

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 410 (2015), 62 – 68

**INVESTIGATION OF THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS  
OF ZHANAR DEPOSIT OF BRACKISH GROUNDWATER  
FOR TECHNICAL WATER SUPPLY OF AKTOGAI MINING  
AND PROCESSING PLANT**

**Zh. Yerikuly**

Kazakh National Technical University named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

**Keywords:** copper ore field, mining company, groundwater quality, water supply.

**Abstract.** The forecast operational reserves of groundwater Zhanar deposit is estimated in the amount of 801,1 thousand m<sup>3</sup>/day and formed by natural reserves; natural resources, emerging outside the field; absorption flow of the river Ayaguz in flood periods, almost every year due to the replenishment of the natural reserves.

УДК 556.3(574.1)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
ЖАНАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
СЛАБОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АКТОГАЙСКОГО ГОКа**

**Ж. Ерікұлы**

Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** меднорудный район, горнодобывающее предприятие, качество подземных вод, водоснабжение.

**Аннотация.** Изложены результаты исследования гидрогеологических условий Жанарского месторождения слабоминерализованных подземных вод и перспективы их использования для технического водоснабжения Актогайского ГОКа. Подсчитаны эксплуатационные запасы подземных вод с учетом потребности будущего ГОКа.

Предприятия Восточного Казахстана стремительно модернизируют производство и наращивают добычу полезных ископаемых. В производство инвестируются сотни миллиардов тенге, создаются новые рабочие места. Залежи полезных ископаемых в Восточном Казахстане имеют важное стратегическое значение для экономики государства. Одним из самых перспективных месторождений является Актогайское медное месторождение сульфидных руд, где по примерным подсчетам, сосредоточено около пяти миллионов тонн чистой меди. Проект его освоения разрабатывался еще в советское время, однако был признан нерентабельным из-за низкого содержания меди в руде. Между тем, корпорация «Казахмыс» посчитала, что проект будет выгодным за счет больших объемов добычи руды, а также за счет попутного получения железного и алюминиевого промпродуктов. А строительство Актогайского горно-обогатительного комбината в Аягоском районе включено в перечень «прорывных проектов» области, получив одобрение Государственной комиссии по модернизации экономики. Здесь будет применяться технология,

которая ранее нигде не применялась на постсоветском пространстве. Размеры оборудования таковы, что в мире нет аналогов. Разработка карьерного месторождения по примерным подсчетам продлится больше пятидесяти лет. Всё это время работой будут обеспечены тысячи человек [1].

В связи с этим, одним из важных и опережающих компонентов в комплексном освоении месторождения является насущная необходимость полного удовлетворения потребностей в воде технического назначения горнообогатительного комбината, который на сегодня является одним из самых крупных подобных проектов в мире, а его производительность составит 50–65 миллионов тонн руды в год.

На основании отсутствия каких-либо других альтернативных вариантов, для технического водоснабжения будущего Актогайского ГОКа с заявленной потребностью 388,8 тыс. м<sup>3</sup>/сут (могут быть использованы только подземные воды Жанарского месторождения, расположенного в пределах юго-западной части Актогайской впадины (L-44-VIII), на правом берегу р. Аягуз, в 4 км от ст. Актогай). Расположенное рядом Жузагашское месторождение подземных вод, используемое как для питьевого, так и технического водоснабжения, по своей мощности и наличию на сегодня сработанных и разведанных в 1981–1982 годах эксплуатационных запасов не может служить в перспективе в качестве гарантированного источника [2] (рисунок 1).

Район исследования входит в состав Восточно-Казахстанской области. Пути сообщения в районе развиты слабо. Основной железнодорожной магистралью является линия Алматы – Новосибирск, которая пересекает территорию исследования с юго – запада на северо – восток. От основной магистрали отходит железнодорожная ветка Актогай – Госграница Казахстана. Через район работ проходит асфальтированная автомобильная дорога Алматы – Омск с ответвлением на станцию Актогай [5].

На формирование подземных вод значительное влияние оказывают физико- географические условия района, – климатические, геоморфологические и гидрологические факторы, изучение и установление взаимодействия которых позволили выявить закономерности эксплуатационных ресурсов подземных вод.

Отличительными чертами климата района является его резкая континентальность и засушливость, большая неустойчивость ежегодных погодных условий. Влажные годы нередко сменяются резко засушливыми периодами с засухами. Нередки сильные ветры, вызывающие снежные и пыльные бури, ветровую эрозию почв и неравномерное залегание снежного покрова на полях.

Водность рек колеблется в больших пределах, что связано с неустойчивым режимом осадков и других климатических факторов.

Район исследований расположен на стыке Центрально-Казахстанской горноскладчатой области и Алакульской межгорной равнины. Основными элементами рельефа района является мелкосопочно-увалистое пространство водоразделов и эрозионно-тектоническая депрессия рек Баканас, Аягуз и Тансык, называемая Актогайской впадиной.

На территории района большим распространением пользуются аккумулятивные равнины. По генезису они подразделяются на аллювиальные, аллювиально-пролювиальные, делювиально-пролювиальные, озерные, эоловые. По морфологическим и морфометрическим особенностям выделяются плоские, наклонные, плоско-выгнутые равнины. По возрасту равнины верхнечетвертичные и современные делювиально-пролювиальные и озерные, верхнечетвертично-современные и эоловые [2].

Гидрографическая сеть представлена реками Аягуз, Баканас, Тансык. Жанарское месторождение подземных вод расположено в юго-западной части Актогайской впадины, на правом берегу р. Аягуз. Рельеф его представляет собой слабо наклонную на юг аккумулятивную равнину с уклоном 0,0007–0,0008. В поперечном сечении впадины выделяются пойма и первая надпойменная терраса долины р. Аягуз (рисунок 2).

Пойма прослеживается на всем протяжении долины шириной от 5,5 до 10,5 км с абсолютными отметками 355–360 м. Поверхность ее правобережной части осложнена сухими руслами временных оттоков р. Аягуз, промоинами и ложбинами с глубиной вреза 1,0–2,0 м, выработанными паводковыми водами. Высота поймы над урезом в реке колеблется от 1,0 до 2,0 м. Ширина русла составляет от первых метров до 20–50 м.

*Первая надпойменная терраса* шириной до 10–15 км прослеживается с обеих сторон долин р. Аягуз. Местами развиты сорово-дефляционные блюдобразные понижения, занятые солончаками, реже встречаются узкие ложбины плоскостного стока.

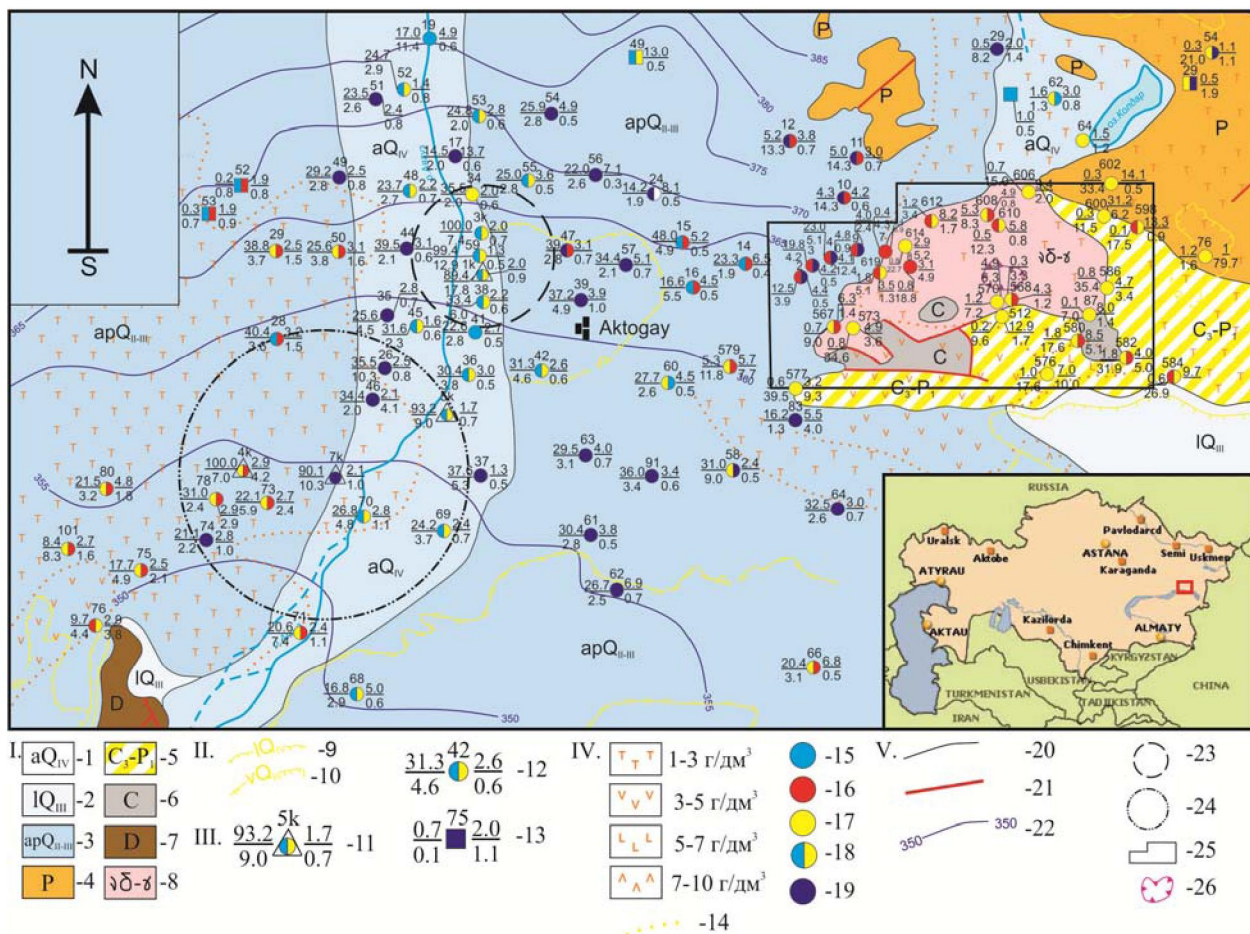


Рисунок 1 – Схематическая гидрогеологическая карта участка работ

I. Распространения водоносных горизонтов: 1 – водоносный горизонт современных аллювиальных отложений, 2 – водоносный горизонт верхнечетвертичных озерных отложений, 3 – водоносный горизонт среднечетвертичных-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений, 4 – подземные воды зоны открытой трещиноватости пермских отложений, 5 – подземные воды зоны открытой трещиноватости нерасчлененных верхнекаменноугольных-нижнепермских отложений, 6 – подземные воды зоны открытой трещиноватости каменноугольных отложений, 7 – подземные воды зоны открытой трещиноватости девонских отложений, 8 – подземные воды зоны открытой трещиноватости разновозрастных интрузивных пород кислого и среднего состава;

II. Распространение водоупорных или водонепроницаемых, но безводных пород: 9 – контур распространения современных озерных отложений, 10 – контур распространения верхнечетвертичных эоловых отложений;

III. Водоупункты: 11 – центральная скважина опытного куста, 12 – скважина, 13 – колодец.

Цифры: сверху – номер; слева в числителе – дебит, дм<sup>3</sup>/с; в знаменателе – понижение, м; справа в числителе – глубина установившегося уровня, м; в знаменателе – минерализация, г/дм<sup>3</sup>;

IV. Минерализация и химический состав воды в водоупунктах (Примечание. Без крапа оставлены участки с минерализацией до 1 г/дм<sup>3</sup>): 14 – граница вод с различной минерализацией, 15 – воды с преобладанием гидрокарбонатного иона, 16 – воды с преобладанием сульфатного иона, 17 – воды с преобладанием хлоридного иона, 18 – воды смешанные двухкомпонентные, 19 – воды смешанные трехкомпонентные;

V. Прочие знаки: 20 – границы водоносных горизонтов, 21 – разломы, 22 – гидроизогипсы первого от поверхности водоносного горизонта.

Цифры – абсолютные отметки гидроизогипс: 23 – контур Жугагашского месторождения пресных подземных вод, 24 – контур Жанарского месторождения слабоминерализованных подземных вод, 25 – площадь Актогайского рудного поля, 26 – контур карьера месторождения Актогай.

В пределах Жанарского месторождения гидрологический режим р.Аягуз характеризуется ярко выраженными паводками. В межень она пересыхает, и вода сохраняется в отдельных разобщенных плесах за счет выклинивания грунтовых вод (в южной части месторождения). Среднегодовые значения стока р.Аягуз по посту Каратас, расположенному в 18 км от месторождения составляет 3,73 м<sup>3</sup>/с.

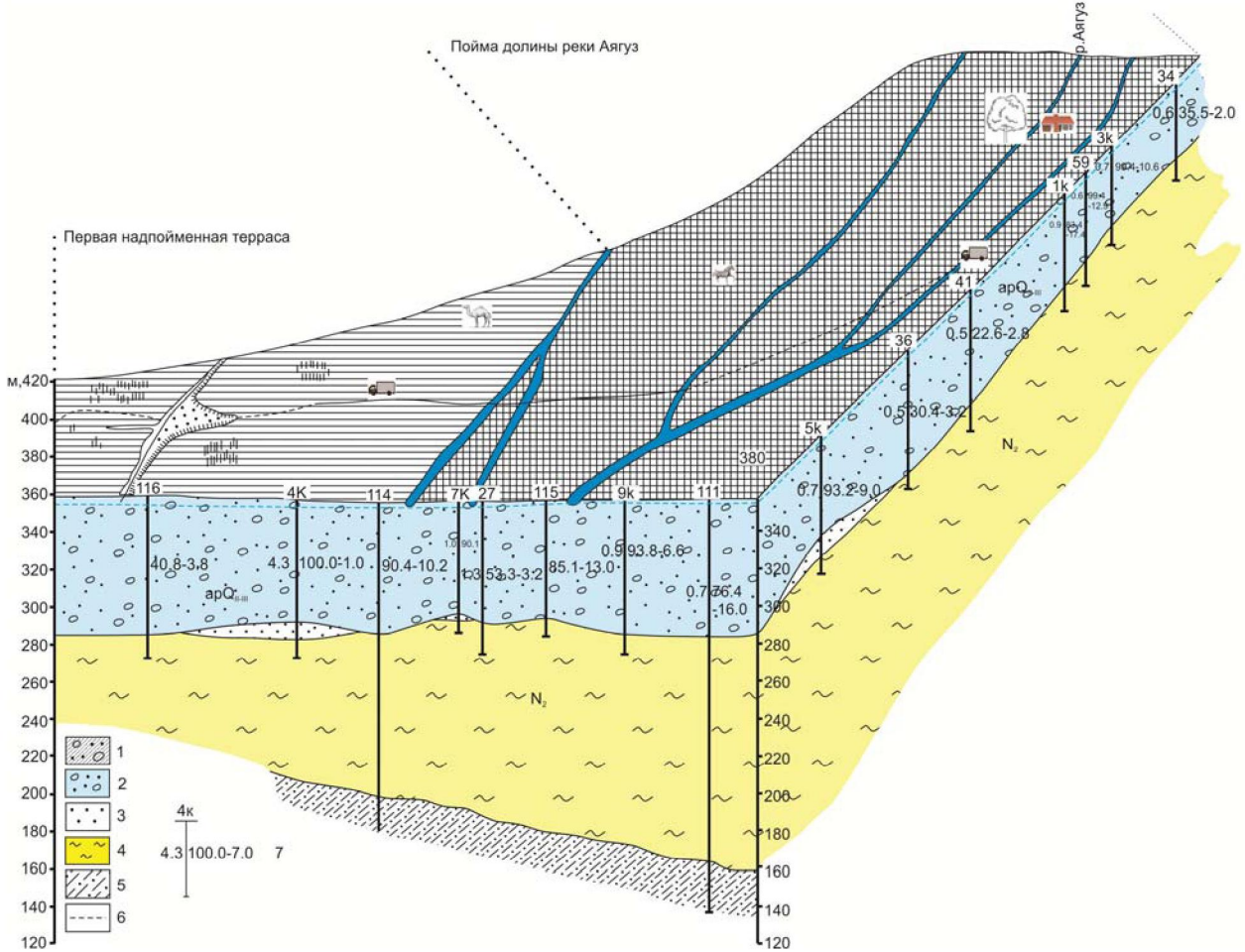


Рисунок 2 – Блок-диаграмма строения Жанарского месторождения слабоминерализованных подземных вод: 1 – суглинок с включением песка и гравия до 20%; 2 – песчано-гравийные отложения; 3 – песчаник; 4 – глина; 5 – алевропесчаник; 6 – уровень грунтовых вод; 7 – скважина. Цифры: первая с права – дебит дм³/с; вторая – понижение, м; слева – минерализация, г/дм³.

За многолетний период наблюдений отмечалось ежегодное затопление поймы. Эрозионная деятельность р. Аягуз проявляется в периоды весеннего паводка, когда происходит подмыв берегов с последующим их обрушением, местами перемылов песчано-гравийных отложений. Следствием эрозионной деятельности паводковых вод является образование меандр и рукавов. Значительная мощность песчано-гравийных отложений (до 70 м), перекрытых покровными суглинками мощностью до 2,0 м, близкое залегание уровня грунтовых вод (2–3 м) и возможность ежегодного затопления паводковыми водами р. Аягуз обуславливают неблагоприятные инженерно-геологические условия строительства водозабора [5].

Грунтовые воды современных аллювиальных отложений имеют тесную гидравлическую связь с водами нижележащего водоносного горизонта средне- и верхнечетвертичных отложений.

Водоносный горизонт среднечетвертичных-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений (арQ<sub>II-III</sub>). Подземные воды Жанарского месторождения приурочены к средне- и верхнечетвертичным аллювиально-пролювиальным отложениям юго-западной части Актогайской впадины. Оцениваемый водоносный горизонт развит повсеместно и вскрыт всеми поисковыми и разведочными скважинами [2].

В геологическом строении месторождения принимают участие современные аллювиальные, среднечетвертичные-верхнечетвертичные аллювиально-пролювиальные отложения, залегающие на водоупорных глинах верхнего неогена. Палеозойский фундамент, представленный алевролитами, аргиллитами и песчаниками карбона, вскрыт скважинами на глубинах 175–202 м.

На геоэлектрических разрезах он характеризуется как горизонт высокого сопротивления.

В пределах месторождения выделяются следующие водоносные горизонты:

1. Водоносный горизонт современных аллювиальных отложений;

2. Водоносный горизонт среднечетвертичных-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений.

Водоносный горизонт современных аллювиальных отложений ( $aQ_{IV}$ ). Современный аллювиальный водоносный горизонт прослеживается шириной до 10 км вдоль русла р. Аягуз (в пределах поймы).

По гранулометрическому составу водовмещающие породы классифицируются как песчано-гравийные с преобладанием фракции 2–10 мм. Среднее значение песчаной фракции составляет 23%, пылеватоглинистой – 4%, остальное падает на долю гравийной фракции. Степень неоднородности и сортировки водовмещающих отложений соответственно характеризуются коэффициентом от 5,6 до 8,5 и от 2,3 до 5,6.

Мощность водоносного горизонта сравнительно выдержана по площади. Величина ее увеличивается с севера на юг от 50,3 (скв. № 28) до 67,2 м (скв. № 70), а также с севера-запада на юго-восток от 65,3 (скв. № 97) до 85,6 м (скв. № 69). Наибольшее ее значение (79,4–85,6 м) характерно для участков вреза древней реки (скв. № 37, 69).

Водоупором служат пестроцветные глины верхнего неогена мощностью до 125 м (СКВ. № 7к).

Подземные воды безнапорные. Глубина залегания уровня грунтовых вод в зависимости от отметки дневной поверхности изменяется от 1,7 (СКВ. № 5к) до 3,0 м (СКВ. № 9к).

Водообильность оцениваемого водоносного горизонта в пределах месторождения изучена 24 пробными откачками, 7 опытными кустовыми откачками из опытных кустов и 5 опытными откачками из разведочно-эксплуатационных скважин. В итоге дебиты одиночных скважин, опробованных эрлифтом, колеблются от 21,4 (СКВ. № 74) до 41,9  $\text{дм}^3/\text{с}$  (СКВ. № 117) при понижениях уровня воды соответственно на 6,1 и 3,2 м. А по данным откачек из одиночных разведочно-эксплуатационных скважин, пройденных на водозаборных линиях максимальное значение дебита составила 100  $\text{дм}^3/\text{с}$  (СКВ. № 4к) и минимальное 74,4  $\text{дм}^3/\text{с}$  (СКВ. № 111) при понижениях уровня воды соответственно на 7,0 и 16,0 м.

Значение коэффициента фильтрации пород, по данным пробных откачек из одиночных скважин, колеблется от 18,1 (СКВ. № 73) до 32,9 м/сут (СКВ. № 45). Минимальные их значения (18,1–21,6 м/сут) получены из скважин, пробуренных в юго-западной части месторождения (СКВ. № 73, 74). Некоторое уменьшение фильтрационных свойств водовмещающих отложений в этом направлении объясняется преобладанием в их составе пылеватоглинистой фракции. Среднеарифметическое значение коэффициентов фильтрации по данным пробных откачек эрлифтом составляет 41,3 м/сут, водопроницаемость 2510  $\text{м}^2/\text{сут}$ , которые сопоставимы с данными, полученными по опытными кустовыми откачкам – 44,7 и 87,4  $\text{м}^2/\text{сут}$ .

Наиболее достоверные гидрогеологические параметры определены по данным кустовых откачек. Коэффициент фильтрации пород изменяется от 28 (куст 9к) до 58,4 м/сут (куст 4к), водопроницаемости – от 2020 до 3514  $\text{м}^2/\text{сут}$ , уровнепроводности – от  $1,5 \cdot 10^4$  до  $2,0 \cdot 10^4$   $\text{м}^2/\text{сутки}$ , водоотдачи от 0,15 до 0,18.

В соответствие с типизацией месторождений подземных вод Жанарское месторождение относится к I группе с периодическим питанием подземных вод за счет поглощения поверхностного стока в паводковые периоды. В меженный период эксплуатационные запасы формируются за счет осушения емкостных запасов подземных вод, а затем в период паводков происходит восполнение запасов.

Оценка эксплуатационных запасов подземных вод Жанарского месторождения, относящего к I группе, производится двумя методами: гидродинамическим и балансовым. Оценка гидродинамическим методом заключается в прогнозе понижений уровней в водозаборных скважинах при заданной производительности водозабора (388,8 тыс.  $\text{м}^3/\text{сут}$ ) на его эксплуатационный срок (10 000 сут). Оценка запасов балансовым методом заключается в определении объема подземных вод, который может быть отобран водозабором в течение эксплуатационного срока за счет сработки естественных запасов, перехвата естественных ресурсов и привлечение поверхностного стока р. Аягуз, формирующегося за пределами месторождения. При этом величина колебания уровня подземных

вод, составляющая не более 4,6% мощности водоносного горизонта, не окажет влияния на параметры, принимаемые для подсчета эксплуатационных запасов подземных вод [5].

Основными источниками формирования эксплуатационных запасов подземных вод являются: естественные (емкостные) запасы; естественные ресурсы, формирующиеся за пределами месторождения; фильтрация поверхностного стока р. Аягуз в паводковые периоды; величина транспирации с учетом ее снижения за счет уменьшения внутригрунтового испарения при образовании депрессионной воронки в процессе эксплуатации.

Площадь месторождения составляет 102 км<sup>2</sup> (при величине радиуса влияния R<sub>n</sub> равном 5700 м).

Водоносный горизонт безнапорный, глубина залегания уровня подземных вод не превышает 3,0 м; мощность водоносного горизонта выдержанная и составляет в среднем 61,2 м.

Водовмещающие породы представлены однородными песчано-гравийными отложениями. Средние значения основных фильтрационных и коллекторных свойств составляют: коэффициент фильтрации – 48,4 м/сутки; коэффициент водопроницаемости – 2950 м<sup>2</sup>/сут; удельная водоотдача 1,8·10<sup>-4</sup> м<sup>2</sup>/сут и водоотдачи 0,16.

Подземные воды месторождения имеет тесную взаимосвязь с поверхностными водами р. Аягуз;

Река Аягуз имеет периодический сток в паводковые периоды, продолжительность которых в многолетнем разрезе составляет 243 сут.

*Естественные запасы* подземных вод месторождения определяются по формуле:

$$Q_e = \mu FH, \quad (1)$$

где  $\mu$  – коэффициент водоотдачи пород, 0,16; F – площадь месторождения, 102·10<sup>6</sup> м<sup>2</sup>; H – средняя мощность водоносного горизонта 61,2 м.

При коэффициенте использования естественных запасов  $\alpha$ , равном 0,5, и периоде сработки запасов, равном 729 сут., величина естественных запасов месторождения составит 685,04 тыс.м<sup>3</sup>/сут.

*Величина естественных ресурсов* подземных вод месторождения определяется по формуле Дарси:

$$Q_e = KmBJ, \quad (2)$$

где Km – коэффициент водопроницаемости пород, 2950,5 м<sup>2</sup>/сут; B – ширина потока подземных вод (в пределах радиуса влияния водозабора) – 11 400 м; J – уклон патока, 0,0008.

При оценке эксплуатационных запасов принимается пласт как «неограниченный» по следующим причинам: водовмещающие однородные песчано-гравийные отложения Актогайской впадины распространены на первые десятки километров, а водозабор, состоящий из двух линейных поперечников, предполагается разместить в ее юго-западной части (правобережье р. Аягуз) на значительном расстоянии от границы пласта. В основании ее залегают водоупорные глины неогена мощностью до 200–250 м [3].

Оценка эксплуатационных запасов подземных вод Жанарского месторождения заключается в прогнозе понижений уровней в наиболее загруженной скважине при заданной производительности водозабора, состоящего из 25 скважин на каждом поперечнике на его эксплуатационный срок – 729 сут (маловодный ряд). Исходя из фактически полученного дебита на участке водозабора, равного 90 дм<sup>3</sup>/с, за расчетный дебит скважины принимается эта величина. Расстояние между поперечниками составляет 2000 м, скважинами 500 м.

Прогнозное понижение в центре водозабора определяется по формуле:

$$S = S_0 + \Delta S, \quad (3)$$

где  $\Delta S$  – дополнительное понижение уровня, обусловленное несовершенством скважины;

$$\Delta S = \frac{Q}{2\pi Km} \xi, \quad (4)$$

где  $\xi$  – величина фильтрационного сопротивления, определена по соотношению  $\frac{l_0}{H_0}$  и  $\frac{H_0}{r_0}$

Понижение уровня в центральной скважине ряда находится по формуле:

$$S = H - \sqrt{H^2 - \frac{1}{\pi K} \{Q_{сум} \ln R_n - Q [\ln r_1 + \ln r_2 + \dots \ln r_n]\}}, \quad (5)$$

где R<sub>n</sub> – радиус влияния водозабора, м; r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub>, ..., r<sub>n</sub> – расстояние от наиболее нагруженной скважины до скважин ряда, м.

**Выводы.** Прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод Жанарского месторождения оцениваются в количестве 801,1 тыс.м<sup>3</sup>/сут (9,27 м<sup>3</sup>/с) и формируется за счет естественных запасов (685,04 тыс.м<sup>3</sup>/сут); естественных ресурсов, формирующихся за пределами месторождения (26,9 тыс.м<sup>3</sup>/сут); поглощения стока р. Аягуз в паводковые периоды, почти ежегодно обеспечивающегося восполнения естественных запасов (399,17 тыс.м<sup>3</sup>/сут).

Таким образом, подсчитанные эксплуатационные запасы подземных вод в количестве 388,8 тыс.м<sup>3</sup>/сут (4500 дм<sup>3</sup>/с) надежно обеспечены.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Жапарханов С.Ж.б Ерікұлы Ж., Об условиях формирования и режиме подземных вод Актогайского медно-рудного района // Труды Междунар. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы гидрогеологии и инженерной геологии на современном этапе». – Алматы: КазНТУ, 2013. – С. 62-64.

[2] Ерікұлы Ж. Гидрогеологические условия Актогайского района // Междунар. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы гидрогеологии и инженерной геологии на современном этапе». – Алматы: КазНТУ, 2013. – С. 64-68.

[3] Плотников Н.И. Водоснабжение горнорудных предприятий. – Л.: Госгортехиздат, 1959. – С. 25-27.

[4] Камалиев К.А. и др. Результаты детальной разведки Жанарского слабоминерализованных подземных вод для технического водоснабжения Актогайского ГОКа. – Алма-Ата, 1982. – С. 50-54, 65-70.

#### REFERENCES

[1] Zhaparhanov S.Zh.b Yerikuly Zh. About conditions for the formation and operation of groundwater of Aktogay copper ore district // Proceedings of the Intern. Scient. Conf. "Actual problems of Hydrogeology and Engineering Geology at the present stage". Almaty: KazNTU, 2013. p. 62-64. (in Russ.).

[2] Yerikuly Zh. Hydrogeological conditions of Aktogay area. Proceedings of the Intern. Scient. Conf. "Actual problems of Hydrogeology and Engineering Geology at the present stage". Almaty: KazNTU, 2013. p. 64-68. (in Russ.).

[3] Plotnikov N.I. Water supply of mining enterprises. L.: Gosgortehizdat, 1959. p. 25-27. (in Russ.).

[4] Kamaliev K.A., et al. The results of detailed exploration of the Zhanar brackish groundwater for technical water supply of Aktogai mining and processing plant. Alma-Ata, 1982. p. 50-54, 65-70. (in Russ.).

### АҚТОҒАЙ ТБК ТЕХНИКАЛЫҚ СУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН АЗ МӨЛШЕРДЕ МИНЕРАЛДАНҒАН ЖАНАР ЖЕРАСТЫ СУ КЕН ОРНЫНЫҢ ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ

**Ж. Ерікұлы**

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** мыскен ауданы, тауккен байыту кәсіпорыны, жер асты су сапасы, сумен жабдықтау.

**Аннотация.** Жанар жерасты су кен орнының болжамалы эксплуатациялық қоры 801,1 мын.м<sup>3</sup>/тәл. бағаланады және табиғи қорларлардың арқасында қалыптасады; кенорының сыртында қалыптасатын табиғи ресурстардың арқасында; Аягөз өзені суының жерастына өтуінен қорытылады.

Поступила 07.04.2015 г.