

Термоминеральные воды Балхаш-Алакольского региона (Юго-Восточный Казахстан)

Е.Ш.ЖЕКЕМБАЕВ (НАО «Казахский национальный исследовательский университет им. К.И.Сатпаева»; 0050013, г. Алматы, Республика Казахстан),
Р.И.ПЛОТНИКОВА (ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии» «ВСЕГИНГЕО»; 142452, Московская обл., Ногинский район, пос. Зеленый, 31-й км Нижегородского шоссе)

Статья посвящена исследованию термоминеральных источников Балхаш-Алакольского региона, который характеризуется разнообразными физико-географическими, геолого-структурными и гидрогеологическими условиями, что и предопределило особенности формирования и размещения в его недрах вод различной минерализации, химического состава, температуры. По этим признакам в регионе выделены две области: гидрогеологических массивов и артезианских бассейнов.

Ключевые слова: Балхаш-Алакольский регион, артезианский бассейн, гидрогеологический массив, термоминеральная подземная вода, химический состав, запасы воды и тепла.

Жексембаев Еркебулан Шектибаевич
Плотникова Роза Ивановна



erkebulan.adai@mail.ru
riplotnikova@mail.ru

Thermal mineral water of Balkhash-Alakol region (South East Kazakhstan)

E.Sh.ZHEKEMBAYEV, R.I.PLOTNIKOVA

The article investigates the thermal mineral springs of Balkhash-Alakol region. Balkhash-Alakol region is characterized by a variety of physical and geographical, geological structural and hydrogeological conditions that determined the features of formation and placement of water varying in salinity, chemical composition and temperature in the subsoil. These features highlight two areas here: hydrogeological arrays and artesian basins.

Key words: Balkhash-Alakol region, artesian basin, hydrogeological array, thermal underground water, chemical composition, water supplies.

Балхаш-Алакольский регион расположен на юго-востоке Казахстана в пределах Алматинской области, и лишь его небольшая северо-восточная часть входит в Восточно-Казахстанскую область. Естественными границами региона являются: на севере – оз. Балхаш, на северо-востоке – хр. Тарбагатай и горы Барлык, на юго-западе – Шу-Илийские горы и на юге – Жетысуский Алатау и его отроги (Китайско-Кыргызские границы) (см. рисунок).

Описываемый регион охватывает четыре довольно значительные впадины: Балхашскую (IV), Алакольскую (V), Лепсинскую (VI) и Илийскую (VII), которые разделены между собой относительно приподнятым фундаментом, горы Тарбагатай (I), Жетысуского Алатау (II) и северные цепи Тянь-Шаня (III), характеризующиеся сильно расчлененным рельефом.

Средне- и высокогорные сооружения Тарбагатай, Жетысуского Алатау и Северного Тянь-Шаня, относящиеся к герцинской и каледонской зонам складчатости, имеют широтное или субширотное простирание. Их

современный сильно расчлененный рельеф – результат проявления новейших тектонических движений, значительно перестроивших древние структуры, придав им сводово-блоковую форму.

Термоминеральные воды гидрогеологических массивов. Для данных горных сооружений характерны своеобразная высотная климатическая поясность, высокая сейсмичность и хорошая обнаженность слагающих их палеозойских пород. Они относятся к гидрогеологическим массивам с активным водообменом подземных вод. Интенсивная трещиноватость водовмещающих образований, мощность которой увеличивается в речных долинах и зонах тектонических нарушений, предопределяет охлаждение складчатых структур на значительную глубину нисходящими потоками холодных инфильтрационных вод, что влияет на формирование естественного теплового режима недр. Глубокого бурения и замеров температур на глубину на территории горных сооружений не производилось. Однако в связи с тем, что они являются областями

активной альпийской тектоники с высокой сейсмичностью, обусловленной продолжающимися процессами эпиплатформенного орогенеза, которые оживляют глубинные разломы и вызывают перемещения отдельных тектонических блоков, создаются локальные тепловые аномалии. Последние фиксируются выходом на поверхность термальных источников, приуроченных к линейно-вытянутым зонам крупных тектонических разрывных нарушений и используемых частично в бальнеологических целях.

В целом для описываемых горных массивов характерные геотермические градиенты для геотермозоны составляют 3–5°C/100 м. При значениях коэффициента теплопроводности палеозойских пород, варьирующих обычно в пределах 2–2,5 Вт/м·град, величины глубинного регионального теплового потока составляют 65–85 мВт/м² и более.

I. Тарбагатайский гидрогеологический массив приурочен к одноименной горной системе. В этом регионе известно несколько выходов термальных вод.

1. Барлыкские источники расположены на северо-западном ответвлении хр. Барлык, в долине р. Арасанка. Выходы 13 родников на протяжении 1,5 км приурочены к зоне тектонического разлома, секущего эффузивные образования. Их общий расход составляет 2,6 дм³/с. Воды слабосоленоватые (1,4–1,8 г/л) при сульфатно-хлоридном натриево-кальциевом составе и слабощелочной реакции (рН 7,7). Температура их изменяется от 20° до 42°C. Скважина, пробуренная в зоне разлома, вскрыла на глубине 35 м воду с температурой 44,5°C. Дебит ее на самоизливе составил 0,25 дм³/с. Минерализация и химический состав аналогичны таковым родниковых вод. В них обнаружены кремнекислота (45–64 мг/л) и радон (0,6–2,5 нКи/л).

2. Айнабулакский источник расположен в 45 км от села Маканшы, у бугристых песков Барлыккум в долине р. Эмель. Хотя родник приурочен к барханным пескам, фактически воды выклиниваются из зоны разлома подстилающих терригенно-эффузивных образований палеозоя. Расход его порядка 0,5 дм³/с. Температура воды 25°C, минерализация 2,88 г/л, состав сульфатно-хлоридный натриево-кальциевый. Содержание кремнекислоты 23,9 мг/л. У самого источника пробурена скважина глубиной 102 м. Термальная вода вскрыта на глубине 30 м в скальных породах. Дебит скважины на самоизливе 4,5 дм³/с, а при снижении уровня на 16 м расход ее составил примерно 8 дм³/с. Температура воды на устье 23°C. В ней обнаружен радон в количестве 2,8 нКи/л.

II. Жетысуский гидрогеологический массив приурочен к хр. Жетысуский Алатау, высота которого составляет 4000–4400 м. Термальные источники находятся в основном в области среднегорья.

1. Ку-Арасанские источники расположены в горах Дувантау на высоте 1280 м. Наблюдается 10 родников, выходящих у русла р. Борохудзир и приуроченных к

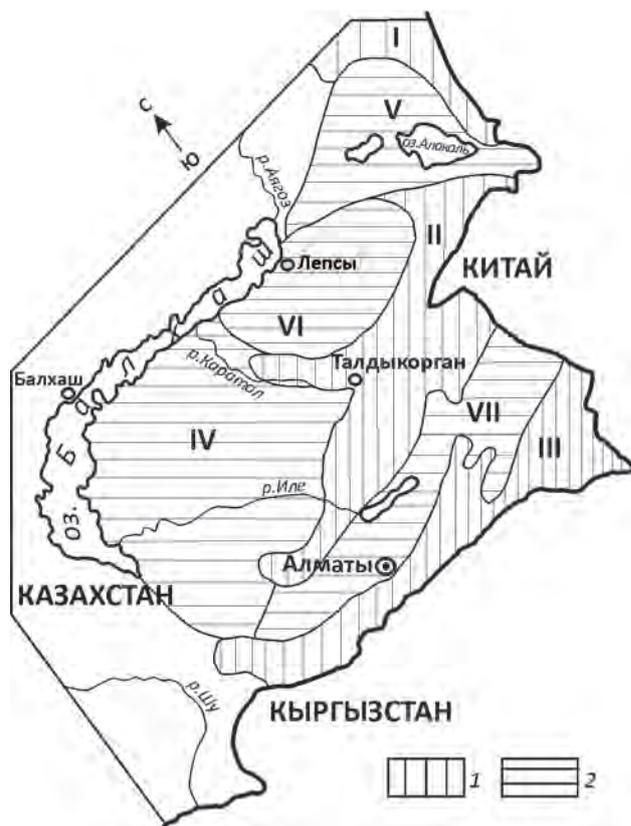


Схема гидрогеологического районирования Балхаш-Алакольского региона:

1 – гидрогеологические массивы: I – Тарбагатай, II – Жетысуского Алатау, III – Северного Тянь-Шаня; 2 – артезианские бассейны межгорных впадин: IV – Балхашской, V – Алакольской, VI – Лепсинской, VII – Илейской

тектоническому разрывному нарушению в вулканогенных породах. Расходы отдельных водопунктов колеблются от 0,02 до 1,2 дм³/с, а температура воды – от 23° до 33°C, при максимальной 30,4°–38,3°C. Состав ее сульфатно-хлоридный натриевый с минерализацией 0,6–1,1 г/л. В районе выхода родников были пробурены скважины, которые подсекали тектоническую зону. Уровни воды установились до 8,5 м ниже земной поверхности. Дебиты скважин достигают 35 дм³/с, температура воды до 37,2°C. В подземных водах установлены кремнекислота (2596 мг/л), фтор (3,4–8 мг/л) и радон (4,6–21,1 нКи/л). В составе растворенных газов преобладает азот.

2. Хоргосские источники расположены в 70 км северо-западнее г. Панфилова на высоте 1750 м в долине одноименной реки. Обнаружено несколько естественных выходов подземных вод непосредственно из трещин интрузивных пород или же из покровных дресвяно-галечных отложений. Расходы родников варьируют в пределах 0,01–1,6 дм³/с. Воды пресные (до 0,3 г/л),

сульфатно-гидрокарбонатного натриевого состава с щелочной реакцией (рН 8,9) и температурой 37°–52°С. Из растворенных газов преобладает азот. Содержание в воде кремнекислоты 50–76 мг/л, сероводорода до 2 мг/л и радона 8,2–23,2 нКи/л.

3. Капал-Арасанские источники находятся на северном склоне Жетысуского Алатау в долине р. Биен. Выходы родников приурочены к трещиноватым гранитам, суммарный их расход 0,2 дм³/с. Воды хлоридно-сульфатные натриевые с минерализацией 0,4–0,6 г/л и щелочной реакцией (рН 7,9–9,5). Температура их 16,4°–37,4°С. Пробуренные здесь скважины вскрыли подземные воды с температурой 33°–44,5°С. Дебиты их достигают 1,5 дм³/с при снижении уровня на 1,5 м. В воде присутствуют кремнекислота и фтор в количестве соответственно 56–80 и 3–14 мг/л, содержание радона составляет 3,5–4,2 нКи/л. Значения геотермического градиента по скважинам 8,5°–24°С/100 м.

Кроме вышеописанных, в Жетысуском Алатау имеется еще ряд термальных источников, приуроченных к трещиноватым зонам интрузивных и, в единичном случае (Тастинтерекские), эффузивных пород.

III. Северо-Тянь-Шаньский гидрогеологический массив расположен вдоль южной границы Казахстана. Это область высокогорий, состоящая из ряда хребтов. Выходы источников термальных вод в основном приурочены к Заилийскому Алатау.

1. Алма-Арасанские источники находятся в 26 км южнее г. Алматы в ущелье р. Проходная на высоте 1780–1820 м. Они приурочены к зоне тектонического нарушения в диоритах. Дебиты родников не превышают десятых долей литра в секунду. Воды сульфатно-гидрокарбонатные натриевые с минерализацией до 0,3 г/л и температурой до 30°С. В них присутствуют: кремнекислота (72 мг/л), сероводород (до 6,8 мг/л) и радон (0,9–1,3 нКи/л). Рядом пробурено несколько скважин, одна из которых на глубине 479 м вскрыла напорные воды. Пьезоуровень составил +14,6 м. Дебит ее на самоизливе 4,9 дм³/с, температура воды 34,2°С. В газовом составе воды преобладает азот. Значения геотермического градиента по температурным замерам в скважинах изменяются в пределах 16,5°–26,4°С/100 м.

2. Источник «Горельник» расположен в 22 км южнее г. Алматы в долине р. Малая Алмагинка и представляет собой восходящий родник с расходом 0,2 дм³/с и температурой воды до 22°С. Вблизи пройдена скважина, вскрывшая в гранитах на глубине 320 м термальные воды (27°С). Уровень их установился на 13,3 м выше земной поверхности, а производительность на самоизливе 9,2 дм³/с. Минерализация воды до 0,2 г/л, химический состав гидрокарбонатно-сульфатный натриевый. Содержание кремнекислоты 52,5 и фтора 7 мг/л. Измеренный по скважине геотермический градиент составляет 21°С/100 м.

3. Талгарские источники обнаружены в долине р. Талгар, в 16 км южнее г. Талгар. Выходы воды

приурочены к зоне тектонического дробления эффузивных пород. Дебиты родников 0,1–1,3 дм³/с. Воды сульфатно-гидрокарбонатного натриево-кальциевого состава с минерализацией до 0,25 г/л и температурой 18°–26°С. Содержание радона определено в пределах 7,4–12,4 нКи/л.

4. Тургенский источник расположен в долине одноименной реки, в 18 км южнее села Тургенъ. Выход сульфатной натриево-кальциевой воды с минерализацией 1,4 г/л и температурой 26,5°С приурочен к тектоническому нарушению в изверженных породах. Расход родника 1,3 дм³/с. В воде обнаружены: кремнезем (43 мг/л), фтор (5 мг/л) и радон (2,4 нКи/л). В районе источника пробурена скважина с дебитом на самоизливе 0,4–0,6 дм³/с и температурой 29°С.

5. Курамские источники находятся у подножия гор Бокайдынтау, в 95 км восточнее г. Алматы. Выходы родников с дебитами 0,7–6 дм³/с приурочены к региональному разлому в эффузивных образованиях. Температура воды в них 16°–21,5°С, а минерализация до 2,4 г/л. Скважинами вскрыты подземные воды с содержанием солей 3,5 г/л и температурой до 26°С. Химический состав их хлоридно-сульфатный натриево-кальциевый.

6. Источники Жаманты расположены в 135 км западнее г. Алматы, в долине одноименной речки. Выходы термальных вод приурочены к широтному тектоническому разрывному нарушению, суммарный их дебит составляет 2,7 дм³/с. Минерализация воды до 0,4 г/л, химический состав сульфатный натриево-кальциевый, температура – 25,5°С. Содержание кремнезема 26 мг/л и фтора 2,5 мг/л.

Термоминеральные воды артезианских бассейнов. Межгорные пространства территории занимают открытые или полузакрытые котловины, происхождение которых связано с тектоническим опусканием палеозойского складчатого фундамента. К межгорным впадинам, выполненным мощной толщей мезозой-кайнозойских осадочных отложений, приурочены артезианские бассейны. В их разрезе присутствуют водоносные комплексы, содержащие напорные термальные воды. В целом тепловой режим межгорных впадин характеризуется средними значениями геотермических градиентов от 2°–2,5°С/100 м (в предгорьях) до 3,2°–4,5°С/100 м (в центральных частях), относительно слабой теплопроводностью горных пород (1,7–2,4 Вт/м·град) и довольно высокой плотностью тепловых потоков (52–64 мВт/м²). Последнее благоприятствует накоплению тепла на доступных современным техническим средствам глубинах.

IV. Прибалхашский артезианский бассейн. Прибалхашская впадина отделяет палеозойскую платформу Центрального Казахстана от хребтов Жетысуского Алатау. Южная граница ее проходит по линии сочленения равнин с отрогами Жетысуского Алатау, юго-западная – с Шу-Илийскими горами, северо-восточная – с массивом Арғанаты, восточная – по линии Главного

Жетысуского разлома, а северная и западная может быть проведена по северному берегу оз. Балхаш.

Южно-Прибалхашская впадина представляет собой синеклизу, выполненную породами раннеальпийского структурного этажа и развивающуюся с юрского периода. Южно-Прибалхашский бассейн имеет ряд признаков платформенного бассейна. Восточно-Прибалхашская впадина, включающая кайнозойский Преджетысуский прогиб и Лепсинскую впадину, развивается с палеоцена. Особенность Восточно-Прибалхашского артезианского бассейна – наличие зональности, характерной для предгорных равнин аридной зоны. Осадки представлены песками, гравийно-галечниками, реже валунно-галечниками, песками и глинами. В целом же для свиты характерно частое переслаивание водосодержащих песчано-гравийников с пластами и линзами глин. Суммарная эффективная мощность их по скважинам колеблется от 5 до 175 м.

Воды напорные. Они вскрываются на глубинах 50–420 м, уровень устанавливается на 2–59 м ниже поверхности земли. Дебиты скважин достигают здесь 20–44 дм³/с при понижении уровня на 14 и 12,9 м.

Минерализация подземных вод неоднородна на площади. На фоне общего роста минерализации (от 0,3 до 35 г/л), а также увеличения степени сульфатности и хлоридности в северо-западном направлении, то есть от области основного питания, отмечается наличие двух внедряющихся «языков» пресных вод существенно

гидрокарбонатного состава. Один из них проникает на 150 км от гор по правобережью р. Или широкой 50-километровой полосой; другой протягивается вдоль современной долины р. Каратал, не доходя 30–35 км до ее устья.

Замеренная на устье при откачках температура подземных вод неогенового водоносного комплекса на большей части территории Балхашского артезианского бассейна колеблется от 11° до 15°С, в центральной части до 16,5°С и лишь на южной его окраине она достигает 20°–22°С. Геотермический градиент на большей части территории бассейна менее 1; по всей периферии, кроме восточной, градиент возрастает – на юге до 4, на севере до 3, на западе до 2°С/100 м.

Расчетная изотерма 20°С в подошве водоносного комплекса соответствует таковой для кровли палеозойского субстрата.

Естественные запасы неогенового термоводоносного комплекса для температурной зоны 30°–40°С оцениваются в 71,8 млрд. м³ по воде и в 2154 млн. Гкал по теплу (табл. 1).

V. Алакольский артезианский бассейн приурочен к одноименной межгорной впадине, ограниченной с запада региональным Алакольско-Жетысуским разломом, а с севера и юга – соответственно горными сооружениями Тарбагатай и Жетысуского Алатау. Наиболее опущен юго-западный борт, глубина до фундамента здесь достигает 2000 м. На северо-восток ложе впадины

1. Естественные запасы воды и тепла Балхаш-Алакольских артезианских бассейнов

Водоносный комплекс	Интервал температур, °С	Площадь распространения 10 ⁶ , м ²	Эффективная мощность, м	Водоотдача пород	Средняя температура, °С	Естественные запасы		
						воды 10 ⁹ , м ³	тепла	
							10 ¹² , ккал	10 ⁶ , Т.У.Т.
Прибалхашский артезианский бассейн								
Неогеновый	20–40	8975	80	0,1	30	71,8	2154	308
Алакольский артезианский бассейн								
Неогеновый	20–40	1956	45	0,1	30	8,8	264	37,7
Лепсинский артезианский бассейн								
Палеогеновый	20–40	2286	50	0,1	30	11,4	342	49
Жаркентский артезианский бассейн								
Меловой	20–40	3100	30	0,2	30	18,6	558	79,7
	40–75	1550	45	0,1	57	6,975	397,475	56,8
	75–100	1120	70	0,2	87	15,68	1364,16	194,88
	>100	1880	85	0,2	110	31,96	3515,6	502,88
						73,215		833,71
Алматинский артезианский бассейн								
Меловой	20–40	2270	25	0,12	30	6,81	204,3	29,18
	40–75	1920	30	0,12	57	6,912	393,98	56,28
	75–100	1950	45	0,12	87	5,670	493,29	70,47
	>100	190	55	0,12	105	1,254	131,97	18,81
						20,646		174,74

Примечание. Т.У.Т. – тонна условного топлива, единица измерения энергии, равная 2,93×10¹⁰ Дж.

постепенно поднимается. Повсеместным развитием пользуется неогеновый термоводоносный комплекс общей мощностью до 200–250 м. Водовмещающие отложения представлены песками, гравелитами и валуно-галечниками, залегающими в виде прослоев и линз мощностью до 54–62 м среди глинистой толщи. Воды повсеместно напорные, пьезоуровни устанавливаются обычно выше поверхности земли. Дебиты скважин на самоизливе не превышают 10 дм³/с, хотя в отдельных случаях составляют 20–50 дм³/с. Подземные воды слабо минерализованы (до 3 г/л), от гидрокарбонатно-кальциевого до сульфатно-хлоридного натриевого состава. Температура их >20°C, с глубины 600 м может достигать по подошве в наиболее погруженных частях впадины до 45°C.

Средний геотермический градиент для Алакольского бассейна не превышает 3°C/100 м, тем самым температура на фундаменте, по-видимому, составит 65°–70°C. Естественные запасы неогенового термоводоносного комплекса для температурной зоны 30°–40°C оцениваются в 8,8 млрд. м³ по воде и в 264 млн. Гкал по теплу.

VI. Лепсинский артезианский бассейн второго порядка отдален от Балхашского Ушккольским поднятием и от расположенного восточнее Алакольско-Жетысуским разломом. На юге он ограничен северными склонами Жетысуского Алатау, на севере – Арганатинским поднятием.

Палеозойский фундамент на территории бассейна представлен эффузивно-осадочными породами девона и карбона, консолидированными в герцинскую эпоху складчатости. В альпийскую фазу тектогенеза территория бассейна испытывает опускание отдельных блоков по унаследованным разломам на различные глубины. Наиболее погруженным оказался южный блок (до 1800 м), примыкающий к Северо-Жетысускому разлому, и отделенный на севере от остальных слабо опущенных блоков субширотным безымянным разломом. К этому блоку, имеющему длину до 150 и ширину до 40 км, по-видимому, приурочены термальные воды.

Подземные воды в плиоценовых отложениях вскрываются на глубинах около 200 м. Уровни их устанавливаются на 2–3 м ниже или на 5–11,5 м выше устья скважин и характеризуются дебитами 40–79 дм³/с при понижении на 18,4 и 16,6 м. Вода обычно сульфатно-гидрокарбонатная кальциево-натриевая с минерализацией 0,3–0,6 г/л первого, реже второго типа и всюду имеет температуру не выше 12°C. В Саркандском прогибе на глубине 370 м в горизонте гравелитов вскрыта вода с температурой 21°C и минерализацией 0,4 г/л. Пьезометрический уровень установился на 7 м выше устья скважины, дебит при самоизливе составил 3,5 дм³/с.

VII. Илийский артезианский бассейн приурочен к одноименной широтной впадине, расположенной между хребтами Тянь-Шаня и Жетысуского Алатау. Выделяются два бассейна второго порядка: Алматинский и Жаркентский.

Алматинский артезианский бассейн находится в западной части впадины. На его площади вскрыты два термоводоносных комплекса – неогеновый и палеогеновый. Глубина их залегания увеличивается от предгорий (20–150 м) к осевой части до 650 м и 1500–2600 м соответственно. Водосодержащими являются пески, песчаники, гравийно-галечники и конгломераты, залегающие среди глин и алевролитов. Мощность отдельных водоносных прослоев обычно 3–15 м. Воды напорные, обычно самоизливающиеся из скважин с производительностью от 0,1–25 дм³/с. Минерализация воды изменяется от 0,8–14 г/л и более, а химический состав – от гидрокарбонатно-хлоридного и сульфатно-хлоридного натриевого до хлоридного натриевого. Температура воды на глубинах 700–800 м до 40°C, а на 2600–3000 м достигает 75–84°C.

Меловой термоводоносный комплекс на территории бассейна опробован в районе Катутау-Богутинского сужения. Скважина, пробуренная в 33 км западнее села Шарын, на глубине 642 м вскрыла в меловых песках сульфатно-хлоридные натриевые воды с минерализацией 2,7 г/л и температурой на устье 46,2°C. Пьезометрический уровень составил +132 м, а дебит на самоизливе – 65 дм³/с.

В целом естественные запасы неогенового и палеогенового комплексов Алматинского бассейна оцениваются в 106,5 млрд. м³ по воде и 2112 млн. Гкал по теплу.

Жаркентский артезианский бассейн приурочен к одноименной депрессии в восточной части Илийской впадины. Термальные подземные воды здесь связаны с образованиями от неогенового до триасового возраста.

Для неогенового и палеогенового термоводоносных комплексов характерно уменьшение водообильности отложений и увеличение минерализации воды по мере удаления от предгорий к центральной части бассейна. Водовмещающие образования представлены песками, песчаниками, гравийно-галечниками. В предгорьях они вскрываются на глубинах от 115 до 1000 м (табл.2).

Воды напорные, величины пьезоуровней составляют +40...+95 м. Дебиты скважин на самоизливе варьируют обычно в пределах 1–10 дм³/с и только в урочище Карадала (предгорья хр. Кетмень) достигают 20–100 дм³/с для неогенового комплекса. Минерализация воды 0,2–1,5 г/л при изменении химического состава от смешанного кальциево-натриевого до хлоридно-сульфатного натриевого. Температура воды колеблется от 20°–30° (на глубинах 200–600 м) до 60°–70°C (1000–2000 м.)

В осевой части бассейна описываемые комплексы вскрыты на глубинах от 1000 до 2500 м. Расходы скважин на самоизливе варьируют в пределах 0,25–6,2 дм³/с при избыточном напоре до +130 м. Минерализация воды возрастает с глубиной от 0,6 до 18,8 г/л, а макрокомпонентный состав меняется от смешанного натриевого до хлоридного натриевого. Температура воды от 40° до 70°C на глубинах соответственно 1000 и 2015–2500 м. По расчетам температура по

2. Основные типы минеральных вод Балхаш-Алакольского региона

Номер по кадастру	Проявление	Местоположение проявления	Водовмещающие породы и их возраст	Дебит (дм ³ /с)/ Понижение (м)	Формула ионного состава, минерализация (г/л)	pH	T, °C	Специфические компоненты (мг/л); радон (нКи/л)
Воды без «специфических» компонентов и свойств								
741	Курамское	В 100 км восточнее г. Алматы	Туфо-песчаники, туфы, P	5,9/32,7	$\frac{Cl67 SO_4 32}{M_{3,5} Na68 Ca30}$	7,1	26	F-3,5; Li-2,6
730	Покровское	В 6 км севернее г. Алматы	Глины, аргиллиты, песчаники, N	25	$\frac{Cl67 HCO_3 28}{M_{1,5-1,7} Na 97}$	8,4	42	H ₂ SO ₄ -40; F-17,5; Br-2,1
64	Булутинское	В 30 км юго-западнее пос. Чунджа, скважины 3362, 3365	Пески, P, N ₁	23,4/47,5	$\frac{SO_4 6 HCO_3 20}{M_{2,9} Na98 Ca2}$	7,8	42	H ₂ SO ₃ -39-42; F-19
727	Албан-Арасан	В 55 км восточнее пос. Чунджа	Пески, песчаники, K ₂	4,4/55,2	$\frac{SO_4 61 Cl27}{M_{1,9} Na98 Ca1}$	8,2	43	H ₂ SO ₃ -39-48; F-3
746	Тау-Тургенское	В 18 км юго-восточнее пос. Турген	Пески, песчаники, K ₂	28,5	$\frac{SO_4 78 Cl17 HCO_3 5}{M_{0,44} Na82 Ca17 Mg1}$	8,1	46	-
746	Тау-Тургенское	В 18 км юго-восточнее пос. Турген	Вулканогенные породы, визе-намур	0,6-0,8/1,5-48,4	$\frac{SO_4 36 Cl34 HCO_3 30}{M_{1,3} (Na + K)89 Ca11}$	7,6	35	-
Воды йодобромные								
730	Пригородный	На северо-западной окраине г. Алматы	Конгломераты, песчаники, гравелиты, P, N	5/33,6	$\frac{Cl94 SO_4 5}{M_{4,6} Na54 Ca45 Mg1}$	7,3	56	Br-33; I-6,8; H ₂ SO ₄₋₃₆ ; F-5
730	Турген	На юго-западной окраине пос. Турген	Глины, аргиллиты, песчаники, миоцен	20	$\frac{Cl92 SO_4 6}{M_{115-120} Na96 Ca2}$	7,1	50	Br-210; I-14; B-340; Sr-7-25
Воды радоновые								
60	Талгар	В 16 км южнее г. Талгара, родники	Граниты, ф PZ,	0,1-1	$\frac{SO_4 46 HCO_3 42}{M_{0,1-0,3} Na49 Ca42}$	8,4	18	Rn-7,4-12,4
570	Хоргос	В 65 км северо-восточнее горы Панфилова, родник 304	Граниты, ф	0,1-1,5	$\frac{SO_4 53 HCO_3 29}{M_{0,3} Na91 Ca9}$	9	37-52	H ₂ SiO ₃ -50-76; Rn-8-29
696	Меркенское	В 14 км на юго-юго-восток от села Мерке	Граниты, PZ	1,5-3,3	$\frac{SO_4 53 HCO_3 29}{M_{0,3} Na91 Ca9}$	7,4	23	Rn-15-140
Воды кремнистые								
61	Горельникское	В 22 км южнее г. Алматы	Граниты, ф PZ	0,04	$\frac{SO_4 HCO_3}{M_{0,3} Na}$	7,7	27	H ₂ SO ₃ -52,7; F-7
62	Тересбутакское	В долине р. Тересбутак в 1,5 км от её устья, скв. 500	Граниты, ф PZ		$\frac{SO_4 HCO_3}{M_{0,3} Na}$	8,0	20	H ₂ SO ₃ -30-50; Rn-6,5
572	Капальские	В 7 км южнее села Капал, родник 287	Граниты, PZ	0,2-0,5	$\frac{HCO_3 45 SO_4 40}{M_{0,3} Na80 Ca18}$	8,1	25	H ₂ SO ₃ -до 89
573	Кокуское	В 33 км юго-восточнее г. Текели, в долине р. Коксу, родники	Граниты, ф	0,4-1,0	$\frac{HCO_3 52 SO_4 37}{M_{0,3} Na97 Ca3}$	8	27	H ₂ SO ₃ -57; F-14; H ₂ S ^{-2,4} ; Rn-1,8
575	Малоусекское	В 35 км северо-западнее горы Панфилова, в долине р. Усек, родник 305	Граниты, ф	1,0	$\frac{SO_4 50 HCO_3 43}{M_{0,2} Na75 Ca15}$	8,2	25	H ₂ SO ₃ -72; Cu-30; Zn-5; Mo-3

подошве комплексов колеблется от 40°–50° до 100°–120°С при вскрытии на глубине соответственно 1000–1500 и 3000–3600 м.

Меловой термоводоносный комплекс широко распространен и отсутствует только на крайнем юго-западе бассейна. Общая мощность меловых отложений увеличивается от предгорий к осевой части от 15–50 до 300–400 м, а глубина залегания кровли комплекса соответственно от 20–150 до 3300 м и более. Водовмещающие образования представлены прослоями песков, песчаников, алевролитов, реже конгломератов. Водоносный комплекс детально изучен на предгорной равнине хр. Кетмень (урочище Карадала). Подземные воды залегают здесь на глубинах 300–600 м. Мощность отдельных водосодержащих прослоев составляет 1–45 м. Воды напорные, уровни устанавливаются на 20–70 м выше поверхности земли. Производительность самоизливающихся скважин варьирует в пределах 10–140 дм³/с. Воды обычно пресные (до 1 г/л), их макрокомпонентный состав меняется от гидрокарбонатного кальциевого до смешанного натриевого и натриево-кальциевого. Пластовая температура воды колеблется от 20° до 60°С.

В центральной части депрессии меловой комплекс опробован рядом глубоких скважин в интервалах глубин от 1400 до 2300 м. Воды высоконапорные, избыточный напор +170...+240 м. Расходы скважин 22–60 дм³/с. Воды с минерализацией 0,4–0,9 г/л гидрокарбонатно-сульфатного или хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава со слабощелочной реакцией. Температура воды на устье 47°–96°С. Геотермические градиенты комплекса колеблются от 1,7° до 5,6°С/100 м. В наиболее погруженных частях впадины температура вод мелового комплекса ожидается в пределах 100°–125°С.

Триас-юрский термоводоносный комплекс опробован в южной половине бассейна. Водосодержащие породы представлены прослоями песчаников и конгломератов мощностью 15–35 м, залегающих среди толщи аргиллитов и алевролитов. Глубина их залегания варьирует от 250–400 м по периферии до 4000–4500 м в центральной части. Водообильность комплекса сильно изменчива как в вертикальном разрезе, так и по площади. Дебиты скважин на самоизливе изменяются от 1,4 до 35–55,6 дм³/с, минерализация воды – от 0,9–3 до 15 г/л, а химический состав – от гидрокарбонатного кальциевого и хлоридно-гидрокарбонатного кальциево-натриевого до хлоридного натриевого. Температура воды при изливе составляет 38°–78°С. Согласно расчетам, температура по подошве комплекса в зависимости от глубины залегания (от 370–800 м в предгорьях до 4200–4600 м в осевой части) и среднего геотермического градиента варьирует от 20 до 165°С.

В заключение следует отметить, что на территории Балхаш-Алакольского региона выделяются две области развития подземных термоминеральных вод: артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов.

В районе развития гидрогеологических массивов термоминеральные воды приурочены к зонам разломов. Выходящие из гидрогеологических массивов родники в основном изливают воду с минерализацией до 1 г/л, реже более, температурой от 20° до 40°С. Самая высокая, равная 52°С, отмечена в Хоргосских источниках. В целом районы гидрогеологических массивов Балхаш-Алакольского региона относятся к бесперспективным на получение достаточного количества воды, пригодной для теплоэнергетических целей. Они могут быть применены, да и то после подогрева, для горячего водоснабжения производственных, бытовых и жилых корпусов лишь на действующих курортах, санаториях и профилакториях. Это позволит экономить какую-то часть органических видов топлива. Термоминеральные воды гидрогеологических массивов Балхаш-Алакольского региона по своим физико-химическим показателям представляют ценность в качестве минеральных вод и используются в лечебных целях. На их базе построены два курорта и пять бальнеолечебниц. Отдельные родники используются местным населением для неорганизованного лечения.

В районе артезианских бассейнов подземные термоминеральные воды носят пластовый характер залегания и доступный для получения современными техническими средствами. Всего на территории межгорных артезианских бассейнов Балхаш-Алакольского региона в перспективных напорных термоводоносных комплексах содержится около 190 млрд. м³ воды с температурой более 20°С, а запасы тепла в них составляют примерно 8,4 млрд. Гкал, что эквивалентно более чем 1,2 млрд. т условного топлива. Из них около 70% приурочено к Жаркентскому бассейну, >25% – к Алматинскому и примерно 5% – к Алакольскому. Самоизлив подземных вод по скважинам позволяет применить фонтанный способ эксплуатации.

Наиболее перспективный для использования гидротермальной энергии – Илийский бассейн. В районе г. Жаркент возможно вскрытие термальных вод с температурой до 100°С и выше, которые могут служить источником выработки электроэнергии и использоваться для теплоснабжения населенных пунктов. На остальной территории впадины воды с температурой более 70°С пригодны для отопления тепличных хозяйств. В сельской местности возможна подача термальной воды на животноводческие фермы, машинно-тракторные дворы, в подсобные помещения, овоще- и зернохранилища и др. Воду с температурой 45°–70°С можно применять для горячего водоснабжения и различных технологических операций (таких, как термообработка бетона, мойка шерсти, обработка кожи и древесины, изготовление комбикормов и сушка фруктов). После охлаждения до 25°–28°С вода пригодна для подачи в рыбопродукционные пруды. Кроме того, учитывая, что термальные воды представляют бальнеологическую ценность, в них заинтересованы лечебные учреждения.

На территории Алакольского бассейна артезианские воды с температурой обычно до 40°C представляют интерес для тепло-водоснабжения животноводческих ферм, раннего полива сельскохозяйственных культур, влагозарядных поливов в зимний период, разведения рыбы, бальнеолечения и др.

В настоящее время разработаны эффективные технологические схемы применения термальных подземных вод в производственной деятельности. Опыт их эксплуатации показывает, что использование возобновляемой гидротермальной энергии земных недр, кроме экономической выгоды, позволяет уменьшить расходование традиционных топливных ресурсов и сохранить экологически чистой окружающую среду. Все это предполагает расширение масштабов глубокого бурения на перспективные термоводоносные комплексы межгорных артезианских бассейнов.

Разнообразие термоминеральных вод Балхаш-Алакольского региона, простота и эффективность их применения позволяют намного расширить сеть оздоровительных санаторно-курортных учреждений. Это

потребуется увеличения гидрогеологических исследований в целях оценки эксплуатационных возможностей имеющихся месторождений. В то же время необходимо проведение дальнейших поисково-разведочных работ, особенно на площадях межгорных артезианских бассейнов, для выявления новых месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лечебные минеральные воды Казахстана* / Ж.С.Сыдыков, М.С.Кан и др. –Алма-Ата, 1972.
2. *Месторождения подземных вод Казахстана* / Минеральные лечебные и термальные подземные воды. Т. 3. Справочник. – Алматы, 1999.
3. *Подземные воды хребта Тарбагатай и его равнинных предгорий* / С.М.Мухамеджанов, Т.Т.Исабаев, Ф.К.Кабиев, Ж.В.Муртазин. – Алма-Ата: Наука, 1965.
4. *Подземные термальные воды Казахстана* / С.М.Мухамеджанов, Ж.С.Сыдыков, Н.М.Бондаренко и др. – Алма-Ата, 1990.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РИСУНКОВ

Рисунки и другие графические материалы представляются в цветном или черно-белом варианте в электронном виде. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формата страницы журнала (170x237 мм). Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: графический редактор Corel Draw, JPEG и TIFF (только для фото), диаграмма Microsoft Excel. Графика должна быть прямо связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения. **Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются.** Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице. Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.