

## ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ ОЛИМПИАДИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)

М. Н. Пинкевич<sup>1</sup>, Ю. Б. Дворецкая<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург*

<sup>2</sup> *Сибирский федеральный университет, г. Красноярск*

Поступила в редакцию 20 января 2016 г.

**Аннотация:** для решения проблемы, связанной с водоснабжением горнодобывающих предприятий в пределах Енисейского кряжа, было проведено районирование Олимпиадинской площади по обеспеченности естественными ресурсами подземных вод. В статье приводятся данные по оценке естественных ресурсов гидрометрическим методом. Дается обоснование использования среднегодового модуля подземного стока в реки 95 %-ой обеспеченности для оценки естественных ресурсов.

**Ключевые слова:** естественные ресурсы подземных вод, модуль подземного стока, гидрометрический метод, Олимпиадинская площадь.

### USING THE HYDROMETER METHOD FOR OLYMPIADINSKOYE AREA ZONING BY EXCEEDANCE PROBABILITY OF NATURAL GROUNDWATER RESOURCES

**Abstract:** the zoning of Olympidinskoye area by exceedance probability of natural groundwater resources supply to solve a problem was in mining enterprises within the Yenisei Ridge. The paper presents data on the assessment of the hydrometer method of the natural resources. The papers a rationale for apply of average annual module groundwater flow in the river 95% exceedance probability for the assessment of natural resources.

**Key words:** natural groundwater resources, rate of subsurface water flow, hydrometer method, Olympiadinskoye area.

#### Введение

В настоящее время в пределах Енисейского кряжа происходит интенсивное развитие горнодобывающей промышленности. Одно из лидирующих мест в России по производству золота занимает компания АО «Полус», которая осуществляет добычу золота в пределах Енисейского кряжа. Сырьевая база предприятия в настоящее время включает пять золоторудных месторождений – Олимпиадинское, Тырыдинское, Олень, Благодатное и Титимухта, расположенных в пределах лицензионной Олимпиадинской площади размером около 1,4 тыс км<sup>2</sup>.

Водоснабжение действующих предприятий осуществляется за счёт разведанных месторождений подземных вод (Енашминское, Досеровское, Широкиское). Однако в связи с наращиванием мощностей действующих золотодобывающих фабрик и строительством новых возникает проблема дефицита подземных вод хозяйственно-питьевого назначения, необходимых для функционирования данных предприятий. И, как следствие, остро встает вопрос поисков новых источников водоснабжения.

В гидрогеологическом отношении рассматриваемая

площадь является малоизученной. Исследования в этой области проводились, главным образом на локальных объектах при разведке золоторудных месторождений (оценка водопритоков в горные выработки) и поисково-разведочных работах на подземные воды для водоснабжения горнорудных предприятий. Региональные работы немногочисленны, последняя из них выполнена ГГП «Красноярскгидрогеология» в 2000 г. и посвящена построению карты обеспеченности населения Красноярского края и Эвенкийского автономного округа ресурсами подземных вод масштабов 1:1 000 000 и 1:2 500 000.

#### Краткая гидрогеологическая характеристика района исследований

В региональном плане Олимпиадинская площадь расположена в пределах Питского гидрогеологического массива, входящего в состав Енисейской гидрогеологической складчатой области. Питский гидрогеологический массив сложен метаморфическими породами архея и протерозоя, представленными сланцами, метапесчаниками, металевролитами, прорванными гранитными интрузиями. С последними

связаны трещинно-пластовые напорно-безнапорные воды, распространенные преимущественно до глубины 70–100 м и трещинно-жильные воды разломов и жильных образований, которые распространены на глубину 200–300 м. Распространение подземных вод в районе контролируется водоносными зонами открытой трещиноватости, в которых формируются безнапорные пресные гидрокарбонатные слабо минерализованные воды. Степень минерализации и химический состав вод зависят, прежде всего, от состава вмещающих пород и источников питания водоносных комплексов. Питание подземных вод происходит преимущественно за счет атмосферных осадков и имеет резко выраженный сезонный характер. Превышение годового количества осадков над испарением обуславливает значительную обводненность района и высокий поверхностный сток.

### Принципы построения схемы районирования

Низкогорный рельеф рассматриваемой территории предопределяет разобщение массива регионально-трещинных вод на систему бассейнов стока, совпадающих с водосборными площадями рек и ручьев.

Исходя из результатов гидрогеологического опро-

бования, полученных при изучении золоторудных месторождений и месторождений подземных вод, расположенных на рассматриваемой площади, фильтрационные свойства всех распространенных здесь пород пестрые, что не позволяет выделить какие-либо стратиграфические подразделения в качестве основных критериев для определения перспективности участков.

Для выбора перспективных участков с целью расширения организации хозяйственно-питьевого водоснабжения автором была составлена схема районирования по обеспеченности природными ресурсами подземных вод (рис. 1).

На схеме районирования показаны бассейны стока (области питания) подземных вод (для изучаемого района совпадающие с поверхностными бассейнами стока) и их обеспеченность природными ресурсами. Границы и площадь бассейнов стока были определены по топографическим картам масштаба 1:50 000.

Питание подземных вод в пределах частного водосбора реки обычно приравнивается к их естественным ресурсам [1], поэтому оценка природных ресурсов подземных вод была проведена гидрометрическим методом.

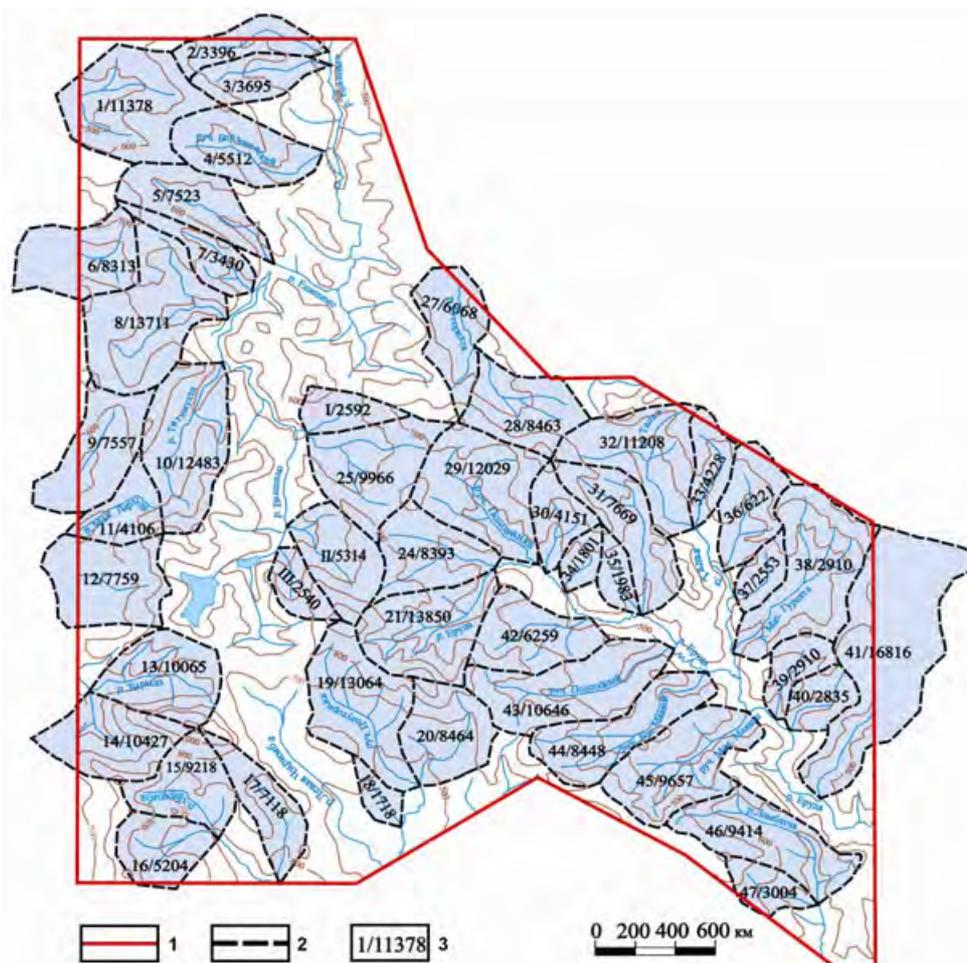


Рис. 1. Схема районирования по обеспеченности природными ресурсами подземных вод: 1 – граница Олимпиадинской площади; 2 – граница бассейнов стока; 3 – номер участка/величина природных ресурсов, м<sup>3</sup>/сут; I – Широкинское месторождение подземных вод; II – Досеровское месторождение подземных вод; III – Енашиминское месторождение подземных вод.

**Оценка природных ресурсов подземных вод**

В гидрологическом отношении Олимпиадинская площадь располагается в верховьях левобережной части р. Чиримба и правобережной части р. Тея, бассейнов рек Пит и Вельмо соответственно. Основными водными артериями площади являются водотоки 4-го порядка – реки Еруда и Ломбанча – левые притоки р. Чиримба и р. Енашимо – правый приток р. Тея. В своей крайней западной части площадь охватывает верховья бассейна р. Тырада и верховья ее правых притоков более высоких порядков. Водные артерии площади характеризуются полноводностью и многочисленностью притоков, наиболее протяженными из которых являются ручьи Талая, Титимухта, Бол. Гурхта, Викторовский, Бугарихта, Олимпиадинский, Иннокентьевский.

Для определения гидрологических характеристик водотоков используются материалы гидрометрических изысканий, картографические материалы, данные многолетних наблюдений на реках-аналогах.

Расходы воды для водотоков, расположенных в пределах Олимпиадинской площади, были определены методом аналогии по формуле [2]:

$$Q_{p\%a} = \frac{KF}{F_a Q_{p\%a}}$$

где  $Q_{p\%a}$  – расход воды различной обеспеченности реки-аналога, м<sup>3</sup>/с;  $K$  – поправочный коэффициент, зависящий в данном районе от средней высоты водосбора (чем больше высота, тем больше среднегодовой расход водотока при одинаковой площади бассейна);  $F$  – площадь водосбора до замыкающего расчетного створа, км<sup>2</sup>;  $F_a$  – площадь водосбора реки-аналога, км<sup>2</sup>.

При определении среднегодовых расходов в каче-

стве аналога были приняты водотоки, по которым имеются длительные ряды наблюдений:

- река Тея (в районе расположения пгт Тея), ряд наблюдений которой был удлинен по уравнению связи со среднегодовым стоком р. Вельмо – 7 км ниже устья р. Тея (коэффициент корреляции составил 0,88);
- р. Бол. Пит – п. Брянка (коэффициент корреляции составил 0,83).

Используя удлиненный ряд среднегодовых расходов воды реки-аналога, построены кривые обеспеченности, с помощью которых по методу Г. А. Алексеева [3, 4] определены расходы различной обеспеченности аналога с пересчетом на расчетные створы исследуемых водотоков.

При определении минимальных 30-ти суточных расходов воды зимней межени ряд наблюдений по реке Тея за многолетний период удлинялся по уравнению связи с минимальным 30-ти дневным стоком р. Вельмо (коэффициент корреляции составил 0,905). Ряд значений минимального суточного стока удлинялся по уравнению связи с уже удлиненным рядом 30-ти дневных расходов р. Тея (коэффициент корреляции составил 0,904).

В таблице 1 приводятся полученные расчетные значения среднегодовых и минимальных зимних расходов воды различной обеспеченности для водотоков, в пределах водосборных площадей которых расположены разведанные и подлежащие эксплуатации месторождения подземных вод (Досеровское, Енашиминское и Широкинское).

Расчетные величины модуля подземного стока зимней межени и рассчитанные по нему естественные ресурсы приведены в таблице 2.

Таблица 1

Расчетные значения среднегодовых и минимальных зимних расходов рек различной обеспеченности

Наименование водотока	Среднегодовые расходы воды, $Q_{ср.год.}$ , м <sup>3</sup> /с, обеспеченностью, Р %:		Минимальные зимние расходы воды, $Q_{зим.мин.}$ , м <sup>3</sup> /с, обеспеченностью, Р %:	
	50	95	50	95
руч. Досеровский (F=14,5 км <sup>2</sup> , K=1,41) (Досеровское месторождение подземных вод)	0,28	0,205	0,05	0,028
руч. Олимпиадинский (F=6,5 км <sup>2</sup> , K=1,39) (Енашиминское месторождение подземных вод)	0,14	0,098	0,022	0,012
Приток ручья Широкого без названия (F=7,8 км <sup>2</sup> , K=1,29) (Широкинское месторождение подземных вод)	0,15	0,10	0,024	0,014

Таблица 2

Расчет естественных ресурсов подземных вод по модулю подземного стока зимней межени

Наименование месторождения	Модуль зимнего стока, $M_{зим.мин.}$ , л/с с 1 км <sup>2</sup> , обеспеченностью, Р %:		Естественные ресурсы, $Q$ , м <sup>3</sup> /сут, обеспеченностью, Р %:	
	50	95	50	95
Досеровское месторождение подземных вод	3,45	1,93	4320	2419
Енашиминское месторождение подземных вод	3,06	1,67	1901	1037
Широкинское месторождение подземных вод	3,08	1,79	2074	1210

Оценка естественных ресурсов подземных вод по меженному стоку рек, особенно приравнивание их к меженному стоку рек 95 %-ной обеспеченности, привело к их существенному занижению из-за неполного дренирования водоносной зоны. Более объективной характеристикой подземного стока можно считать среднегодулетний меженный расход реки. Но и при такой оценке при неполном дренировании подземного стока и существенной величине «скрытой разгрузки» его значение будет в разной степени занижено [1].

В таблице 3 приведены расчётные величины среднегодовых модулей подземного стока и рассчитанные по ним естественные ресурсы.

Для северной части Енисейского края доля подземного стока составляет 30 % от общего речного стока [5]. Модуль подземного стока для данной территории по данным Б. И. Куделина, составляет 4,2 л/с\*км<sup>2</sup>, что сопоставимо с полученными среднегодовыми модулями подземного стока 95 %-ой обеспеченности.

В сложных гидрогеологических условиях достаточно надёжная оценка обеспеченности ресурсов подземных вод, как и модуля подземного стока, может быть получена по опыту эксплуатации действующих водозаборов.

Модуль эксплуатационного водоотбора определялся по формуле [6]:

$$M_{\text{Э}} = \frac{Q_{\text{Э}}}{F},$$

где  $M_{\text{Э}}$  - модуль эксплуатационного водоотбора,

л/с\*км<sup>2</sup>;  $Q_{\text{Э}}$  - запасы подземных вод на эксплуатируемом месторождении, л/с;  $F$  – площадь эксплуатируемого месторождения, км<sup>2</sup>.

В таблице 4 приведена сравнительная характеристика разведанных и подлежащих эксплуатации месторождений подземных вод в пределах Олимпиадинской площади и модули эксплуатации. Естественные ресурсы на стадии разведки рассматриваемых месторождений определялись по расходу подземного потока по долине ручьёв в пределах водозаборных участков.

Сравнение среднегодового модуля подземного стока 95 %-ой обеспеченности с величиной модуля эксплуатации (таблица 5) показало, что коэффициент их соотношения равен 1. Из этого следует, что за критерий при составлении схемы районирования для оценки естественных ресурсов на Олимпиадинской площади можно принять среднегодовой модуль подземного стока 95 %-ой обеспеченности.

Кроме того, отметим, что естественные ресурсы, рассчитанные по расходу подземного потока, несколько превышают значения таковых при расчете гидрометрическим методом, что объясняется, прежде всего, неравномерной трещиноватостью горных пород. По результатам поисково-разведочных работ, проводимых в пределах рассматриваемой площади, установлено, что в долине ручьёв она более развита, чем на склонах водоразделов. Гидрометрический метод оценки естественных ресурсов позволяет дать осреднённую оценку естественных ресурсов в пределах площади водосбора.

Таблица 3

Расчет естественных ресурсов подземных вод по среднегодовому модулю подземного стока

Наименование месторождения	Среднегодовой модуль подземного стока, $M_{\text{ср.год}}$ , л/с с 1 км <sup>2</sup> , обеспеченность, Р %:		Естественные ресурсы, Q, м <sup>3</sup> /сут, обеспеченность, Р %:	
	50	95	50	95
Досеровское месторождение подземных вод	6,00	4,24	7517	5314
Енашиминское месторождение подземных вод	5,83	4,08	3629	2540
Широкинское месторождение подземных вод	5,77	3,85	3888	2592

Таблица 4

Характеристика разведанных месторождений подземных вод в пределах Олимпиадинской площади

Месторождение	Досеровское	Енашиминское	Широкинское
Водовмещающие породы	граниты, гнейсо-граниты	переслаивание сланцев, гранитов, гранитогнейсов	граниты, гнейсо-граниты
Мощность, м	51,7	60,0	46,6
Водопроницаемость, м <sup>2</sup> /сут	187	190	298
Уровнепроводность, м <sup>2</sup> /сут	5*10 <sup>4</sup>	5*10 <sup>4</sup>	7,7*10 <sup>4</sup>
Водоотдача	0,0034	0,0038	0,0039
Группа сложности месторождения	третья	третья	третья
Естественные ресурсы, м <sup>3</sup> /сут	5300	3790	2560
Запасы подземных вод, м <sup>3</sup> /сут	5200	2500	2560
Допустимое понижение, м	51,7	53	42,5
Фактический водоотбор, м <sup>3</sup> /сут	5200	2500	2550
Фактическое понижение, м	16–23	12,9–16,9	8–35
Площадь месторождения, км <sup>2</sup>	14,5	7,2	7,8
Модуль эксплуатационного водоотбора, л/с*км <sup>2</sup>	4,2	4,1	3,8

Таблица 5

Соотношение модулей подземного стока различной обеспеченности

Наименование месторождения	$\frac{M_{зим.мин. 50\%}}{M_3}$	$\frac{M_{зим.мин. 95\%}}{M_3}$	$\frac{M_{ср.год. 50\%}}{M_3}$	$\frac{M_{ср.год. 95\%}}{M_3}$
руч. Досеровский (Досеровское месторождение подземных вод)	0,83	0,47	1,46	1,02
руч. Олимпиадинский (Енашиминское месторождение подземных вод)	0,76	0,41	1,49	1,02
Приток ручья Широкого без названия (Широкинское месторождение подземных вод)	0,81	0,47	1,46	1,01

Таблица 6

Расчет естественных ресурсов подземных вод по среднегодовому модулю подземного стока

№ водосборной площади	Площадь водосборной площади, S <sub>водосб.</sub> , км <sup>2</sup>	Средняя высота в пределах водосбора, H <sub>ср водосб.</sub> , м	Поправочный коэффициент, К	Среднегодовые расходы воды, м <sup>3</sup> /с, обеспеченностью 95 %	Естественные ресурсы, Q, м <sup>3</sup> /сут, обеспеченностью 95%
1	35,01	576,5	1,22	0,44	11378
2	11,76	512,3	1,08	0,13	3396
3	12,76	513,8	1,08	0,14	3696
4	17,57	556,5	1,17	0,21	5512
5	22,15	602,5	1,27	0,29	7523
6	23,71	622	1,31	0,32	8314
7	10,35	588	1,24	0,13	3431
8	36,74	662	1,40	0,53	13711
9	21,57	621,5	1,31	0,29	7557
10	31,77	697	1,47	0,48	12483
11	11,13	654,5	1,38	0,16	4107
12	22,04	624,5	1,32	0,30	7759
13	21,84	825,5	1,72	0,39	10065
14	21,57	817,5	1,81	0,40	10427
15	19,07	857,5	1,81	0,36	9219
16	14,76	625,5	1,32	0,20	5205
17	14,9	847,5	1,79	0,27	7119
18	4,8	635	1,34	0,07	1718
19	30	772,5	1,63	0,50	13065
20	19,55	768	1,62	0,33	8464
21	29,6	830	1,75	0,53	13850
Енашиминское м-е	7,2	658,86	1,39	0,10	2540
Досеровское м-е	14,5	668,34	1,41	0,21	5314
24	19,8	752	1,59	0,32	8394
25	25,79	685,5	1,45	0,38	9967
Широкинское м-е	7,8	611,46	1,29	0,10	2592
27	15,9	677	1,43	0,23	6068
28	21,9	685,5	1,45	0,33	8463
29	31,8	671	1,42	0,46	12029
30	10,87	677,5	1,43	0,16	4152
31	19,27	706	1,49	0,30	7670
32	30,4	654	1,38	0,43	11208
33	10,84	692	1,46	0,16	4229
34	5,1	626,5	1,32	0,07	1801
35	6,21	566,5	1,20	0,08	1983
36	17,07	646,5	1,36	0,24	6221
37	7,14	634,5	1,34	0,10	2554
38	33,8	685	1,45	0,50	13052
39	8,87	582	1,23	0,11	2910
40	8,54	589	1,24	0,11	2836
41	43,9	679,5	1,43	0,65	16817
42	17,71	627	1,32	0,24	6260
43	30,56	618	1,30	0,41	10647
44	23,6	635	1,34	0,33	8448
45	28,2	607,5	1,28	0,37	9658
46	26,3	635	1,34	0,36	9415
47	8,44	631,5	1,33	0,12	3005

В таблице 6 приводятся расчетные величины природных ресурсов подземных вод гидрометрическим методом для всех участков, выделенных в пределах Олимпиадинской площади.

По результатам исследований можно сделать следующие основные **выводы**:

1. Для оценки природных ресурсов подземных вод на площади развития трещиноватых пород наиболее точным является их подсчет по модулю эксплуатационного водоотбора при установившемся режиме.

2. Оценка природных ресурсов подземных вод в пределах Олимпиадинской площади по межennomу стоку рек, приравненных к межennomу стоку рек 50 % и 95 %-ной обеспеченности, приводит к их существенному занижению.

3. Среднегодовой модуль подземного стока 95 %-ой обеспеченности сопоставим с модулем эксплуатации, и может быть принят за критерий при составлении схемы районирования Олимпиадинской площади по обеспеченности природными ресурсами подземных вод

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Боревский, Б. В.* Является ли меженный расход рек мерой питания подземных вод или общего подземного стока? / Б. В. Боревский, М. Л. Марков // Разведка и охрана недр, 2014. – № 5. – С 10–16.
2. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33101-2003. – М. : Госстрой России. – 2004. – 72 с.
3. *Алексеев, Г. А.* Графоаналитические способы определения и приведения к длительному периоду наблюдений параметров кривых распределения / Г. А. Алексеев // Тр. ГГИ. – Вып. 73. – 1960. – С. 90–140.
4. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных наблюдений. СПб: Рота-принт ГНЦ ААНИИ. – 2007. – 66 с.
5. *Куделин, Б. И.* Подземный сток на территории СССР / Б. И. Куделин. – М: Изд-во МГУ. – 1966. – 330 с.
6. *Боревский, Б. В.* Оценка запасов подземных вод / Б. В. Боревский, Н. И. Дробноход, Л. С. Язвин. – К: Изд-во Выща шк. – 1989. – 407 с.

*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург*

*Пинкевич М. Н., аспирант кафедры гидрогеологии и инженерной геологии*

*E-mail: marina\_pinkevich@mail.ru*

*Тел.: +7 (931) 298-06-55*

*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск*

*Дворецкая Ю. Б., кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии месторождений и методики разведки*

*E-mail: gidrash@mail.ru*

*Тел.: +7 (908) 205-90-26*

*National Mineral Resources University «Mining», Saint Petersburg*

*Pinkevich M. N., the post graduate student of Hydrogeology and Engineering Geology Department*

*E-mail: marina\_pinkevich@mail.ru*

*Tel.: +7 (931) 298-06-55*

*Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

*Dvoretzskaya J. B., Candidate of Geology-Mineralogical Sciences, Assistant professor of Department of Geology exploration and Prospecting techniques*

*E-mail: gidrash@mail.ru*

*Tel.: +7 (908) 205-90-26*