекса Ала-Арчинского месторождения подземных вод. Мониторинг осуществляется с помощью датчика «OTT\_ecoLog\_500» ([http://www.hachhydromet.com/web/ott\\_hach.nsf/id/pa\\_ground\\_water\\_level\\_sensors.html](http://www.hachhydromet.com/web/ott_hach.nsf/id/pa_ground_water_level_sensors.html)), предоставленного для научных исследований фирмой «OTT Hydromet GmbH», (Кемптен, Германия). Сенсор «OTT\_ecoLog\_500» установлен в скважине № 1301-4, наблюдательной сети режимных скважин Кыргызской комплексной гидрогеологической экспедиции Агенства по геологии и минеральным ресурсам КР. Эта скважина расположена на западной окраине г. Бишкек ( $42^{\circ}52'1.06''\text{C}$  -  $74^{\circ}28'50.31''\text{B}$  в СК WGS 84), абсолютная отметка поверхности земли 739 м). Ее местоположение показано на рисунке 1 и по ссылке: (<http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF&msa=0&msid=203965682782791499971.0004b53779c0491758c3a>).

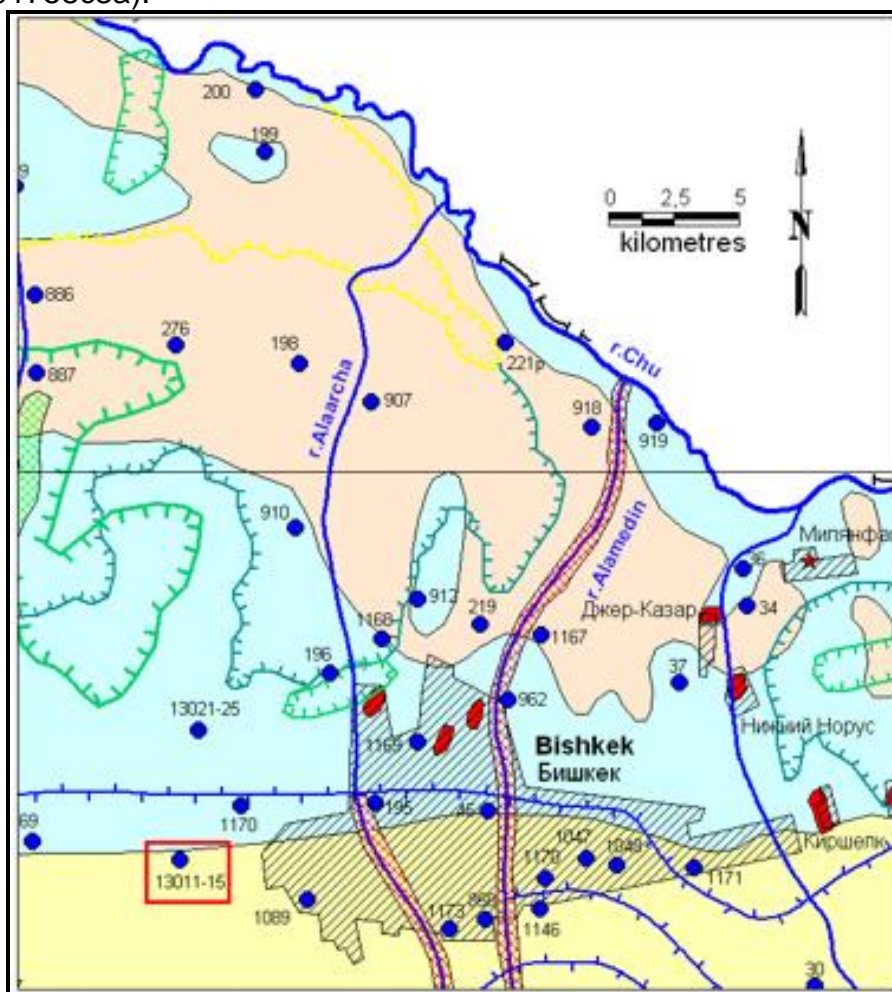


Рис.1 Схема расположения части сети режимных скважин в Чуйской впадине (красный прямоугольник показывает позицию скважины 1301-4)

Эта скважина имеет глубину 75 м, она создана в процессе детальной разведки пресных подземных вод эксплуатируемого Ала-Арчинского месторождения подземных вод. Диаметр скважины: 0 - 14,5 м – Ø127 мм, 14,6 - 75 м – Ø 114 мм.. Фильтр расположен в интервале: 65 - 70 м. Скважина вскрывает водоносный горизонт, имеющий возраст  $Q_{II-III}$ , представленный переслаивающейся толщей галечников, песка и гравия. Наблюдения за уровнем подземных вод по этой скважине выполняются специалистами Кыргызской комплексной гидрогеологической экспедиции (ККГЭ) с 1986 года по настоящее время. За этот период наблюдений зафиксированы: абсолютный минимум глубины уровня подземных вод - 7,12 м, в ноябре 1988 г. и абсолютный максимум – 11,67 м, в июле 1986 г.. Следует отметить, что аналогичные наблюдения за уровнем подземных вод четвертичного водоносного комплекса по специальным режимным скважинам в Чуйской впадине имеют достаточно длительную историю. Результаты этих наблюдений, любезно предоставленные главным геологом ККГЭ Толстихиным Г.М., использованы в данной статье.

В настоящее время датчик «ОТТ\_ecoLog\_500» расположен в скважине 1301-4 на глубине 19,5 метров, на 8-12 метров ниже уровня подземных вод. Измерение параметров (температура и глубина уровня) в течение 2012 года и части 2013 года выполнялось каждые 10 минут и передавалось по сотовой GSM - сети на сервер ЦАИИЗ. С 24 мая 2013 года период измерений равен одному часу. Получить эти данные и просмотреть график изменения уровня подземных вод можно по адресу: (<http://gdbweb.caiaag.kg/WATER/index.php>).

За период наблюдения с 4 мая 2012 года по 4 мая 2013 года посредством датчика «ОТТ\_ecoLog\_500», расположенного в скважине 1301-4, получены данные по изменению уровня и температуре подземных вод. Температура воды на глубине 19,5 метров постоянная в течение годового периода измерений и равна 12,6-12,7 °С. Общий вид колебаний уровня подземных вод показан на рисунке 3. Здесь резкое снижение уровня на 1.2 м, произошедшее 4 апреля 2013 года обусловлено технической причиной - подъемом датчика давления на поверхность. Поэтому до коррекции положения датчика 14 мая 2013 года, необходимо вычитать эту величину из полученной глубины уровня. Кроме этого, обращают на себя внимание беспорядочные по частоте и амплитуде колебания уровня, начиная с третьей декады ноября 2012 г. по середину января 2013 г.. Они, по - видимому, связаны с низкими температурами воздуха, порядка - 20 °С, влияющими на работу датчика, возможно, на проводимость капиллярного канала, выравнивающего атмосферное давление в датчике. Как видно рисунке 4, по скважине 1301-4 относительно длительные периоды колебания уровня подземных вод, с амплитудой порядка 1 метр, наблюдаются в сезонном разрезе с минимумом в июле - августе.

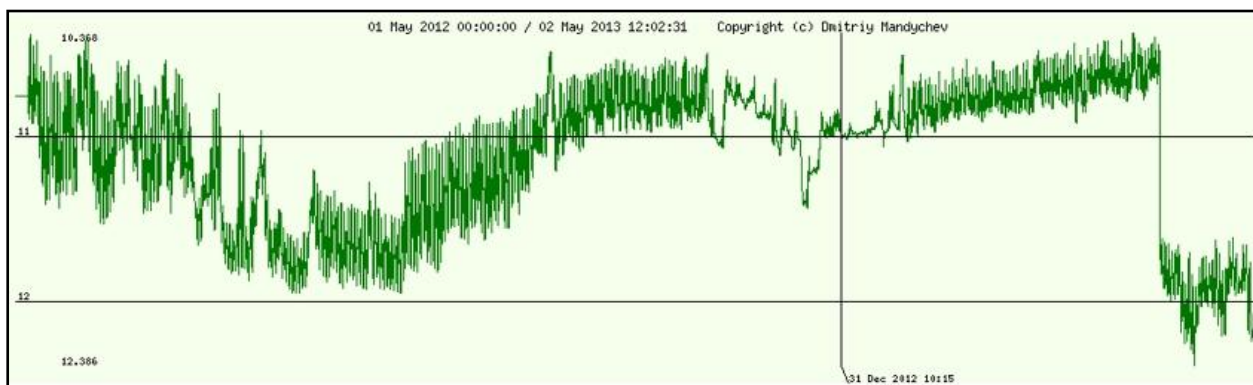


Рис.3

В это время глубина уровня, для данной скважины, близка к 11,63 метрам от поверхности земли. Два максимума подъема уровня на глубине порядка 10,64 м и 10,79 м наблюдаются марте-апреле и в октябре-ноябре. Эти сезонные колебания аналогичны колебаниям, наблюдаемым, в этой же скважине в предыдущие годы, как это видно на рисунке 5, а так же в других скважинах Чуйского бассейна, как это показано на рисунке 6.

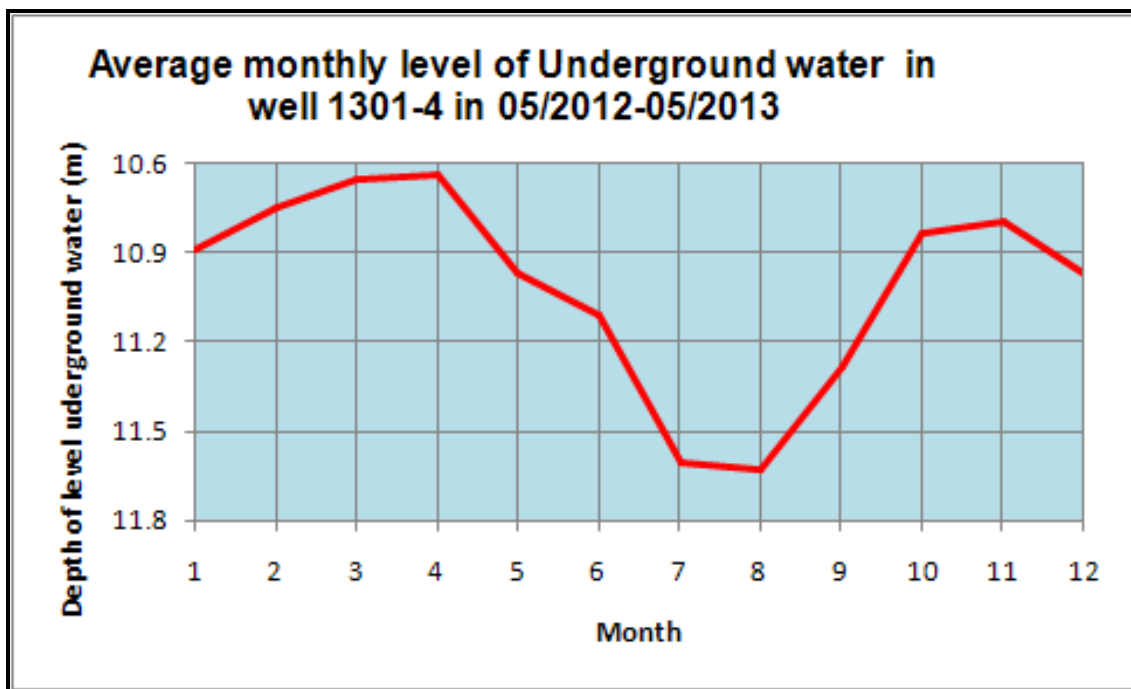


Рис.4

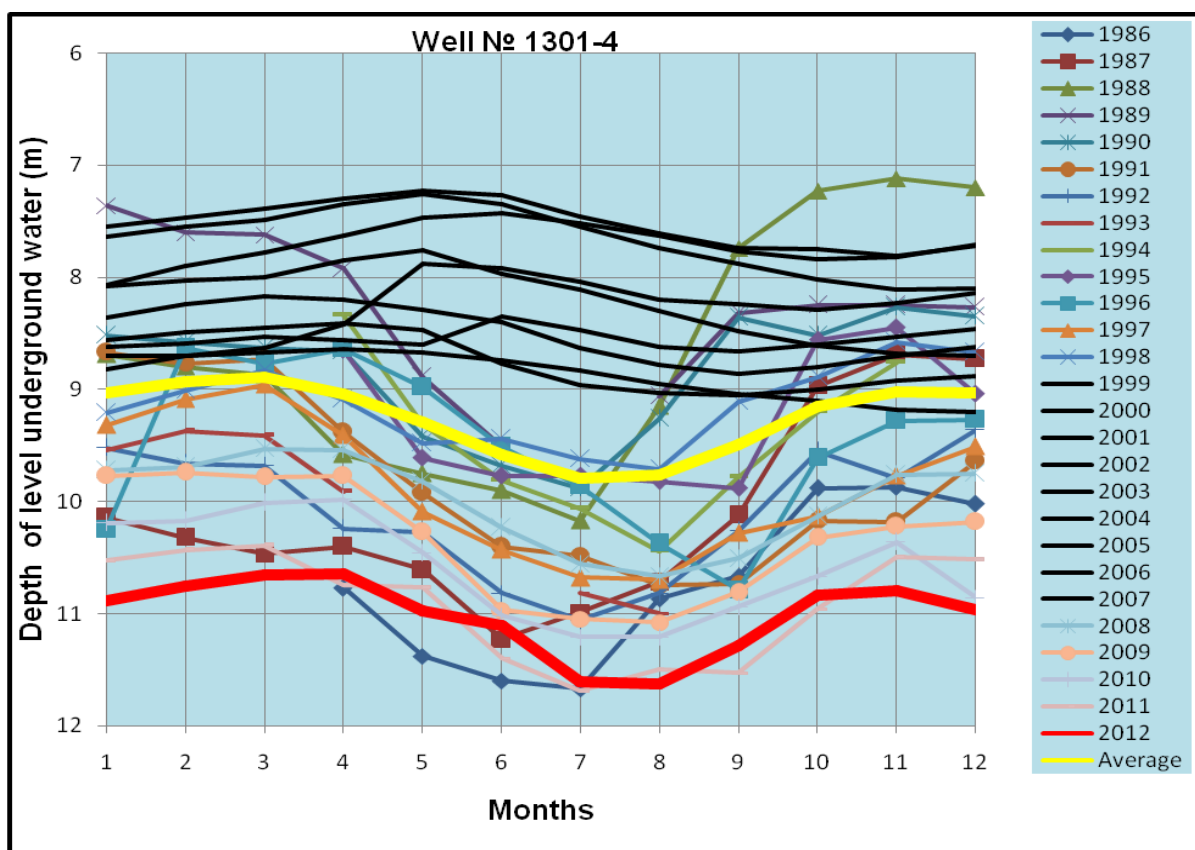


Рис.5

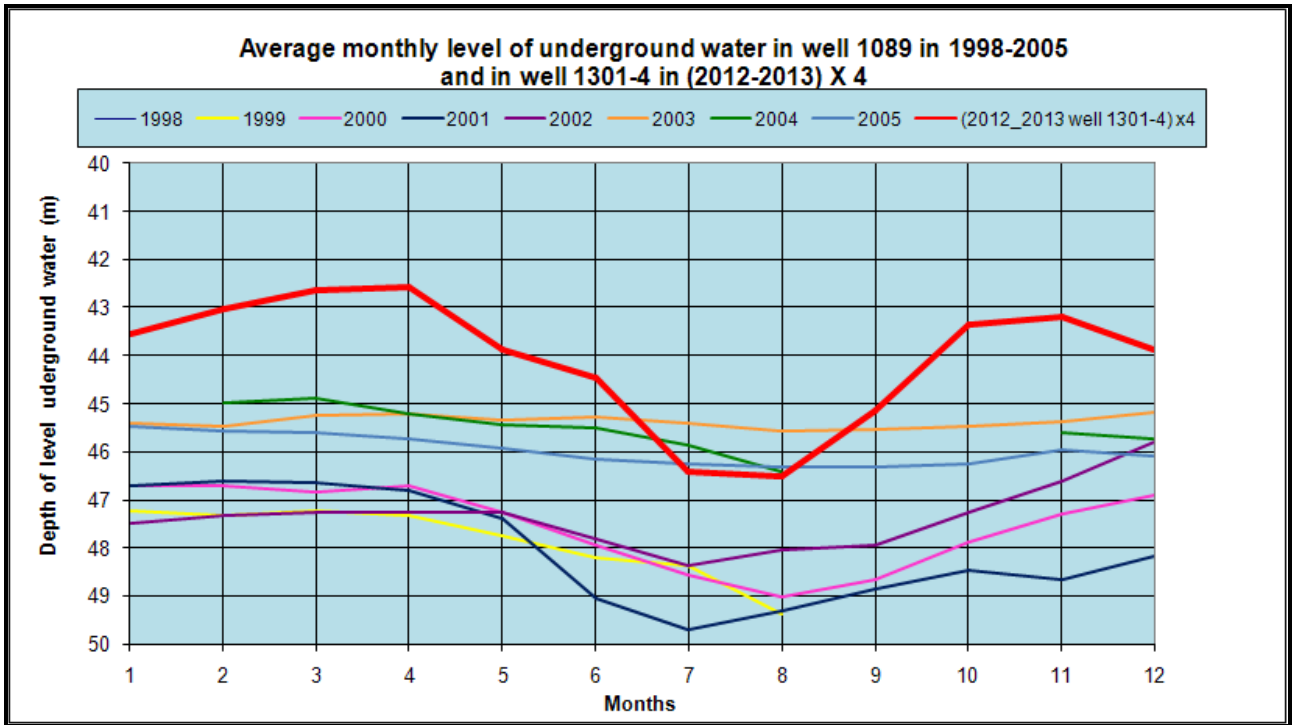


Рис.6

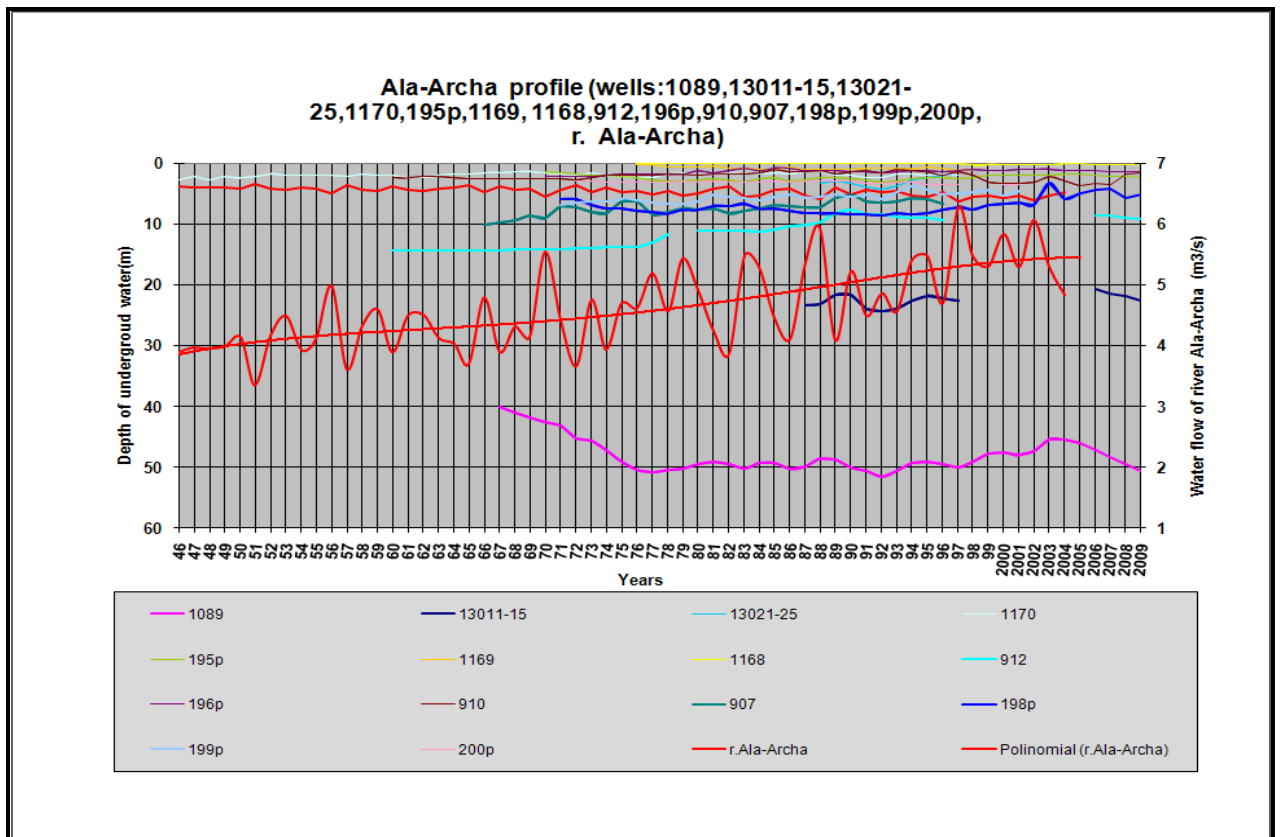


Рис.7

На рисунке 7, по данным КГГЭ и Кыргызгидромета, представлен, начиная с 1946 года по 2009 год, среднегодовой ход уровней подземных вод по профилю наблюдательных скважин, в который входит скважина 1301-4. А так же изменение средних многолетних расходов реки Ала-Арча, обеспечивающей значительную часть питания этих подземных вод. Как видно на графике, наблюдается многолетняя

тенденция увеличения расхода воды в реке, в то же время, уровень подземных вод имеет тенденцию как повышения, так и снижения по отдельным скважинам данного профиля, без явной общей тенденции к повышению. В целом, это соответствует зафиксированным ранее в процессе изучения режима подземных вод неравномерным по продолжительности периодам колебаний уровня, порядка нескольких лет, а так же нескольких десятков лет, характерным для всех подземных вод зоны активного водообмена бассейна. Таким образом, в пределах территории, прилегающей к рассматриваемому профилю скважин, не происходит однозначного многолетнего изменения статических запасов подземных вод Ала-Арчинского месторождения подземных вод.

На рисунке 5 показано положение уровня подземных вод по скважине 1301-4 за период с 1986 по 2012-13 годы. Здесь, обращает на себя внимание, определенная группировка уровней по глубине, характерная для периода времени с 1999 по 2007 год, выделенных черным цветом, отличающихся относительно неглубоким положением и меньшей контрастностью максимумов и минимумов, по сравнению с уровнями в другие годы. Эта особенность отражает многолетнюю изменчивость в положении уровня подземных вод в зависимости от изменения климатических условий и соответственно питания подземных вод. В настоящее время, уровень близок к максимальной, за период наблюдения глубине залегания, аналогичной глубинам в период 1986 -1987 годов, но, в целом, не выходит за диапазон глубин, имевших место в прошлом, при многолетней амплитуде уровня порядка 4 м. То есть, по этой скважине в 2012-13 гг., подтверждается отмеченное выше отсутствие определенной тенденции изменения запасов подземных вод Ала-Арчинского месторождения.

В отличие от рассмотренных выше, относительно длинных периодов колебания уровня подземных вод, определяемых сезонными и климатическими изменениями величины питания подземных вод, короткие периоды колебания уровня в скважине 1301-4 связаны с приливными движениями земной коры и зависят от положения Луны и Солнца относительно Земли.

Наиболее ярко приливные колебания проявляются в течении суток в виде двух максимумов и минимумов уровня подземных вод, как это видно на рисунке 8. Следует иметь в виду, что, в данном случае, на графике уровня подземных вод максимальным глубинам или минимумам уровня соответствуют приливы (поднятия) в земной коре, а минимальным глубинам или максимумам уровня соответствуют отливы (опускания) в земной коре, и ее соответствующее растяжение и сжатие [1]. Период между двумя суточными минимумами уровня порядка 12 часов, что соответствует половине лунных суток (12 ч. 25 мин.). Период между двумя суточными максимумами составляет около 6 часов. Как правило, первые суточные минимум и максимум имеют большие амплитуды, чем вторые, которые соответствует второй более слабой приливной волне.

В общем случае, максимальная амплитуда уровня подземных вод составляет около 0,75 м, а минимальная – порядка 0,3-0,4 м. Помимо этого наблюдаются колебания уровня с одним максимумом и минимумом в течение суток, или со слабо выраженным вторым минимумом и максимумом, что придает пикам графика характерную асимметричность, что хорошо видно на рисунке 9.



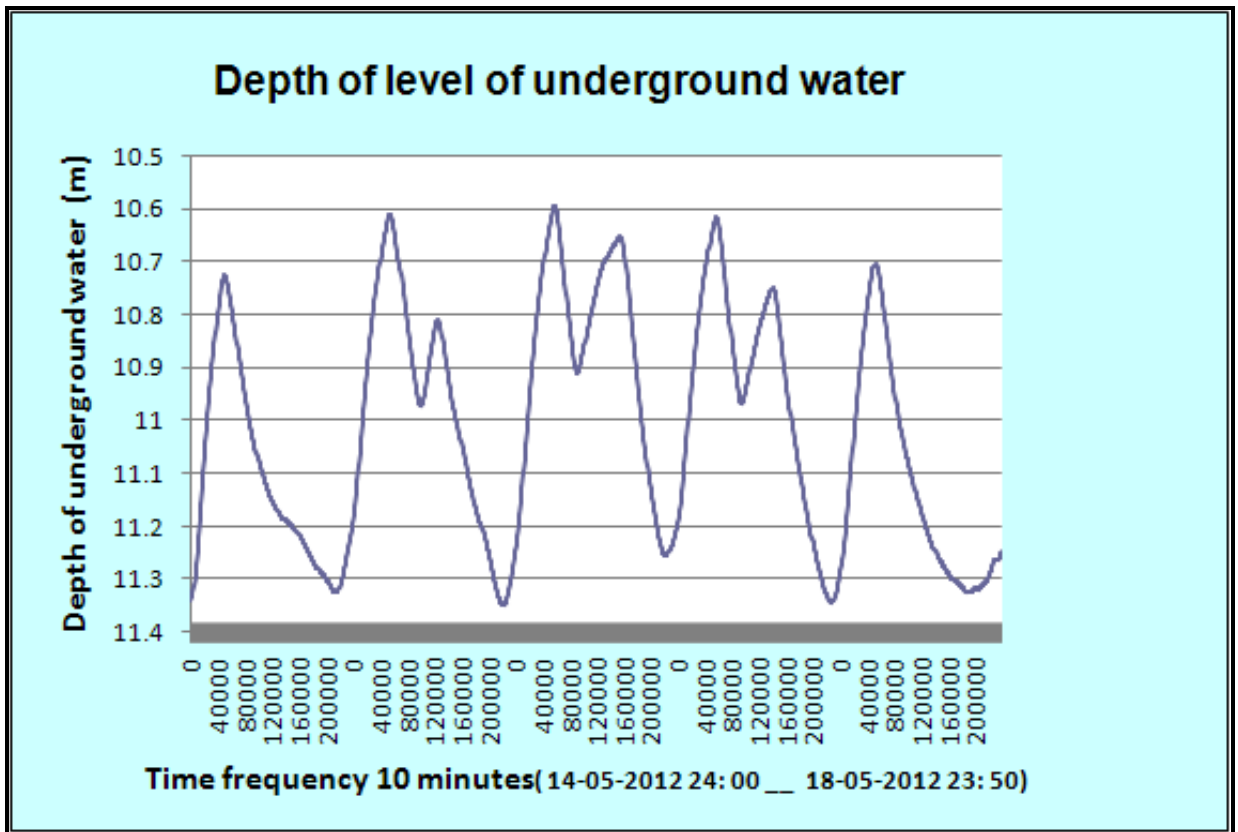


Рис.8

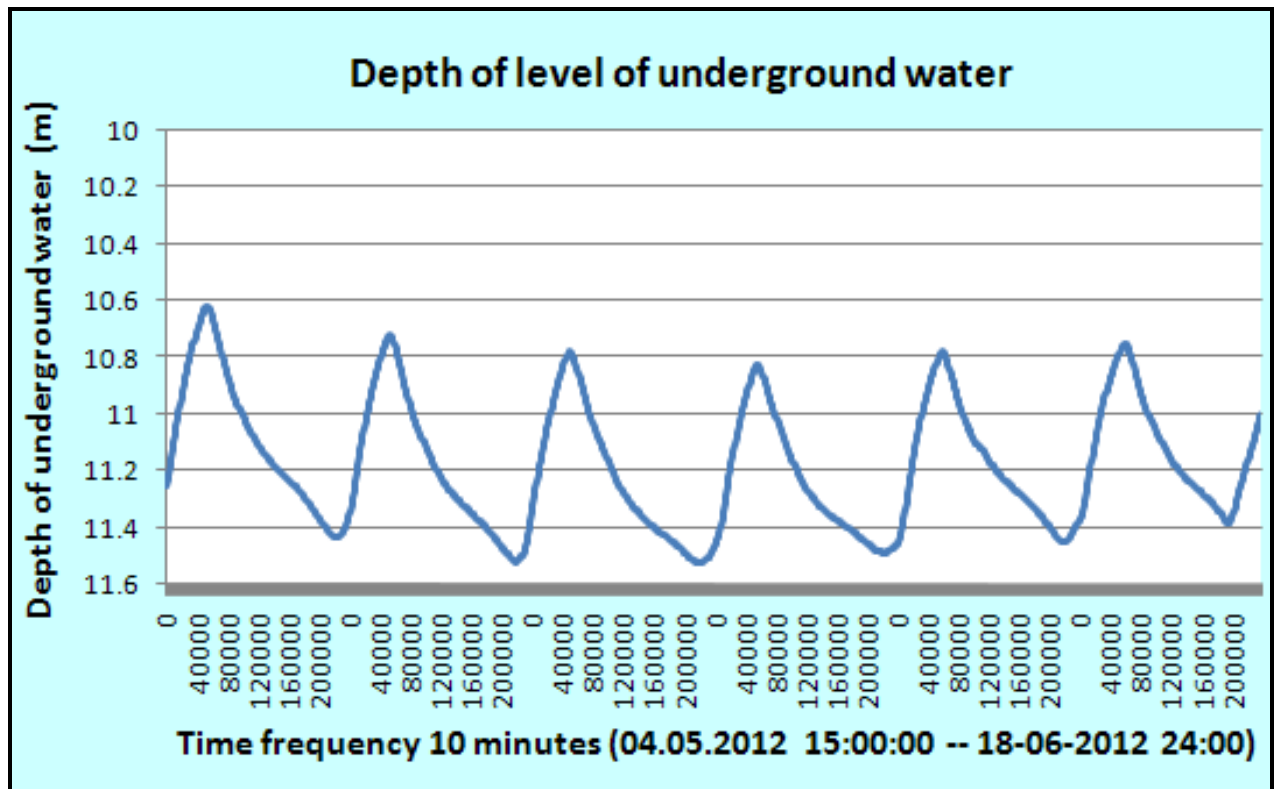


Рис.9

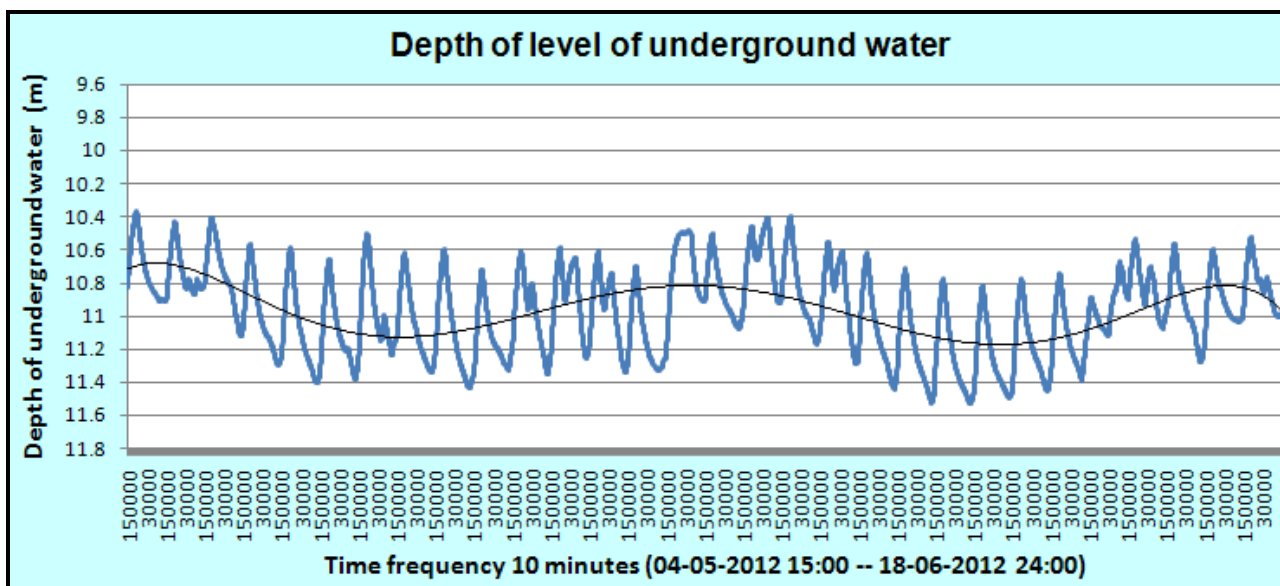


Рис.10

Более длинные периоды приливного колебания уровня в скважине 1301-4 показаны на рисунке 10, они имеют длительность около 14-15 суток и соответствуют половине сидерического лунного месяца, имеющего длительность 29,52 суток. Максимумы и минимумы уровня этих колебаний соответствуют самым высоким сизигийным и самым низким квадратурным приливам, зависящим от совместной позиции Луны и Солнца. Амплитуда уровня подземных вод этих колебаний порядка 0,4 м. Эти колебания уровня наиболее хорошо проявились в мае-июне 2012 года.

Как известно [1,2], за счет изменений в склонениях Луны и Солнца летом дневной прилив выше ночного, а зимой когда склонение Солнца южное – наоборот. Так же, изменение расстояния от Луны до Земли в течение месяца и расстояния от Земли до Солнца в течение года приводят к изменению величин приливообразующих сил и к особым долгопериодным аномалиям в ходе приливов. Эти аномалии называются параллактическими неравенствами. Таким образом, вследствие суточного вращения Земли и движения Земли, Луны и Солнца по своим орбитам, приливообразующая сила в каждой точке на поверхности Земли непрерывно меняется во времени, никогда точно не повторяясь. Эти особенности проявляются и в представленных в этой статье результатах измерений и их необходимо учитывать при анализе изменения уровня подземных вод под воздействием приливов.

В заключение необходимо отметить, что измерение колебаний уровня подземных вод, выполнявшееся с мая 2012 года по май 2013 года с частотой 10 минут, с разрешением 0,001м в диапазоне величин  $\pm 32,750$  м и с точностью  $\pm 0,05\%$  от полной шкалы, показало отсутствие каких-либо малоамплитудных высокочастотных регулярных колебаний уровня, помимо приливных, что хорошо видно на рисунке 11 и, соответственно, отсутствие необходимости измерений с высокой временной частотой. По этой причине в последующих измерениях интервал измерений был увеличен до одного часа.

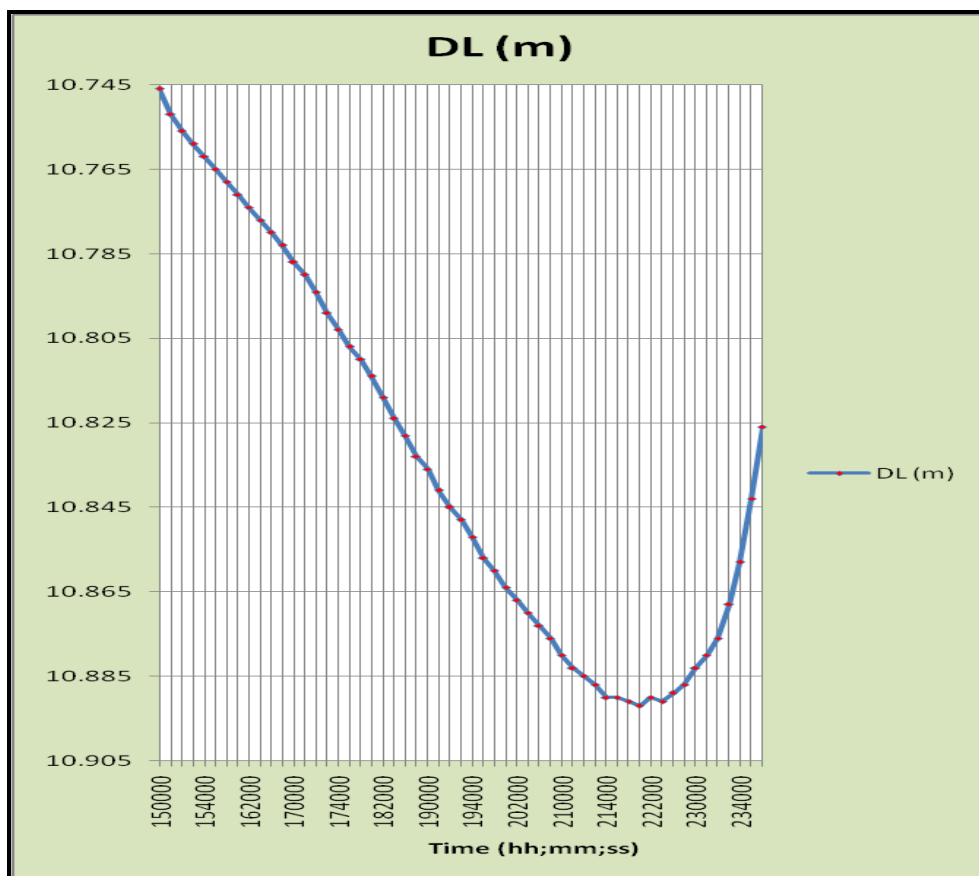


Рис. 11

### Заключение

Полученные данные наблюдений за режимом уровня подземных вод по скважине 1301-4 позволили выявить особенности колебания уровня подземных вод, обусловленные приливами в земной коре непосредственно в пределах Чуйского бассейна, проявившиеся в наличии двух и однопериодных внутрисуточных колебаний уровня. Эти колебания уровня следует учитывать при измерении уровней в процессе режимных наблюдений, выполняя их в одно и то же время суток или вводя соответствующую поправку. Кроме этого, выполненные наблюдения позволили уточнить в 2012-2013 годах характер сезонных изменений, аналогичный наблюдавшемуся в предшествующие годы и относительную стабильность величины статических запасов подземных вод в пределах исследуемого участка четвертичного водоносного комплекса Чуйского бассейна подземных вод, используемых, в частности, для питьевого водоснабжения города Бишкек. Опыт использования для мониторинга уровня подземных вод автоматического датчика и передача информации через сотовую связь в сеть Интернет, имеет значение для последующего создания автоматической сети наблюдений за подземными водами. Зафиксированные в процессе наблюдений особенности в работе датчика в зимний период важны для улучшения в будущем результатов наблюдений за счет изменения конструкции или условий размещения датчика.

### Литература

1. Мельхиор П. Земные приливы//М.: Мир. 1968. 482 с.
2. Муслимов Р.Х., Мирзоев К.М., Ахмадиев Р.Г., Агафонов В.А., Хузин Р.Р., Тимиров.В.С., Мирзоев В.К., Лукк А.А., Дещеревский А.В. Влияние гравитационных лунно-солнечных приливов земной коры на добычу нефти//Нефтяное хозяйство. 2006. №8.С. 111-115.