

Таблица 5

Содержание микроэлементов в подземных вод
наблюдательных скважин площадки кучного
выщелачивания золота

Дата	Hg	Pb	Co	Zn	Mn	Fe	Cu
	мкг/л						
16.01.2007	2,22	<0,5	48,0	10,0	13,0	460	<1
28.02.2007	2,4	<1	60,0	<1	<1	216	3,6
19.03.2007	0,087	6,4	<1	6,6	55	250	4,0
24.04.2007	2,0	<1	14	4,6	44	725	1,6
29.05.2007	0,36	<1	<1	23	61	1300	2,3
19.06.2007	0,74	<1	6,9	9,8	26	420	<1
30.07.2007	1,2	<1	<1	12	47	660	1,5
28.08.2007	0,6	<1	8,7	4,9	19	796	<1
25.09.2007	0,07	6,0	<1	13	15	750	5,9
22.10.2007	2,0	<1	26	1,1	7,2	707	<1
18.11.2007	1,9	<1	24	<1	25	1070	<1
21.12.2007	1,6	<1	24	<1	13	380	<3
ПДК[3]	0,5	30	100	1000	160	300	1000

Выводы:

1. Содержание микроэлементов в р. Ложенка не превышает санитарно-гигиенических нормативов и соответствует фоновой концентрации в незагрязненных поверхностных водах.

2. Несколько повышенное содержание Hg, Mn и Fe в подземных водах на площадке кучного выщелачивания не связано с влиянием производства, а обусловлено воздействием геохимически сопряженного рудного поля.

4. Уровень концентрации микроэлементов в воде родника «Лисицинский-1» также нет превышений санитарно-гигиенических нормативов.

3. Соблюдение природоохранных мероприятий и постоянный экологический контроль предотвращают загрязнение подземных и поверхностных вод экотоксикантами.

Библиографический список

1. Перельман, А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман. — М.: Высш. школа, 1975. — 342 с.
2. Кирюхин, В.А. Гидрогеохимия: Учеб. для вузов. / В.А. Кирюхин, А.И. Коротков, С.Л. Шварцев. — М.: Недра, 1993. — 384 с.
3. Беспамятов, Г.Н. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. / Г.Н. Беспамятов, Ю.А. Коротков. — Л.: Химия, 1985. — 528 с.
4. Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: Кн. 4: главные d-элементы / В.В. Иванов. — М.: Экология, 1996. — 407 с.
5. Шварцев, С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С.Л. Шварцев. — М.: Недра, 1978. — 288 с.
6. Сапрыкин, А.В. Ртуть в озере Байкал: история вопроса и современные представления / А.В. Сапрыкин, В.В. Вижин // Химия в интересах устойчивого развития. — 1995. — Т. 3, №1-2. — С. 119-125.
7. Сухенко, С.А. Ртуть в бассейне реки Катунь: пример проявления природного источника загрязнения / С.А. Сухенко // Химия в интересах устойчивого развития. — 1995. — Т. 3, №1-2. — С. 127-141.
8. Панин М.С. Химическая экология.: Учебник для вузов / Под ред. Кудайбергенова С.Е. — Семипалатинский государственный университет имени Шакарима. — Семипалатинск, 2002. — 852 с.
9. Мальгин, М.А. Биогеохимия элементов в Горном Алтае / М.А. Мальгин. — Новосибирск, Наука, 1978. — 272 с.
10. Крайнов, С.Р. Гидрогеохимия / С.Р. Крайнов, В.М. Швец. — М.: Недра, 1992
11. Ильин, В.Б. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов (марганец, медь, молибден, бор) в южной части Западной Сибири / В.Б. Ильин. — Новосибирск: Наука, 1973. — 392 с.

Статья поступила в редакцию 17.01.07.

УДК 556.552

В.П. Галахов, канд. геолог. наук, доцент,
с.н.с. ИВЭП СО РАН, г. Барнаул

ВОДНЫЙ БАЛАНС ОЗЕРА МАНЖЕРОК

Рассмотрены средние, многолетние составляющие водного баланса озера Манжерок.

Ключевые слова: водный баланс, гидрология, озеро Манжерок

Уравнение водного баланса сточного озера имеет вид [3]:

$$V_{\text{пов.}} + V_{\text{подз.}} + V_{\text{осадков}} - V_{\text{стока}} - V_{\text{подз.стока}} - V_{\text{испар.}} \pm V = 0, \quad (1)$$

где: $V_{\text{пов.}}$ — поверхностный приток, $V_{\text{подз.}}$ — подземный приток, $V_{\text{осадков}}$ — осадки на поверхность водоема, $V_{\text{стока}}$ — поверхностный сток, $V_{\text{подз.стока}}$ — подземный сток, $V_{\text{испар.}}$ — испарение с водной поверхности или конденсация, V — изменение объема водоема.

Все члены уравнения водного баланса рассчитываются в объемах воды (м^3). В случае если составляющие водного баланса рассчитываются в слое воды, в уравнение вводится зависимость, изменения площади озера от уровня стояния его зеркала, и все состав-

ляющие рассчитываются применительно к площади водоема. Несмотря на кажущуюся простоту уравнения водного баланса, расчет его отдельных составляющих весьма сложен и может быть подвержен значительным ошибкам [4]. Все зависит от конкретно решаемой задачи. В нашем случае мы рассматриваем современные составляющие среднего, многолетнего водного баланса.

Рассмотрим расчет отдельных составляющих уравнения водного баланса и ошибки, появляющиеся в результате расчетов.

Поверхностный приток. Прямых наблюдений за поверхностным стоком не проводилось. Для оценки сред-

него, многолетнего слоя стока обратимся к возможным бассейнам – аналогам, по которым имеются материалы прямых наблюдений (табл. 1).

Таблица 1
Характеристики бассейнов-аналогов
(среднегогодуемый сток, мм) [5]

Река-пост	S, км ²	H, м	h _{среднегодовой}	h _{половодья}
Едиган-Едиган	210	1350	295	128
Сема-Шебалино	500	1450	240	143
Майма-Майма	780	670	350	158
Чапша-Красногорское	856	390	336	239
Сараса-Сараса	244	740	213	65

Географически близкими бассейнами являются бассейны рек Маймы, Чапши и Сарасы. Эти три бассейна не только близки к исследуемому району географически, но они удовлетворительны и по физико-географическим условиям (низкогорные бассейны). Два первых бассейна расположены в среднегорье, причем бассейн Семы ориентирован преимущественно на север (также как и долина Катунь, в которой находится объект исследования), а бассейн Едигана располагается на наветренном склоне хребта Куминские белки и ориентирован преимущественно на запад. Поэтому в своих исследованиях бассейн Едигана мы учитывать не будем (рис.1), т.к. на наветренном склоне общее увлажнение будет больше.

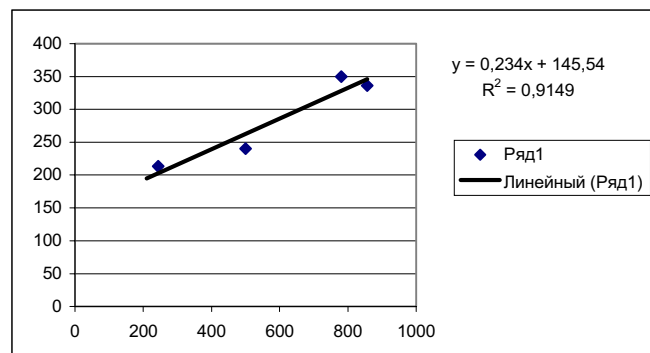


Рис. 1. Зависимость среднего многолетнего слоя стока (мм, вертикальная ось) от площади водосбора (км², горизонтальная ось)

Зависимость среднего многолетнего слоя стока от абсолютной высоты по бассейнам – аналогам имеет коэффициент корреляции 0,45. Причем зависимость наблюдается обратная: чем больше средняя высота водосбора, тем меньше годовой сток.

Поскольку область питания озера Манжерок (включая озеро) составляет 9,5 км², необходимо выяснить как будут вести себя подобная зависимость если площадь водосбора будет составлять около одного десятка квадратных километров, а не сотни. Малых водосборов в соответствующих физико-географических условиях нет, поэтому обратимся к Прителецкому району.

Таблица 2
Характеристики бассейнов Прителецкого района
(среднегогодуемый сток, мм) [5]

Река-пост	S, км ²	H, м	h _{среднегодовой}	h _{половодья}
Чеченёк-Яйлю	14,8	820	743	128
Кокши-Кокши	472	1550	968	143
Клык-Бийка	83,0	890	771	158

Для анализа используем реки с площадью водосбора не более 1000 км² (табл. 2, рис. 2). Как видим, полученная зависимость прямолинейна и ввода соответствующего редуцированного коэффициента (как это наблюдается на равнинных реках) не требуется.

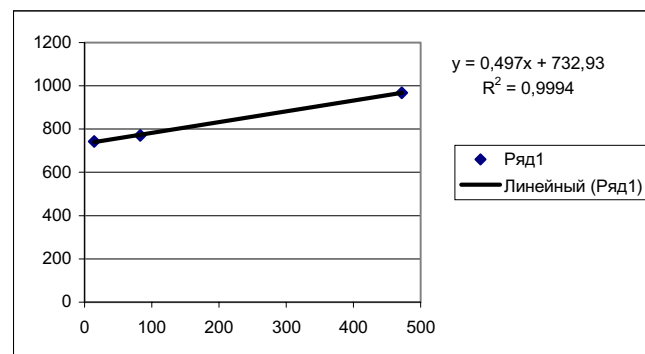


Рис. 2. Зависимость среднего многолетнего слоя стока (мм, вертикальная ось) от площади водосбора (км², горизонтальная ось) в Прителецком районе

В соответствии с полученной зависимостью (см. рис. 1) средний, многолетний слой стока в бассейне питания озера Манжерок будет равен 148 мм. На примере выбранных бассейнов – аналогов (см. табл. 1) рассмотрим внутригодовое распределение стока (табл. 3).

Таблица 3
Внутригодовое распределение среднего многолетнего стока
бассейнов-аналогов ([5], собственные расчеты)

Река-пост		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сема-Шебалино	м ³ /сек %	0,83 1,9	0,57 1,3	0,73 1,7	3,26 7,4	7,54 17,2	8,17 18,7	6,55 15,0	5,00 11,4	4,27 9,7	2,98 6,8	2,50 5,7	1,41 3,2
Майма-Майма	м ³ /сек %	2,51 2,4	2,14 2,1	3,68 3,5	30,8 29,5	18,8 18,0	9,84 9,4	7,38 7,1	7,39 7,1	6,37 6,2	7,03 6,7	4,95 4,7	3,35 3,3
Чапша-Красногорское	м ³ /сек %	1,27 1,2	0,96 0,9	1,21 1,1	44,6 41,6	31,0 28,9	5,20 4,9	2,27 2,1	4,08 3,8	2,53 2,4	7,07 6,6	5,02 4,7	1,92 1,8
Сараса-Сараса	м ³ /сек %	0,84 4,3	0,84 4,3	1,04 5,3	4,11 21,0	3,17 16,2	1,80 9,2	1,45 7,4	1,58 8,1	1,27 6,5	1,41 7,2	1,16 5,9	0,91 4,6

Для моделирования внутригодового распределения стока в качестве бассейна – аналога примем распределение в бассейне р. Сараса – п. Сараса. Этот бассейн имеет наименьшую площадь и среднюю высоту водосбора соизмеримую с исследуемым бассейном питания озера Манжерок (570 м). Бассейн Семы имеет среднюю высоту водосбора 1450 м, что существенно выше, поэтому полноводье сдвинуто с апреля на май. Бассейн Чапши ориен-

тирован на юг, поэтому характеризуется резким снеготаянием и стоком в период апреля. Бассейн Маймы имеет примерно такое же внутригодовое распределение стока, как и бассейн Сарасы, но он характеризуется значительной водосборной площадью (780 км²). Общий объем поверхностного притока в озеро Манжерок должен составлять в среднем около 1360 тыс. м³ в год.

Таблица 4

Внутригодовое распределение среднего многолетнего поверхностного стока в бассейне питания озера Манжерок

Река-пост		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сараса-Сараса	%	4,3	4,3	5,3	21,0	16,2	9,2	7,4	8,1	6,5	7,2	5,9	4,6
Бассейн озера Манжерок	мм	6,4	6,4	7,8	31,1	24,0	13,6	11,0	12,0	9,6	10,7	8,7	6,7
	тыс. м ³	58,2	58,2	71,0	295,4	218,4	123,8	100,1	109,2	87,4	97,4	79,2	61,0

Подземный приток и отток. Пожалуй, это наиболее трудно оцениваемые составляющие водного баланса. Как правило, подземный приток (в горах это грунтовые воды) рассчитывается как остаточный член уравнения. Поскольку в нашем случае подавляющая часть водосборного бассейна питания озера Манжерок имеет значительные уклоны, будем считать, что грунтовые воды быстро выклиниваются в речную сеть и стекают с поверхностным стоком. Таким образом, этот источник питания озера мы вынуждены принять равным нулю.

Подземный отток мы также, к сожалению, вынуждены принять равным нулю, поскольку никаких экспери-

ментальных материалов по его оценке нет. Единственное, что стоит отметить, это то, что скорость грунтовых вод напрямую зависит от уклона, а уклоны на выходе из озера весьма малы по сравнению со склонами водосборного бассейна. Скорее всего, эти величины будут не более ошибки расчетов поверхностного стока, осадков на акваторию озера и испарения с акватории озера.

Осадки на поверхность водоема. В наших расчетах осадки принимались равными средним многолетним осадкам по ближайшей метеорологической станции Кызыл-Озек (табл. 5).

Таблица 5

Средние многолетние температуры воздуха и осадки ГМС Кызыл-Озёк (Н = 331 м) [8,9]

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Т, °С	-15,9	-15,1	-9,1	1,0	10,5	15,9	18,0	15,7	9,8	2,4	-7,7	-13,5
Х, мм	26	23	36	56	85	110	110	102	74	70	61	42

Поскольку озеро имеет небольшую площадь, редуционный коэффициент на уменьшение осадков над водной поверхностью (как это рекомендуется в [4]) не вводился. Твердые осадки на поверхность озера учиты-

ваются нами при расчетах поверхностного стока. Объемы воды на водную поверхность будем рассчитывать лишь за теплый период: с апреля по октябрь (табл. 6).

Таблица 6

Средние многолетние объемы воды, поступающие на поверхность озера Манжерок (0,38 км²) от жидких осадков (тыс. м³)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V _{осадков}	0	0	0	21,3	32,3	41,8	41,8	38,8	28,1	26,6	0	0

Испарение с водной поверхности. Выше были рассмотрены величины приходных составляющих в озеро. Расходными составляющими для озера Манжерок являются испарение с поверхности озера и сброс части вод в Катунь. Однако, сброс воды наблюдается лишь при высоком уровне зеркала озера: в период половодья.

Можно найти множество (смотри, например, [2,3]) различных расчетных формул и зависимостей для расчета испарения с водной поверхности. Однако во всех этих формулах кроме температуры воздуха используется, как минимум, скорость ветра и давление водяного пара. Подобные расчетные формулы нам не подойдут в силу своей сложности и невозможности оценить большую часть характеристик (скорость ветра, давление водяного пара). Поэтому для своих расчетов нам более пригодны графики расчета испарения с поверхности воды, снега и льда в зависимости от температуры воздуха, разработанные А.Майером [1]. Так как, абсолютная высота ГМС Кызыл-Озек (331 м) отличается от абсолютной

высоты зеркала озера (373 м), температуры теплого периода (с мая по сентябрь) уменьшались исходя из высотного градиента 0,5 град./100 м. Графики были аппроксимированы соответствующими уравнениями.

Для ноября, декабря, января, августа, сентября, октября –

$$E = 29,650 + 2,667 \cdot T_{\text{ср.мес.}} + 0,063 \cdot T_{\text{ср.мес.}}^2 \quad (2)$$

Для февраля, марта, апреля –

$$E = 41,409 + 4,222 \cdot T_{\text{ср.мес.}} + 0,064 \cdot T_{\text{ср.мес.}}^2 \quad (3)$$

Для апреля, мая, июня, июля –

$$E = 28,340 + 1,618 \cdot T_{\text{ср.мес.}} + 0,109 \cdot T_{\text{ср.мес.}}^2 \quad (4)$$

Также как и для расчета объемов воды поступающих в озеро от выпадения жидких осадков, испарение с водной поверхности будем рассматривать лишь для теплого периода: с апреля по октябрь (табл. 7). В зимний период испарение учитывается косвенно при расчете талого стока.

Таблица 7

Средние многолетние объемы воды испаряющиеся с поверхности озера Манжерок (0,38 км²) в теплый период (тыс. м³)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T, °C	-15,9	-15,1	-9,1	0,8	10,3	15,7	17,8	15,5	9,6	2,2	-7,7	-13,5
h _{испар.} мм	-	-	-	29,7	56,6	80,6	91,7	86,1	61,1	35,8	-	-
V _{испар.}	-	-	-	11,3	21,5	30,6	34,8	32,7	23,2	13,6	-	-

Расчеты по графикам А. Майера проверялись на Бурлинских озерах. Материалы наших расчетов (по графикам А. Майера) показали, что среднее испарение должно составлять около 500 мм, по расчетам «АЛТАЙВОДПРО-

ЕКТА» — 540 мм. Причем, «АЛТАЙВОДПРОЕКТОМ» для расчетов использовались данные по ГМС Бурла и применялась более сложная формула оценки испарения [10, с. 125].

Обсуждение полученных результатов

Рассмотрим водный баланс озера Манжерок (табл. 8) без учета транспирации высшей водной растительности.

Таблица 8

Водный баланс озера Манжерок при высотной отметке 373 м.абс, площади зеркала 0,38 км², средних, многолетних температурах воздуха и средне-месячных осадках, в тыс. м³

Месяц	V _{пов.}	V _{осадков}	V _{испар.}	±V
11	79,2	0	0	79,2
12	61,0	0	0	61,0
1	58,2	0	0	58,2
2	58,2	0	0	58,2
3	71,0	0	0	71,0
4	295,4	21,3	11,3	305,4
5	218,4	32,3	21,5	229,2
6	123,8	41,8	30,6	135,0
7	100,1	41,8	34,8	107,1
8	109,2	38,8	32,7	115,3
9	87,4	28,1	23,2	92,3
10	97,4	26,6	13,6	110,4
Сумма	1359,3	230,7	167,7	1422,3

Как видно из предыдущих расчетов сумма осадков за теплый период (607 мм) несколько больше испарения также за теплый период (442 мм). Но в данной схеме расчета мы не учитывали транспирацию растительности.

Для зарастающих водоемов транспирация высшей водной растительностью для отдельных лет может достигать 50 % испарения с водной поверхности [6]. Но это в случае значительного покрытия прибрежной полосы растительностью: тростником и камышами. Для этого же озера (озеро Чаны) В.М.Савкин с соавторами поправку на транспирацию принял равной 12 % [7]. Мы считаем, что для озера Манжерок, поскольку это весьма малый водоем и интенсивно зарастающий высшей водной растительностью, поправку на транспирацию необходимо принять равной 50 % испарения с открытой водной поверхности.

Таким образом суммарное испарение для озера Манжерок будет составлять 252 тыс. м³, и ±V будет не 1422 тыс м³, а 1338 тыс. м³.

Библиографический список

- 1.Апполов, Б.А. Учение о реках / Б.А. Апполов. — М.: Изд-во МГУ, 1963. — 424 с.
- 2.Братсерт, У.Х. Испарение в атмосферу. Теория, история, приложения / У.Х. Братсерт. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985. — 352 с.
- 3.Викулина, З.А. Водный баланс озер и водохранилищ Советского Союза / З.А. Викулина. — Л.: Гидрометеоиздат, 1979. — 176 с.
- 4.Грани гидрологии / Под ред. Дж.К. Рода. — Л.: Гидрометеоиздат, 1980. — 448 с.
- 5.Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1. Выпуск 10. — Л.: Гидрометеоиздат, 1984. — 492 с.
- 6.Пульсирующее озеро Чаны. — Л.: Наука, 1982. — 304 с.
- 7.Савкин, В.М. Современный водный баланс бессточного озера Чаны / В.М. Савкин, Г.А. Орлова, О.В. Кондакова // География и природные ресурсы. — 2006. — №1. — С. 123-131.
- 8.Справочник по климату СССР. Выпуск 20, Часть II. Температура воздуха и почвы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1965. — 378 с.
- 9.Справочник по климату СССР. Выпуск 20, Часть IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. — Л.: Гидрометеоиздат, 1969. — 370 с.
- 10.Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Бурла на территории Алтайского края и Новосибирской области. Книга 1. Часть 2. — Барнаул: Алтайводпроект, 2003. — 228 с.

Статья поступила в редакцию 17.01.08.