

УДК 556

***АНАЛИЗ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА РУДНИКЕ ПРИ  
ВСКРЫТИИ ПОДМЕРЗЛОТНЫХ ВОД***

***Целищев Н. А.***

*студент,*

*Санкт-Петербургский горный университет,*

*Санкт-Петербург, Россия*

**Аннотация:** основной идеей работы являлся анализ гидродинамических условий отработки месторождения в связи с выходом фронта горных работ за пределы зоны распространения многолетнемерзлых пород и вскрытием подмерзлотного водоносного комплекса. В статье отражены выявленные закономерности формирования водопритока в горные выработки, аналитически оценен прогнозный водоприток на период 2 года и даны рекомендации по дальнейшей эксплуатации месторождения.

**Ключевые слова:** водоприток, мерзлота, подмерзлотный комплекс, проходка горных выработок.

***ANALYSIS OF HYDRODYNAMIC RECOVERY MECHANISM DURING  
SUBPERMAFROST WATER UNCOVERING***

***Tselishchev N. A.***

*student,*

*Saint-Petersburg mining university,*

*Saint-Petersburg, Russia*

**Annotation:** The main idea of the work is analysis of hydrodynamic terms of the field development due to bound violation of the extraction front beyond the zone of influence and due to uncovering of subpermafrost aquifer system. The article reflects the revealed patterns of water inflow formation into mine workings, contains

analytically estimated predicted water inflow for the next 2 years, and gives recommendations for the further exploitation of the field.

**Keywords:** water inflow, frozen earth, subpermafrost aquifer system, hardrock mining.

Золото-серебряное месторождение Дукат располагается на территории Магаданской области в 30 километрах к западу от поселка Омсукчан. Разработка ведется комбинированным способом, как карьером, так и подэтажными штреками.

Положение месторождения контролируется купольно-кольцевым интрузивным поднятием, располагающимся в центральной части рудного поля на пересечении Омсукчаского и Буудино-Гижинского глубинных разломов. Основными рудовмещающими структурами являются крутопадающие сбросы, расположенные вдоль субмеридиональных разломов, которые расчленяют Дукатский купол на серию блоков. Вмещающими породами для рудных тел выступают ранне- и поздне-меловые ультракалиевые риолиты, игнимбриты и их туфы, переслаивающиеся с черными аргиллитами (аскольдинская свита) и сменяющиеся по периферии покровами андезитов с горизонтами конгломератов и риолитов. На представленном массиве развита система субвулканических дайковых и штоковых тел, локализованных в дорудных метасоматитах преимущественно хлорит-гидрослюдисто-кварцевого состава.

Немаловажной особенностью строения территории выступает наличие толщи многолетнемерзлых пород мощностью до 400 метров. Подошва многолетнемерзлых пород (ММП) имеет не выдержанные по плоскости очертания и находится в интервале абсолютных отметок от 670 до 710 метров. ММП характеризуются повсеместным распространением на всей территории исследуемого района за исключением крупных речных долин, в которых наблюдаются устойчивые надмерзлотные (<15 м) и сквозные талики. Положение

границ кровли ММП контролируется сезонно-талым слоем, мощность которого летом достигает 1,6 м [2].

Различия в литологии и петрографии пород, участвующих в строении Дукатского массива, практически не сказываются на их фильтрационных параметрах, что совместно с геокриологическими условиями месторождения позволяет выделить следующие гидрогеологические горизонты и комплексы:

- сезонно-водоносный горизонт;
- таликовый водоносный горизонт;
- водоносный подмерзлотный комплекс;
- водоносный комплекс тектонических нарушений.

Питание подмерзлотного водоносного комплекса осуществляется через сеть сквозных таликов, покрывающих исследуемый район (рис. 1). Об этом также свидетельствует идентичность химического состава поверхностных и подземных вод – гидрокарбонатно-кальциевые, натриево-кальциевые воды с минерализацией 0,05-0,2 г/дм<sup>3</sup>, рН поверхностных и подземных вод составляет 7-7,5 и 6,5-7 соответственно. Данный факт указывает на расположение изучаемого интервала в зоне активного водообмена и транзита подземных вод в юго-восточном направлении – в сторону современного базиса эрозии.

Следует также отметить, что анализ данных по среднесуточной температуре на поверхности (по данным Омсукчанской метеостанции), интенсивности и глубине ведения горных работ и фактическому водопритоку, взятому для удобства интерпретации средним за 20 суток при рассмотрении вопроса формирования водопритока подземных вод показал, что в пределах участка «Смелый» не наблюдается активной гидравлической связи с поверхностными водами в летний период года, что свидетельствует об отсутствии инфильтрационной компоненты при формировании водопритока подземных вод в рудник (рис. 2).

Вместе с тем было выявлено, что преимущественным фактором при формировании водопритока выступает интенсификация ведения горных работ в целом и разработка самых нижних горизонтов рудника, в частности.

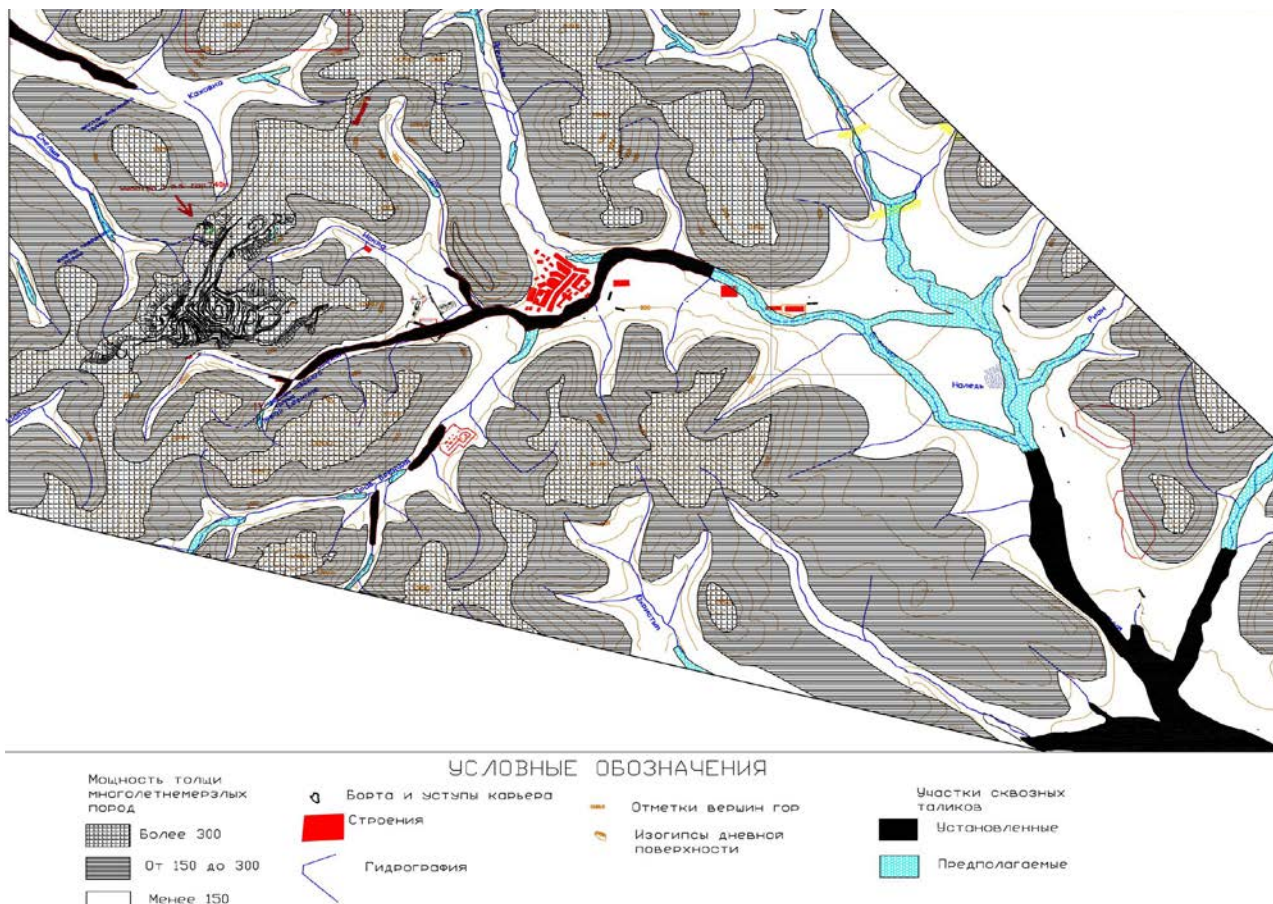


Рис.1 – Карта распространения мерзлоты и её мощности на территории района работ. Наличие напорных вод локально-водоносной зоны трещиноватости подмерзлотного комплекса ниже абсолютных отметок +670-690 м представляет значительное препятствие для дальнейшей эксплуатации рудника, в связи с чем был оценен прогнозный водоприток к нижнему горизонту при нестационарной и стационарной постановке задачи.

Нестационарный расчет ориентирован на 3 этапа вскрытия горизонта: через 120, 240 и 360 суток, а также произведен расчет на период 2 года после полной отработки горизонта. Стоит отметить, что при оценке водопритока при данной постановке задачи в нестационарном режиме фильтрации, требовался специальный пересчет как радиуса влияния, так и приращения величины. Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

приведенного радиуса выработки в связи с проходкой горных выработок на каждый выбранный момент времени [5]. Поэтому классическая формула большого колодца для нестационарной фильтрации в неограниченном пласте принимает немного иной вид (1).

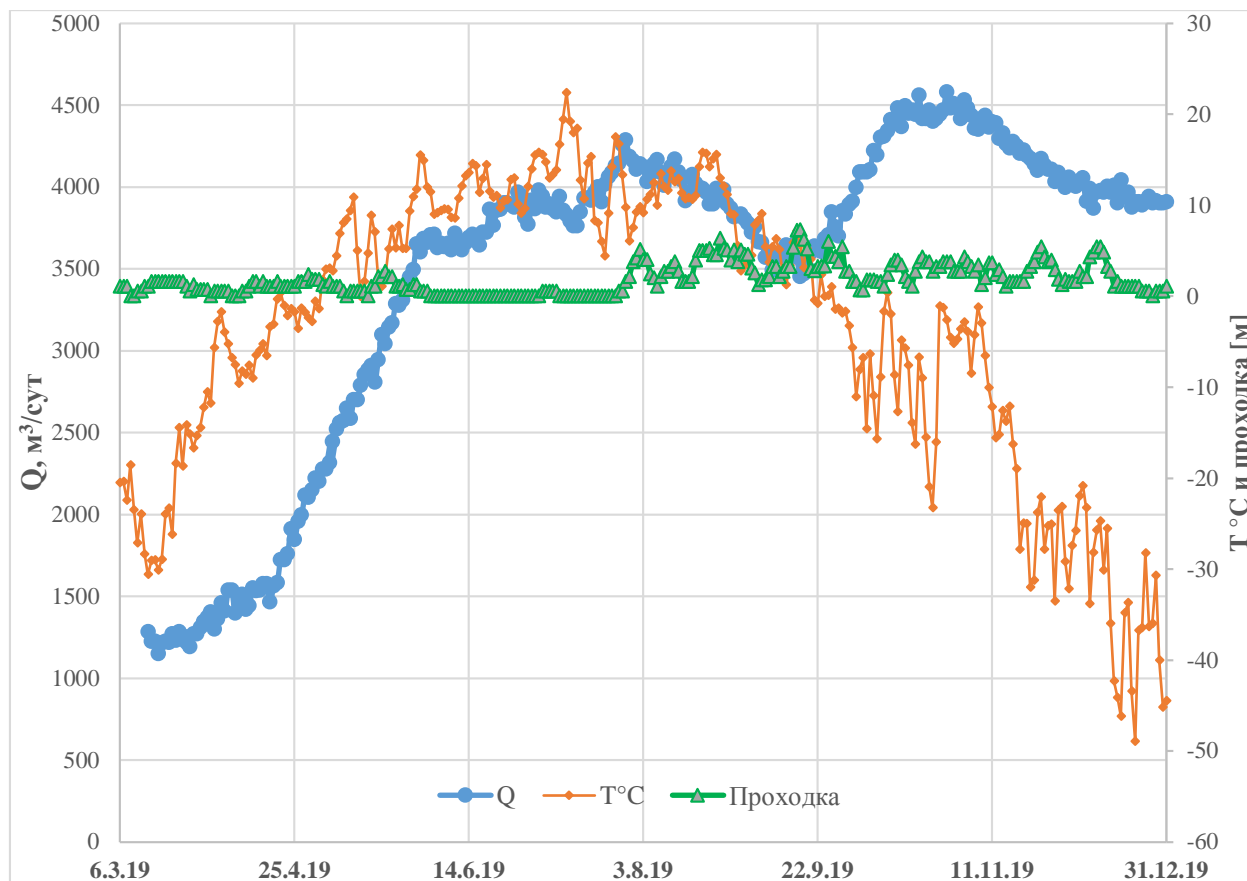


Рис.2 – График изменения среднего за 20 дней водопритока ( $Q$ ) на участке «Смелый», среднесуточной температуры ( $T$ ) на поверхности и совокупной проходки

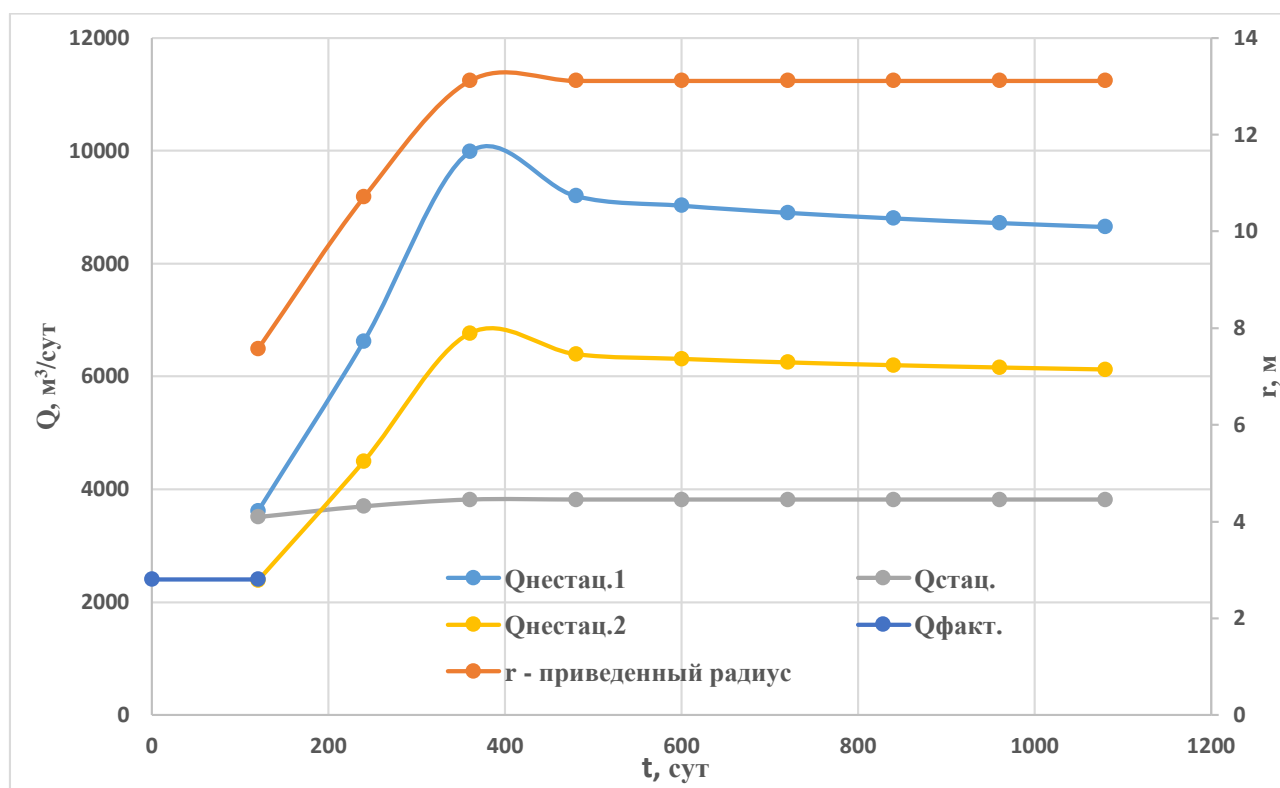
$$Q = \frac{2\pi TS}{\ln \frac{R_i}{\Delta r_{ki}}} + \frac{2\pi TS}{\ln \frac{R_{i-1}}{\Delta r_{k(i-1)}}} + \dots + \frac{2\pi TS}{\ln \frac{R_1}{r_{k1}}} \quad (1)$$

где:  $Q$  – искомый приток к горизонту, м<sup>3</sup>/сут;  $T$  – водопроницаемость, м<sup>2</sup>/сут;  $R$  – радиус влияния, м;  $r_k$  – приведенный радиус горной выработки, м;  $\Delta r$  – приращение приведенного радиуса выработки, м;  $S$  – понижение, м;  $i$  – показатель времени (момента), в которое приводятся значения остальных величин формулы.

Стационарная постановка предполагает достижение реки Брекчия–границы I рода депрессионной воронкой рудника (рис. 1). Для оценки водопритока при этом используется формула Форхгеймера, в которой с течением времени изменяется только приведенный радиус горной выработки.

Результаты расчетов представлены на графике ниже (рис. 3).

Решение задачи в нестационарной постановке показывает, что максимальный ожидаемый приток подземных вод к горизонту составит порядка 10000 м<sup>3</sup>/сут с постепенным закономерным уменьшением последнего до 8650 м<sup>3</sup>/сут в течение 2 лет. В результате этого решения получены максимальные значения, на которые стоит ориентироваться при разработке рекомендаций по дальнейшей эксплуатации рудника.



	$a^*$ , м <sup>2</sup> /сут	$\mu$
Qнестац.1	10 <sup>5</sup>	0,2*10 <sup>-3</sup>
Qнестац.2	10 <sup>8</sup>	0,2*10 <sup>-6</sup>

Рис.3 – График изменения суточного водопритока и приведенного радиуса выработки от времени с начала разработки горизонта

Вместе с тем, из графика видно, что пренебрежение емкостными запасами при увеличении пьезопроводности, ведет к ошибочной оценке водопритока в 1,5-2 раза. Данный факт обуславливает дальнейшую необходимость в изучении как водопритока, так и емкостных параметров изучаемого интервала.

Обобщая вышесказанное об оценочных величинах водопритока, геологических и мерзлотно-гидрогеологических условиях, а также учитывая планы ведения горных работ, можно сформулировать ряд рекомендаций, необходимых для дальнейшего освоения месторождения:

- бурение скважин на глубины, превышающие отметки нижнего проектируемого горизонта на 20-30 метров, с проведением в них комплекса акустических и расходометрических исследований с целью оценки характера трещиноватости, выделения зон наибольшей проводимости и косвенной оценки водообильности изучаемого интервала [3];

- оценка фильтрационных параметров подмерзлотного комплекса путём проведения опытно-фильтрационных работ в кустах скважин, ориентированных на «захват» максимально представительной области депрессии в непараллельных направлениях [1];

- расширять сеть мониторинговых скважин рудника, близлежащего массива и гидрологических объектов района, которая будет существенно облегчать контроль за состоянием подземных вод месторождения и его влияния на окружающую среду [4];

- при расчете водопритоков и дальнейших гидрогеологических работах использовать численное геофильтрационное моделирование для создания постоянно действующей модели месторождения [5];

- на данном этапе, при высоком стоянии подземных вод и наличии водообильной сети тектонических нарушений следует осуществлять бурение скважин, опережающее активные забои выработок, для обезопасивания ведения горных работ и минимизации риска прорыва подземных вод в выработки [4].

**Библиографический список:**

1. Альтовский, М. Е. Справочник гидрогеолога / М. Е. Алтовский. – М.: ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ, 1962. – 586 с.
2. Зубащенко Е.М. Региональная физическая география. Климаты Земли: учебно-методическое пособие. Часть 1. / Е.М. Зубащенко, В.И. Шмыков, А.Я. Немыкин, Н.В. Полякова. – Воронеж: ВГПУ, 2007. – 183 с
3. Справочник геофизика. «Геофизические методы исследования скважин» / Под ред. В.М. Запорожца – М.: Недра, 1983 591 с.
4. Методические указания по гидрогеологическому обслуживанию угледобывающих предприятий / Норватов, Рюмин, Сердюков, Стрельский, Мольский, Мироненко, Ксенда, Момчилов, Невельштейн, Под ред. Пахоменко Л.А. - Ленинград: ВНИМИ, 1975. - 52 с.
5. Мироненко В.А., Мольский Е.В., Румынин В.Г. Горнопромышленная гидрогеология: Учебник для вузов. - М.: Недра, 1989. - 287 с.

*Оригинальность 95%*