

УДК.556.512

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВОДНОГО БАЛАНСА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА ПАРАМУШИР, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА

© 2008 Е.Г. Калачева

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006;
e-mail: keg@kscnet.ru*

На основе метода водного баланса, для северной части о. Парамушир, северные Курильские острова, дана предварительная оценка количества инфильтрационного питания подземных вод. На пополнение их запасов ежегодно поступает около 400 мм/год атмосферных осадков, что составляет 13% от их общего количества. Детальные воднобалансовые расчеты показали неравномерное распределение по площади областей питания и разгрузки подземных вод. Значительные очаги разгрузки подземных вод выявлены в бассейнах крупных рек восточного склона хребта Вернадского. На этих участках избыток влаги составляет 9%-26%, в расчете от среднемноголетнего значения количества осадков. Полученные данные согласуются с геолого-гидрогеологическими условиями района.
Ключевые слова: водный баланс, подземные воды, Парамушир, Курильские острова.

Для определения условий питания подземных вод существуют разные методы, среди которых наиболее простым и не требующим больших дополнительных гидрогеологических и геологических исследований является метод водного баланса. Основная сложность при использовании этого метода заключается в составлении достаточно простого уравнения водного баланса для конкретного региона. Б.И. Куделиным (1960) было предложено наиболее удачное решение этого вопроса, основанное на изучении водного баланса за многолетний период для замкнутых речных бассейнов.

Целью данной работы является определение областей питания и разгрузки подземных вод на территории северной части острова Парамушир (Курильские острова) на основе данных гидрометеослужбы г. Северо-Курильска, результатов гидрометрических работ, выполненных с участием автора в 2001-2005 гг.

ОБЩАЯ И ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

Остров Парамушир является наиболее крупным островом Большой Курильской гряды. Общая площадь его составляет 2042 км². Остров вытянут с юго-запада на северо-восток более чем на 100 км, при средней ширине 20-25 км.

Наибольшим превышением над уровнем моря обладает вершина вулкана Чикурачки (1816 м).

Для острова Парамушир характерен горный рельеф денудационно-тектонического, вулканического и вулканогенно-денудационно-тектонического происхождения (Мелекесцев, 1974). В пределах острова расположены 12 вулканов четвертичного возраста, четыре из которых являются действующими. Вулканические постройки сливаются своими основаниями и образуют вытянутые вдоль острова хребты Вернадского, Карпинского, Левинсона-Лессинга.

Исследуемый район занимает северную часть острова и пространственно совпадает с вулканической частью хребта Вернадского (рис. 1). Он протягивается в субмеридиональном направлении от г. Ветреной на севере до г. Вернадского на юге, и имеют общую длину около 24 км. Вершина г. Вернадского, находящаяся на высоте 1180 м над уровнем моря, является высшей точкой одноименного хребта. Остальные вершины редко превышают отметку 1150 м, при этом высоты перевалов не опускаются ниже 950-1000 м.

Северная часть острова Парамушир сложена породами, имеющими возраст от раннемиоценового до современного. Фундаментом являются вулканогенно-осадочные породы охотской ($N_1^3-N_2^3$) и океанской (N_2^{2-3}) свит, которые прорывают дайки, силлы, субвулканические тела, имеющие, в основном, андезитовые

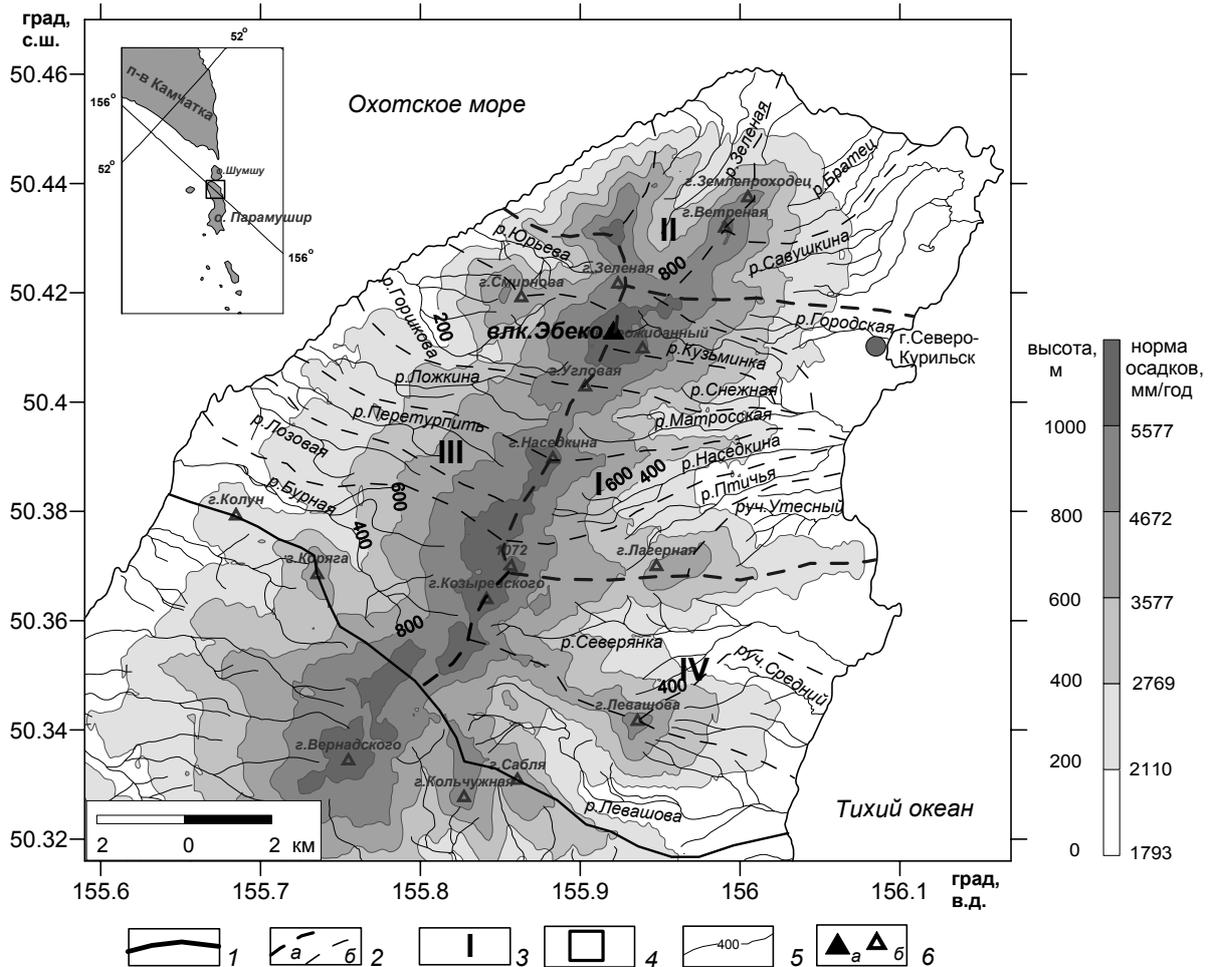


Рис. 1. Воднобалансовые участки и изогипсы северной части острова Парамушир. Условные обозначения: 1 – граница района; 2 – границы воднобалансовых участков (а) и речных бассейнов (б); 3 – воднобалансовые участки: I – Восточный, II – Северный, III – Западный, IV – Южный; 4 – район исследования (на врезке); 5 – изогипсы; 6 – вулканы: а – действующий, б – потухшие.

базальтовый состав. На отложениях охотской и океанской свит залегают лавы андезитов и базальтов позднеплиоцен – среднеплейстоценового возраста. Вулканы четвертичного возраста образуют крупную вулканотектоническую структуру, в недрах которой в течение длительного времени происходила миграция магматического расплава андезито-базальтового состава (Белоусов и др., 2002). Действующий вулкан Эбеко, характеризуется фреатическим типом извержений (Мелекесцев и др., 1993).

Остров Парамушир является частью Курильской гидрогеологической складчатой области (Голубовский, 1972), Геологическое строение и рельеф накладывают отпечаток на условия формирования и распределения подземных вод. Активный вулканизм и процессы гидротермального метаморфизма также влияют на гидрогеологию района. Так на геохимических барьерах происходит осаждение минеральных соединений, влекущее за собой кольматацию водопроводящих каналов и формирование локальных водоупорных толщ.

Водоносные горизонты и комплексы северной части острова формируются в соответствии с многоярусным строением района, обусловленном сложным переслаиванием лавовых потоков, наличием дочетвертичного фундамента и морских террас. Распространены трещинные и трещинно-жильные напорные воды вулканогенно-осадочных пород неогенового возраста и поровые, порово-пластовые и трещинные грунтовые воды в вулканогенных и осадочных породах четвертичного возраста. Отсутствие региональных водоупорных толщ на исследуемой территории позволяет рассматривать водоносные горизонты в виде единой, гидравлически связанной водоносной системы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Уравнение водного баланса для отдельно взятого замкнутого речного бассейна за многолетний период, предложенное Б.И. Куделиным (1960), имеет вид:

$$X = Y + Z \pm W, \quad (1)$$

где X – среднееголетнее значение осадков, мм/год; Y – среднееголетнее значение стока, мм/год; Z – среднееголетнее значение испарения, мм/год; W – среднееголетняя инфильтрация в глубокие водоносные горизонты в области питания (+) или величина глубинного стока в области разгрузки подземных вод (-), мм/год.

Решая уравнение (1) относительно W , можно оценить величину естественных ресурсов подземных вод. Для этого необходимо разбить исследуемый район на воднобалансовые участки и оценить основные расчетные элементы воднобалансового уравнения (1) для каждого участка, включающие средние многолетние величины атмосферных осадков, речного стока, суммарного испарения.

ВОДНОБАЛАНСОВЫЕ УЧАСТКИ

В северной части о. Парамушир, общей площадью 270 км², выделены четыре крупных воднобалансовых участка (рис. 1). Одним из критериев их выделения является степень изученности речных бассейнов. На острове отсутствует сеть водомерных постов, и гидрометрические работы проводились на разных реках, в основном, эпизодически в летнюю межень. Исключение составляют реки, расположенные вблизи г. Северо-Курильска, на которых в период 2001-2005 гг. проводилась подекадная гидрологическая съемка, включающая

в себя замеры расходов рек. Бассейны этих рек входят в воднобалансовый участок Восточный (рис. 1). На участках Западный, Северный и Южный гидрометрические работы проводились только в летнюю межень 2001-2005 гг. (разовые замеры). Поэтому для этих участков можно дать только общую оценку речного стока.

Для детального изучения условий питания подземных вод крупные участки разделены на более мелкие воднобалансовые участки, соответствующие речным бассейнам.

Реки района относятся к бассейнам Охотского моря и Тихого океана, и их долины имеют субширотное и северо-западное простирание. Основным водоразделом служит хребет Вернадского, он же определяет ориентировку долин рек в широтном направлении. Реки района имеют каньонобразные долины, порожистые, с многочисленными водопадами. В устьевых зонах развиты аллювиальные равнины. Исключение составляют реки северо-восточной части, например р. Савушкина, имеющие пологий продольный профиль и относительно спокойное течение.

Всего в районе имеется более 25 рек и ручьев протяженностью от 3 до 15 км с множеством более мелких притоков. На склонах вулканов широко распространены сухие реки, временные водотоки, имеющие эпизодический сток. В табл. 1 приведены основные характеристики рек, используемые в расчетах.

Таблица 1. Основные характеристики рек северной части о-ва Парамушир

Река, ручей	Площадь водосбора, км ²	Длина, км	Общее падение, м	Средний уклон	Расход, м ³ /с	Модуль речного стока, л/с·км ²
<i>Участок Восточный</i>						
Утесный	7.7	3.5	140	0.02	0.5	62.7
Птичья	12.9	7.4	540	0.08	1.9	145.2
Наседкина	13.3	8.9	800	0.09	1.4	106.8
Матросская	11.7	8.8	800	0.06	1.4	120.1
Кузьминка	6.0	8.4	1056	0.12	0.7	115.9
Снежная	3.7	3.6	250	0.07	0.3	93.4
Альперина	4.0	3.2	150	0.02	0.2	52.5
Городская	6.7	5.7	800	0.03	0.8	80.0
<i>Участок Северный</i>						
Савушкина	23.8	11.4	800	0.04	1.3	55.8
Братец	13.8	4.5	450	0.06	0.7	56.2
Зеленая	23.3	7.0	500	0.01	1.7	70.9
<i>Участок Западный</i>						
Бурная	28.1	11.8	900	0.08	2.2	77.9
Лозовая	11.3	8.3	800	0.09	0.7	65.4
Перетурпуть	10.1	8.2	750	0.09	0.8	76.6
Ложкина	12.2	8.6	700	0.08	1.0	78.7
Горшкова	17.0	7.6	600	0.08	1.6	101.9
Юрьева	9.2	4.3	550	0.13	0.9	99.9
<i>Участок Южный</i>						
Северянка	29.0	7.8	860	0.04	3.1	107.8
Средний	13.1	3.3	550	0.09	0.8	60.6
Левашова	29.0	8.7	700	0.07	3.2	111.5

Таблица 2. Среднемесячные значения метеорологических параметров по данным ГМС «Северо-Курильск» и расчетные величины суммарного испарения с поверхности суши

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средне- годовое значение	Сумма за год, мм
Осадки, мм	152.4	116.9	131.2	134.0	131.1	100.8	137.5	135.3	162.2	275.0	231.2	166.2	149.4	1793
Температура воздуха, °С	-4.4	-4.8	-2.9	-0.4	2.5	6.6	9.8	11.6	10.1	6.2	1.0	-2.5	2.7	-
Скорость ветра, м/сек	4.9	5.2	5.5	4.5	3.4	2.7	2.1	2.4	3.1	4.0	4.5	4.6	3.9	-
Недостаток насыщения	1.19	1.06	1.20	1.35	1.76	1.31	1.11	1.77	2.61	2.17	1.74	1.52	1.41	-
Испарение с поверхности суши, мм	13	12	18	30	25	28	55	65	60	40	20	15	32	381

Таблица 3. Поправочные коэффициенты и количество атмосферных осадков за год в разных высотных зонах

Высота, м	Поправочный коэффициент	Приращение высоты, м	Атмосферные осадки, мм/год
23			1793
100	1.07	77	1922
200	1.10	100	2110
300	1.16	100	2440
400	1.14	100	2769
500	1.13	100	3137
600	1.14	100	3577
700	1.14	100	4063
800	1.15	100	4672
900	1.15	100	5378
1000	1.04	100	5577

РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДНОГО БАЛАНСА

Расчет средней многолетней величины атмосферных осадков (X). На о. Парамушир преобладает морской климат. Основными переносчиками влаги на исследуемой территории являются воздушные течения со стороны Охотского моря и Тихого океана. Избыток влаги оказывает значительно влияние на климатические условия острова. Результатом этого влияния является продолжительная холодная зима с частыми метелями, прохладное влажное туманное лето. Среднемноголетнее количество осадков по данным ГМС «Северо-Курильск» за период 1986 - 2006 гг. (табл. 2) составляет 1793 мм/год. Эта величина относится к высоте 23 м над уровнем моря (высота расположения полигона ГМС). Район исследования занимает территорию с абсолютными отметками от 0 м (береговая зона) до 1180 м (вершина г. Вернадского). С увеличением высоты местности закономерно увеличивается количество осадков. Их величины на различных высотных отметках являются неизвестными. Поскольку специализированных работ по высотному распределению атмосферных осадков на исследуемой территории не проводилось, то при расчетах были введены поправочные коэффициенты (табл. 3), рассчитанные по графику за-

висимости изменения количества атмосферных осадков с высотой для Камбального хребта, Южная Камчатка, расположенному на расстоянии около 40 км к северо-востоку (Вакин, 1968).

Среднемноголетняя норма атмосферных осадков, выпадающих на отдельную водосборную площадь, с учетом их распределения по высоте, рассчитывалась с помощью метода изогийет (Соломенцев и др., 1961) по формуле:

$$x_{cp} = \frac{\frac{x_1 + x_2}{2} \times f_1 + \frac{x_2 + x_3}{2} \times f_2 + \dots + \frac{x_{n-1} + x_n}{2} \times f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} \quad (2)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n — значения осадков по изогийетам, мм; f_1, f_2, \dots, f_n — площади, ограниченные изогийетами и линиями водоразделов, м². Изогийеты атмосферных осадков, соответствующие изолиниям 200, 400, 600, 800 и 1000 м над уровнем моря, для исследуемого района показаны на рис. 1. Рассчитанные нормы осадков для отдельных воднобалансовых участков приведены в табл. 4.

Расчет суммарного испарения с площади речных бассейнов (Z). Испарение в естественных условиях является очень сложным процессом, зависящим от ряда метеорологических факторов, таких как влажность, температура воздуха, скорость ветра, и т. д. На испарение также большое влияние оказывает рельеф, почвы и залегание грунтовых вод. Поскольку на территории исследуемого района специальные работы по определению испарения не проводились и имеющиеся метеорологические данные относятся только к району г. Северо-Курильска, то в работе дается только общая оценка испарения без учета влияния форм рельефа и высоты над уровнем моря.

Для определения суммарного испарения с площади речного бассейна в данной работе используются графический метод Б.В. Полякова (Куделин, 1960). Для расчетов по этому методу достаточно располагать данными о величинах среднемесячных осадков и температуры воздуха. В табл. 2 приведены расчетные значения средне-

Таблица 4. Расчетные величины элементов водного баланса для отдельных речных бассейнов

Река, ручей	Норма осадков (X), мм/год	Слой стока (Y), мм/год	Инфильтрация ($\pm W$), мм/год
Участок Восточный (I)			
Утесный	2312	1974	-43
Птичья	3316	4573	-1639
Наседкина	3393	3366	-354
Матросская	3494	3782	-669
Кузьминка	3037	3650	-85
Снежная	3945	2943	-287
Альперина	2001	1653	-34
Городская	2911	2520	-951
Участок Северный (II)			
Савушкина	2487	1759	350
Братец	2534	1771	385
Зеленая	3153	2232	543
Участок Западный (III)			
Бурная	3482	2454	551
Лозовая	2911	2061	373
Перетурпить	3411	2412	522
Ложкина	3507	2480	550
Горшкова	3390	3209	-200
Юрьева	3379	3147	-148
Участок Южный (IV)			
Северянка	2865	3395	-911
Средний	2485	1910	195
Левашова	2914	3512	-980
Район в целом	3046	2271	394

многолетних величин суммарного испарения с поверхности суши для каждого месяца в отдельности и для года в целом.

Среднегодовое значение величины речного стока (Y). В уравнении (1) величина стока выражается в миллиметрах слоя воды. Величина высоты слоя связана с модулем стока (M) как $Y = 3.5 M$, мм/год (Гавич и др., 1964).

При наличии данных за многолетний период величина слоя стока для замкнутого речного бассейна рассчитывается по формуле $Y = 31.5 \cdot 10^3 \cdot Q/F$, где Q – средний многолетний расход реки, м³/с, F – площадь водосбора, м² (табл. 1).

При недостаточном количестве данных наблюдений, как один из возможных методов определения нормы речного стока, используются эмпирические формулы, основанные на зависимости между стоком и климатическими факторами, такими как среднегодовые значения осадков и дефицит влажности (d). Значение среднегодового коэффициента стока (η) можно определить как отношение нормы стока к норме осадков $\eta = Y/X$ и через дефицит влажности по формуле С.Н. Крицкого $\eta = 11/(d^3 \sqrt{d} + 11)$ (Соломенцевидр., 1961). Поданным ГМС «Северо-Курильск» (табл. 1) среднегодовой дефицит влажности для

исследуемого района составляет 1.47 мм/год. Соответственно: $\eta = 11/(1.47^3 \sqrt{1.47} + 11) = 0.741$.

Зная количество осадков, можно определить норму стока для конкретного речного бассейна: $Y = X \cdot 0.741$. В табл. 4 приведены расчетные нормы стока для всех речных бассейнов района.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для предварительной оценки количества инфильтрационного питания подземных вод в северной части о. Парамушир, используя полученные элементы уравнения водного баланса, решаем уравнение водного баланса (1) относительно величины средней многолетней инфильтрации $\pm W = 3046 - 2271 - 381 = +394$ мм/год

Величина W имеет положительный знак, означающий, что район в целом находится в области питания подземных вод и на пополнение их запасов в среднем расходуется 394 мм в год, что составляет 13% от общего количества атмосферных осадков (X).

Детальные воднобалансовые расчеты, проведенные для отдельных речных бассейнов представлены в табл. 4.

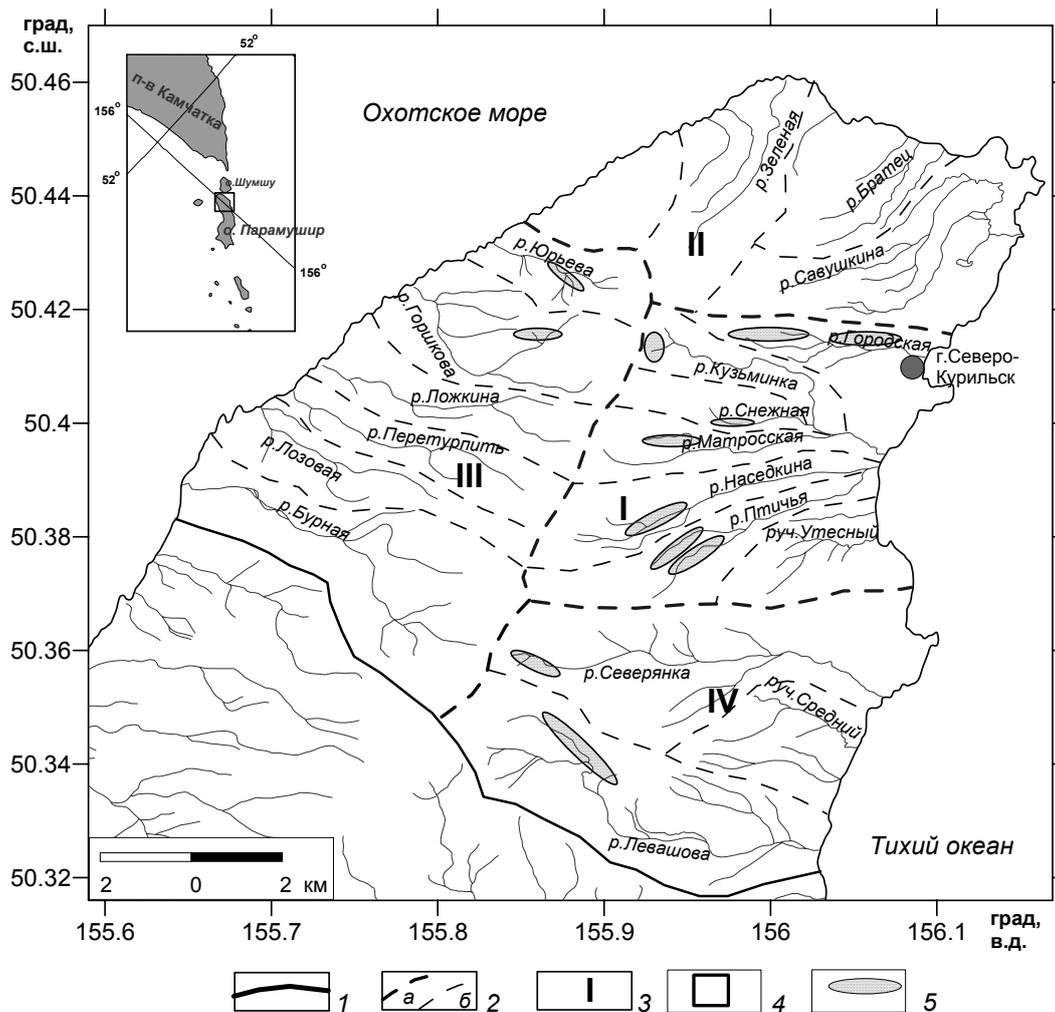


Рис. 2. Очаги разгрузки подземных вод в северной части острова Парамушир. Условные обозначения: 1 – граница района; 2 – границы воднобалансовых участков (а) и речных бассейнов (б); 3 – воднобалансовые участки: I – Восточный, II – Северный, III – Западный, IV – Южный; 4 – район исследования (на врезке); 5 – очаги разгрузки подземных вод.

Участок Восточный. Рассчитанная инфильтрация атмосферных осадков W для каждого из речных бассейнов данного участка имеет отрицательное значение (табл. 4). Но в бассейнах реки Альперина и ручья Утесного (рис. 1) величина W незначительна (-34, -43 мм/год соответственно). То есть, согласно расчетам, в долинах этих рек не ожидается ни значительное поглощение атмосферных осадков, ни существенные разгрузки подземных вод. В бассейнах остальных рек отрицательное приращение инфильтрации указывает на значительные очаги разгрузки подземных вод. Избыток влаги составляет от 9% (р. Снежная) до 26% (р. Птичья) по отношению к среднемуголетним значениям количества осадков.

Участки Северный, Западный и Южный. Величина инфильтрации W на всей территории участка Северный (рис. 1) имеет положительный знак, и уравнение водного баланса соответствует виду $X = Y + Z + W$, характерному для речных

бассейнов, располагающихся в области питания подземных вод. Расчеты показывают, что питание подземных вод происходит практически с одинаковой интенсивностью во всех долинах рек (15-17% от среднемуголетнего значения количества осадков).

На участке Западный отрицательное значение величины W наблюдается в бассейнах рек Юрьевой и Горшкова (рис. 1). На остальной территории этого участка величины инфильтрации (W) имеют положительный знак и, следовательно, бассейны рек Ложкина, Лозовая, Перетурпить и Бурная находятся в области питания подземных вод. Интенсивность питания водоносных горизонтов в бассейнах этих рек практически одинаковая (13-16% от среднемуголетнего значения количества осадков).

На участке Южный в бассейнах крупных рек Северянка и Левашова величины инфильтрации W также имеют отрицательные значения (табл. 4). Это указывает на наличие в бассейнах

этих рек значительных очагов разгрузки подземных вод. Избыток влаги в бассейне каждой из этих рек составляет около 25% от среднемноголетнего значения количества осадков.

Детальные воднобалансовые расчеты, проведенные для северной части о. Парамушир, показали неравномерное распределение по площади областей поглощения осадков и разгрузки подземных вод. Полученные в результате расчетов отрицательные значения инфильтрации, указывающие на наличие очагов разгрузки подземных вод в долинах рек Птичь, Северянка, Левашова достаточно точно отражают геолого-гидрогеологические условия этого участка. Территория северной части о. Парамушир находится в пределах Яляскинской антиклинали (Гаврилов, Соловьева, 1973), сформировавшейся в раннем плиоцене, в современной структуре которой наблюдаются элементы асимметрии. Северо-западное крыло антиклинали наклонено более круто, чем юго-восточное крыло. Последующая в раннеплейстоцен-голоценовое время (Q_1-Q_4) интенсивная вулканическая деятельность в пределах хребта Вернадского привела к образованию мощных лавовых покровов, перекрывающих дочетвертичные отложения в западной и северо-западной части района. Неогеновый фундамент вскрывается только по долинам рек и на побережье восточной и юго-восточной частей севера о. Парамушир. Именно на контакте четвертичных лав с подстилающими вулканогенно-осадочными породами, имеющими низкую проницаемость, происходит основная разгрузка подземных вод, что подтверждается проведенными воднобалансовыми расчетами. При проведении гидрогеологической съемки в 2001-2005 гг. выявлены выходы грунтовых и напорных подземных вод в долине реки Птичьей, а также в бассейнах остальных рек Восточного и Южного участков (рис. 2), где воднобалансовые расчеты показали преобладание величины глубинного стока (W имеет «отрицательный» знак) над инфильтрацией.

Детальные воднобалансовые расчеты также выявили очаг разгрузки напорных вод в бассейнах р. Юрьевой и р. Горшкова (участок Западный), связанные с выходами термальных и холодных подземных вод в их верховьях (рис. 2). Насчитывается более 50-ти выходов термальных вод в верхнем течении р. Юрьевой с дебитами от 2 до 10 л/с. Суммарная разгрузка их достигает 500 л/с (Никитина, 1978).

Таким образом, выполненные воднобалансовые оценки величины инфильтрационного питания подземных вод находятся в хорошем соответствии с данными гидрогеологических наблюдений и могут использоваться для выявления областей разгрузки и питания подземных

вод в вулканических районах Курильской островной дуги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные расчеты на основе метода водного баланса с использованием данных наблюдений за многолетний период для изучения естественных ресурсов подземных вод на территории северной части о-ва Парамушир показали, что в целом, в исследуемом районе среднемноголетняя инфильтрация в глубокие водоносные горизонты преобладает над величиной глубинного стока в области разгрузки подземных вод. На пополнение запасов подземных вод поступает около 13 % от общего количества выпадающих осадков в год. Детальными воднобалансовыми расчетами были выявлены значительные области разгрузки подземных вод в бассейнах всех крупных рек восточного склона хребта Вернадского. При этом бассейны рек западного склона хребта Вернадского и северной части о. Парамушир находятся в области питания подземных вод.

Полученные данные по распределению величины инфильтрационного питания подземных вод согласуются с геолого-гидрогеологическими условиями района и подтверждаются данными гидрогеологической съемки.

Автор выражает глубокую благодарность д. г.-м. н. С.Н. Рычагову за предоставленную возможность участия в экспедициях на о. Парамушир, Л.В. Котенко и Т.А. Котенко за неоценимую помощь при проведении полевых исследований и выполнении большого объема гидрометрических работ.

Список литературы

- Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Сугробов В.М.* Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая конвективная система: концептуальная модель и источники теплового питания // Вулканология и сейсмология. 2002. № 1. С. 34-50.
- Вакин Е.А.* Гидрология современных вулканических структур и гидротермальные системы юго-востока Камчатки: Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. Москва, 1968. 20 с.
- Гавич И.К., Лучшева А.А., Семенова С.М.* Сборник задач по общей гидрогеологии. М.: Высшая школа, 1964. 207 с.
- Гаврилов В.К., Соловьева Н.А.* Вулканогенно-осадочные формации геантиклинальных поднятий Малых и Больших Курил. Новосибирск: Наука, 1973. 152 с.
- Геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной системы // Под редакцией Сергеева К.Ф., Красного М.Л. Л.: ВСЕГИИ,

1987. 36 л.
- Голубовский М.Б.* Гидрогеологическое районирование. В кн. Гидрогеология СССР. Камчатка, Курильские Командорские острова. Том XXIX. М.: Недра, 1972. С. 166-169
- Куделин Б.И.* Принципы региональной оценки природных ресурсов подземных вод. М.: Издательство МГУ, 1960. 344 с.
- Мелекесцев И.В.* Внешний хребет Курильской дуги. В кн: Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Наука, 1974. С. 259-265.
- Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю. и др.* Вулкан Эбеко (Курильские острова): История эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч.1 // Вулканология и сейсмология. 1993. № 3. С. 69-81.
- Никитина Л.П.* Миграция металлов с активных вулканов в бассейн седиментации. М.: Наука, 1978. 80 с.
- Соломенцев Н.А., Львов А.М., Смирненко С.Л. и др.* Гидрология суши. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 448 с.

APPLICATION OF THE METHOD OF WATER BALANCE FOR THE STUDY OF THE FEEDING CONDITIONS OF UNDERGROUND WATERS OF THE NORTH PART OF PARAMUSHIR ISLAND

E.G. Kalacheva

Institute of Volcanology and Seismology FED RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006

Using the method of long-term water balance for the North part of Paramushir, we determined that about 400 mm of atmospheric precipitation replenish them every year. It makes up 13 % of the whole quantity. The calculations were made for the every water balance section of researching region. In the result sizable seats of relief of the underground waters were revealed in the basins of big rivers of the east slope and some river basins of the west slope of Vernadskii range. On these sections the surplus of moisture is from 9 % to 26 % from average long-term precipitation's value. The obtained data will be co-coordinated with geology-hydrogeological conditions of the region.