

Оригинальная статья / Original article

УДК: 556.3.01.06:553.31

## ОСОБЕННОСТИ ОБВОДНЕННОСТИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВИТИМО-ПАТОМСКОГО НАГОРЬЯ

© Л.И. Аузина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

**РЕЗЮМЕ. Введение.** Гидрогеологические условия месторождений являются одним из важнейших факторов, определяющих рентабельность эксплуатации, в связи с чем прогноз водопритоков в горные выработки представляет собой весьма важную и очень непростую задачу. **Цель** – определение основных источников формирования водопритоков в карьеры золоторудных месторождений Витимо-Патомского нагорья по результатам прогнозных расчетов. **Методы.** Проанализированы климатические и геолого-гидрогеологические условия территории Бодайбинского синклиория; выделены и охарактеризованы ведущие гидрогеологические структуры, описаны климатические и орографические особенности территории, определены основные факторы, влияющие на формирование водопритоков. **Результаты.** Наиболее важную роль играют атмосферные осадки различного вида, менее значимую – подземные воды, совсем незначительную – оттаявшая в процессе эксплуатации мерзлота. Отмечается, что сильная расчлененность рельефа, облегчающая поверхностный сток, глубокое сезонное промерзание пород, наличие многолетнемерзлых пород, распространение которых в значительной мере зависит от экспозиции склона, существенно снижают скорость фильтрации атмосферных осадков в толщу горных пород и способствуют их быстрому стеканию в русловую сеть. Пополнение естественных ресурсов подземных вод в основном происходит по таликам, развитым в долинах рек, под крупными озерами, в местах тектонических разломов, выходов подземных вод. **Выводы.** При прогнозе обводненности месторождений исследуемого региона необходимо особенно тщательно подходить к подготовке информации о климатических показателях, в том числе режиме выпадения осадков и испарении. **Ключевые слова:** Бодайбинский синклиорий, золоторудное месторождение, карьер, водоприток, атмосферные осадки, подземные воды, многолетнемерзлые породы.

**Формат цитирования:** Аузина Л.И. Особенности обводненности золоторудных месторождений Витимо-Патомского нагорья // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 1. С. 127–136.

## WATER ENCROACHMENT FEATURES OF VITIM-PATOM HIGHLAND GOLD DEPOSITS

L.I. Auzina

Irkutsk National Research Technical University,  
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation.

**ABSTRACT. Introduction.** One of the most important factors determining exploration profitability is hydrogeological conditions of a deposit. This fact determines the importance and complexity of the task of water inflow predictions in mine workings. The **purpose** of the study is identification of the main sources of water inflow in the open pit gold deposits of Vitim-Patom highland according to the prediction calculation. **Methods.** Having analyzed climatic and geological-hydrogeological conditions of the Bodaibo synclinorium area, leading hydrogeological structures were distinguished and characterized. Description was given to the climatic and orographic features of the territory under

---

<sup>1</sup>Аузина Лариса Ивановна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры прикладной геологии, научный руководитель лаборатории моделирования геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических процессов, e-mail: auzina@istu.edu

Larisa I. Auzina, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geology, Research Supervisor of the Laboratory of Geological, Hydrogeological and Engineering-Geological Processes Modeling, e-mail: auzina@istu.edu

investigation with the identification of the main factors affecting water inflow formation. **Results.** The most important factors are precipitations of various types, groundwater is less significant and permafrost melted as a result of exploitation is of minimum significance. It is noted that the high relief roughness facilitating the surface runoff, deep seasonal freezing of rocks, availability of permafrost, whose distribution depends on the slope exposure, significantly reduce the rate of precipitation filtration into the rocks and contribute to precipitation rapid run-off in a river channel network. Recharge of groundwater resources mostly occurs along the taliks developed in the river valleys, under big lakes, in the areas of tectonic faults and outlets of the underground water. **Conclusions.** The water encroachment forecast for the deposits in the investigated region requires thorough preparation of the information about climate factors including the precipitation regime and evaporation.

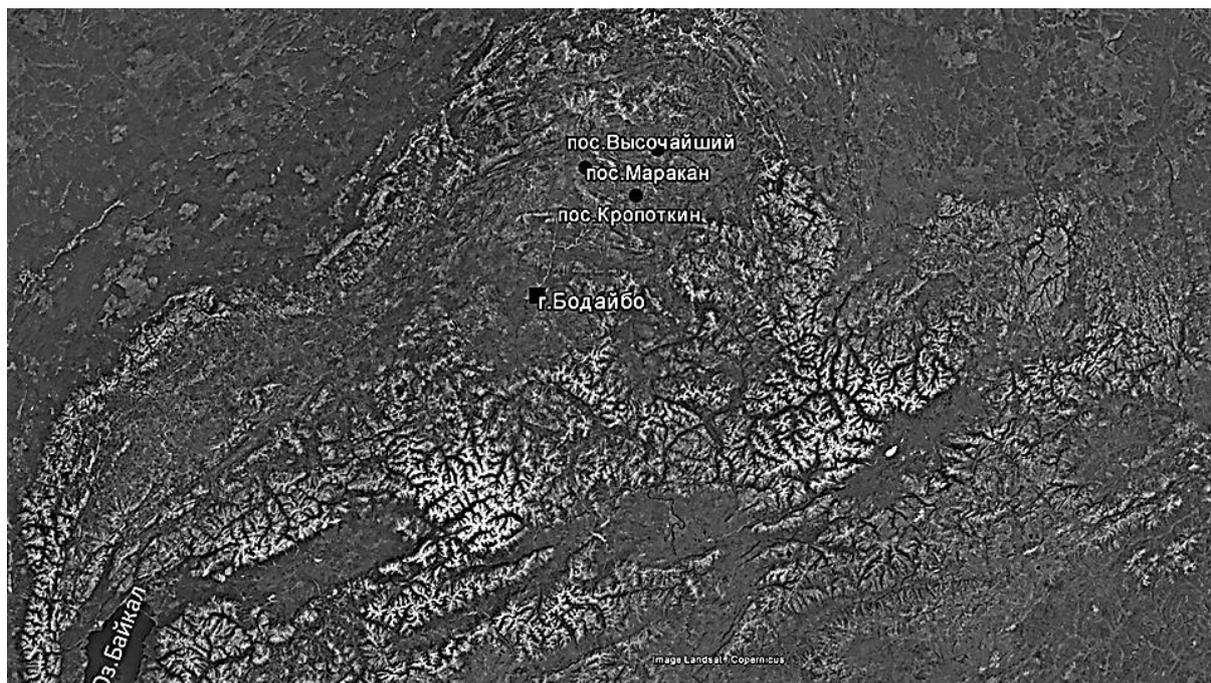
*Keywords: Bodaibo synclinorium, gold ore deposit, open pit, water inflow, atmospheric precipitation, groundwater, permafrost*

**For citation:** Auzina L.I. Water encroachment features of Vitim-Patom highland gold deposits. Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits. 2017. Vol. 40. No. 1. Pp. 127–136. (In Russian).

### Введение

К центральной части Витимо-Патомского нагорья приурочен Кропоткинский золоторудный район, включающий такие крупные месторождения, как Сухой Лог, Голец Высочайший и др., а также множество более мелких рудопроявлений (рис. 1).

Гидрогеологические условия месторождений являются одним из важнейших факторов, определяющих не только рентабельность эксплуатации, но и возможность их отработки в принципе, в связи с чем прогноз водопритоков в горные выработки представляет собой весьма важную и очень непростую задачу. Анализ



**Рис. 1. Обзорная схема района расположения золоторудных месторождений (снимок из Google Earth):** *Ykanskoe* находится в 18 км от пос. Маракан, Верхний Угахан – в 40 км от пос. Кропоткин, Голец Высочайший – в 40 км от пос. Кропоткин, Сухой Лог – в 13 км от пос. Кропоткин  
**Fig. 1. Schematic diagram of the region of gold ore deposit location (Google Earth image):** *Ykanskoe* is located in 18 km from Marakan settlement, Upper Ughahan is located in 40 km from Kropotkin settlement, Golets Vysochaishy – in 40 km from Kropotkin settlement, Sukhoi Log – in 13 km from Kropotkin settlement

гидрогеологических условий ряда золоторудных месторождений Кропоткинского узла позволил выделить основные особенности формирования водопритоков в карьеры месторождений этого региона. Ранее аналогичная работа проведена для россыпных месторождений Ленского золоторудного района и ряда нефтегазовых месторождений Западной Якутии [1, 2].

#### Материал и методы исследования

Географически регион расположен в Бодайбинском районе Иркутской области, что обусловило основные особенности климатических условий, в том числе режим выпадения осадков и испарения, а также наличие и характер распространения многолетнемерзлых пород (ММП), играющих если не решающую, то одну из основных ролей в обводненности золоторудных месторождений региона.

Территория находится в зоне сочленения Саяно-Байкальской складчатой области и Сибирской платформы, что предопределило современный среднегорный рельеф с отметками водоразделов 1000–1300 м и их снижением в руслах основных водотоков до 650–950 м.

Сопряжение двух крупнейших региональных структур обусловило наличие мощных разломных зон различных направлений, многие из которых имеют полициклическое развитие и сохраняют активность до настоящего времени [3].

Основными системами разрывов, развитых в пределах территории, являются надвиги, субмеридиональные зоны трещиноватости и северо-восточные зоны хрупко-пластических деформаций. В северо-западной части преобладают разрывные нарушения северо-восточного простирания Байкало-Патомской взбросо-надвиговой системы (рис. 2).

Главным структурно-тектоническим элементом рассматриваемой площади является сложный Бодайбинский синклинорий, сложенный преимущественно разновидностями переслаивающихся угле-

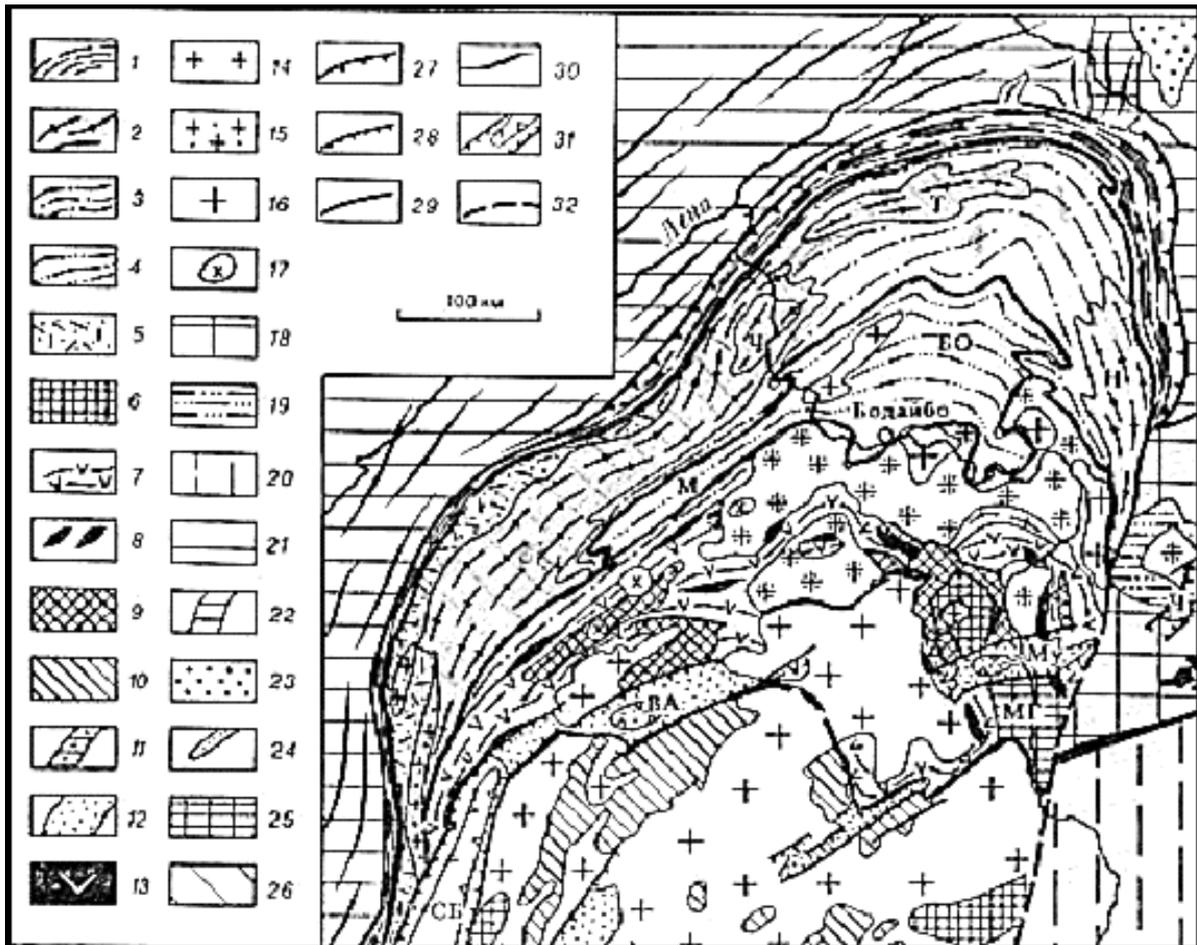
родисто-кварцевых сланцев и кварцевых метапесчаников, сильно метаморфизованных и смятых в синклинальные и антиклинальные складки более высокого порядка, имеющие субширотное простирание. Мощность отложений составляет 300–800 м и более [4].

Объединенные аллювиальные отложения верхнего неоплейстоцена и голоцена ( $aQ_{III}+H$ ) в районе исследований включают рыхлые образования в долинах рек. Они представлены в горных участках валунно-галечными, галечно-валунными, песчано-галечными образованиями, в днищах впадин – галечниками, песчано-галечными образованиями, песком, супесью, реже суглинками с линзами торфа.

Район характеризуется широким (около 95%) площадным распространением ММП с редкими островами талых пород, которые развиты лишь по долинам рек или под крупными озерами, по тектоническим разломам, а также на склонах южной экспозиции. Ширина талых зон зависит от величины руслового и подземного стока в рыхлых отложениях и изменяется от 20–30 м в долинах ручьев до 500–700 м в долинах крупных водотоков. В таком состоянии в основном находятся породы, слагающие пойменные части долин. ММП преимущественно развиты на бортах долин и водораздельных пространствах.

Мощность многолетней мерзлоты составляет 50–100 м на склонах и в долинах рек, водораздельные пространства проморожены до глубины 160–200 м [4]. Глубина сезонного протаивания пород составляет на междуречных пространствах 1–1,5 м, на южных склонах увеличивается до 2,5–3 м, на северных уменьшается до 0,5–1 м.

Золоторудные месторождения приурочены к водораздельным и – в большей мере – к склоновым частям структур. Характер развития ММП на конкретных месторождениях зависит от экспозиции



**Рис. 2. Схема геологического строения Байкальской области (фрагмент):**  
1–17 – Байкальская область: М и БО – Мамский и Бодайбинский синклинии, Т и Ч – Тонодский и Чуйский антиклинории; 18–20 – Алдано-Становой щит; 21–24 – Лено-Енисейская плита;  
25 – Присяяно-Енисейская область: Шарыжалгайский выступ; 26 – Селенгино-Яблонева складчатая система; 27 – надвиги, 28 – сбросы, 29 – разломы без расчленения;  
30 – складки в платформенном чехле; 31 – грабены;  
32 – условная граница Байкальской области [3]

**Fig.2. Diagram of the Baikal region geological structure (fragment):**  
1–17 – Baikal region: M and БО – Mama and Bodaibo synclinoria, T and Ч – Tonod and Chuya anticlinoria; 18–20 – Aldan-Stan shield; 21–24 – Lena-Yenisei plate;  
25 – Prisyayan-Yenisei region: Sharyzhalgai protrusion; 26 – Selenga-Yablonevaya folded system;  
27 – thrusts; 28 – discharges; 29 – stratification-free faults; 30 – folds in the platform cover;  
31 – grabens; 32 – conditional border of the Baikal region [3]

склонов и обнаженности площади. Так, например, Угаханское золоторудное месторождение расположено на склоне северо-восточной экспозиции со средней обнаженностью поверхности, в связи с чем площадь работ в основном располагается в зоне сплошного развития ММП с отдельными таликовыми участками, развитыми, вероятнее всего, по зонам тектонических нарушений [5].

При этом Ыканское месторождение занимает часть склона южной экспозиции, участок работ в основном располагается в таликовой зоне и практически свободен от ММП, то есть на территории месторождения картируются редкие острова ММП на фоне талых пород мощностью от 10 до 15 м.

В гидрогеологическом отношении район расположен в пределах Витимо-

Патомской гидрогеологической складчатой области.

Особенности распределения подземных вод в районе подчиняются региональным закономерностям, обусловленным прежде всего структурно-тектоническим развитием территории, предопределившим наличие трех основных типов гидрогеологических структур: наложенных бассейнов, гидрогеологических массивов, разломов, имеющих различное гидрогеологическое значение.

Гидрогеологические наложенные бассейны представлены современными четвертичными образованиями, являющимися коллекторами порово-пластовых подземных вод аллювиальных отложений верхнего неоплейстоцена и голоцена.

В соответствии с характером развития ММП выделяются следующие области.

Надмерзлотные воды деятельного слоя маломощны, малопродуктивны, развиты по площади спорадически. Мощность зависит от глубины сезонного оттаивания и изменяется от 0,5 до 1,5 м.

Комплекс аллювиальных отложений верхнего неоплейстоцена и голоцена развит в долинах водотоков и приурочен в основном к подрусовым таликам несквозного и сквозного типов. В соответствии с этим отложения обводнены на небольшую глубину (3–5 м) и приобретают значительную мощность (до 20 м) лишь под руслами крупных водотоков. Современный аллювий небольших рек и ручьев часто безводен, так как полностью проморожен.

Гидрогеологические массивы охватывают зону экзогенной трещиноватости метаморфических пород коренной основы и включают трещинно-грунтовые подземные воды.

Пространственное распространение подземных вод коренных пород определено особенностями развития разрывных нарушений, зон экзогенной трещино-

ватости, развитием ММП, горным резко-расчлененным рельефом района, а также сложным литолого-фациальным чередованием пород. Тектонические нарушения имеют, как правило, северо-восточное и северо-западное простирания и формируют блоковую структуру исследуемой территории, что в совокупности с неравномерным распространением ММП обуславливает сложную структуру подземного потока. Все литолого-стратиграфические подразделения коренных пород обводнены лишь в зонах выветривания и тектонических нарушений. В обобщенном виде выделяется единая водоносная криогенно-таликовая зона трещиноватости терригенно-карбонатных средне-верхнерифейских образований, представленных чередованием углеродистых алевролитовых и алевролитовых сланцев, известковистых метапесчаников, углеродистых, песчаных известняков. На участках распространения ММП мощностью до 50–60 м воды определяются как подмерзлотные и имеют незначительный напор (0,5–13 м). На территориях, свободных от промороженных пород, уровень безнапорных подземных вод формируется на глубинах 5–6 м. Водообильность водоносного комплекса весьма низкая: коэффициенты фильтрации составляют 0,05–0,07 м/сут., редко достигая 0,1 м/сут., удельные дебиты скважин не превышают 0,05 л/с.

По химическому составу это, как правило, воды гидрокарбонатные со смешанным катионным составом и величинной минерализации, составляющей первые сотни мг/дм<sup>3</sup>.

Питание подземных вод региональной трещиноватости и разрывных нарушений осуществляется за счет атмосферных осадков через инфильтрационные участки. Их разгрузка происходит через сквозные талики с образованием крупных многолетних наледей, положение которых часто контролируется разломами.

Широкое развитие многолетней мерзлоты и неравномерное распределение трещиноватости, от интенсивности которой непосредственно зависит обводненность и фильтрационные свойства пород, обусловило весьма затрудненные условия поверхностного питания водоносного комплекса и, как следствие, существенно ограничило его ресурсы.

Разломы в гидрогеологическом отношении играют различную роль, которая определяется их генезисом, проницаемостью, протяженностью, временем и глубиной заложения. На территории можно выделить обводненные водопроводящие и водовыводящие, а также экранирующие разломы.

Обводненные разломы, вмещающие трещинно-жильные подземные воды, часто играют роль путей транзита и обеспечивают взаимосвязь между другими водоносными подразделениями, являясь источниками питания трещинно-грунтовых вод. Скважины, вскрывающие трещинно-жильные воды, имеют высокий напор до самоизлива (месторождения Сухой Лог, Верхний Угахан).

Основная часть тектонических нарушений, как уже отмечалось, имеет надвиговый характер, что позволяет рассматривать их как водонепроницаемые, часто как экранирующие.

Невысокие фильтрационные параметры и незначительные мощности обводненных отложений в совокупности с преимущественно непроницаемым характером разрывных нарушений обусловили подчиненную роль подземных вод в обводнении горных выработок золоторудных месторождений.

Наибольшее значение здесь играют климатические условия в целом, в том числе режим выпадения осадков.

Максимальное количество осадков выпадает в июле – сентябре, минимальное – в феврале – мае. По виду осадков основное количество выпадает в виде дождя (май – сентябрь), в самом конце

сентября – начале октября осадки выпадают в виде снега. Среднегодовое суммарное количество дней с выпадением осадков – 320. Среднегодовое количество – 485 мм. Доля осадков, приходящихся на теплый период года (жидких и смешанных), составляет в среднем около 64% или 310 мм. Максимальная суточная норма осадков при интенсивных ливневых дождях может превышать 50 мм за период выпадения. Среднее суточное количество осадков по данным метеостанции пос. Мамакан (Бодайбинский район Иркутской области) за период 2008–2015 гг составило 1,31 мм [4] (табл. 1).

Устойчивый снежный покров на рассматриваемой территории образуется, как правило, в первой декаде октября, а начинает разрушаться в конце апреля – начале мая. Средняя из наибольших декадных высот снежного покрова за зимний период равна 29 см.

На испарение в пределах рассматриваемой территории в среднем расходуется до 40% атмосферных осадков, выпадающих на поверхность водосбора, то есть величина суммарного испарения с поверхности водосбора составляет более 190 мм в год. Наибольшее испарение наблюдается в весенний период и летом (до 40–47%), причем в летний сезон оно несколько меньше. Зимой испарение незначительно и в основном происходит в предвесенний месяц (обычно апрель – до 10%).

Объем талой воды за весь период снеготаяния (апрель – середина мая), который может поступить в карьер месторождения, при равных климатических условиях зависит от площади выработок и составляет 90000–290000 м<sup>3</sup> с учетом испарения.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Таким образом, наибольший вклад в водоприитоки в горные выработки золоторудных месторождений рассматриваемого региона вносят атмосферные

осадки различного вида, что подтверждают прогнозные оценки протоков в карьеры ряда месторождений и рудопроявлений (табл. 2).

Из вышесказанного следует, что основные особенности и условия обводненности золоторудных месторождений региона обусловлены следующими факторами:

– климатическими условиями: количеством и режимом выпадения осадков и испарения, периодами промерзания-оттаивания грунтов, временем схода снежного покрова и пр.;

– приуроченностью месторождений к повышенным частям рельефа, что предопределяет практическое отсутствие фильтрации из поверхностных водотоков и водоемов, поскольку они гипсометрически находятся выше русел основных водотоков, а следовательно, и привлекаемых ресурсов за счет поверхностных вод;

– характером и степенью распространения ММП, что в значительной степени зависит от экспозиции склонов, на которых расположены месторождения;

– структурно-тектоническими особенностями территории, предопределившими наличие пластов с «двойной пористостью»;

– литолого-стратиграфическим строением разреза, обусловившим мощность зоны выветривания в гидрогеологических массивах;

– смешанным гидравлическим режимом подземных вод: напорным и безнапорным в пределах одного месторождения.

Основными источниками формирования водопритоков в карьеры золоторудных месторождений Бодайбинского района являются:

– атмосферные осадки, распределяющиеся в течение года также неравномерно: максимальный вклад вносит снеговой покров в период его таяния (апрель – май) – 60–75% общего водопритока, несколько меньший – вклад дождевых осадков в теплое время года (май – сентябрь) – 50–70%;

– подземные воды, обеспечивающие практически всю остальную часть притока и включающие естественные запасы на площади карьера и в зоне формирования воронки депрессии, а также естественные ресурсы, формирующиеся в основном за счет поступления трещинно-грунтовых вод – 30–45%;

Таблица 1

Среднее суточное количество осадков по данным метеостанции пос. Мамакан за период 2008–2015 гг, мм

Table 1

Average daily precipitation according to Mamakan settlement weather station data from 2008 to 2015, mm

Месяц / Month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год / Year
Количество осадков, мм / Amount of precipitation, mm	0,5	0,4	0,3	0,8	1,7	2,5	2,8	2,4	2,2	0,7	0,65	0,8	1,31
Тип осадков / Precipitation type													

Условные обозначения / Legend:  – твердые осадки / solid precipitation;  – смешанные осадки / mixed precipitation;  – жидкие осадки / rain precipitation.

Таблица 2

Распределение водопритоков в карьеры типовых  
золоторудных месторождений

Table 2

Water inflow distribution in the pits  
of typical gold ore deposits

Название золоторудного месторождения / Name of a gold ore deposit	Распределение водопритоков в соответствии с источниками их формирования в различные периоды года, % / Water inflow distribution according to their formation sources in different periods of the year, %		
	Снеготаяние (апрель – первая половина мая) Дождевые осадки (вторая половина мая – сентябрь) / Snow melt (April – first half of May) Rainfall (the latter half of May – September)	Подземные воды (среднее значение за период)* / Underground water (average value)	Таяние ММП* / Permafrost melting
Верхний Угахан / Verkhniy Ugakhan	54,3 77,6	45,7 17,6	– 4,8
Ыканское / Ykansкое	48,9 60,5	51,1 39,9	– 0,2
Голец Высочайший / Golets Vysochaishyi	70,3 73,6	29,7 26,4	–

\*  $\frac{\text{апрель – первая половина мая}}{\text{вторая половина мая – сентябрь}}$  /  $\frac{\text{April – first half of May}}{\text{the latter half of May – September}}$

– оттаявшая мерзлота, деградация которой происходит при вскрышных работах, и которая также приносит свою хотя и незначительную составляющую в суммарный водоприток – не более 5%.

**Выводы**

В целом для Бодайбинского синклинария, расположенного в пределах Витимо-Патомского нагорья, характерно равномерное распределение атмосферных осадков с годовой суммой 400–600 мм, однородное строение поверхности рельефа с относительными превышениями 200–600 м [6], наличие криолитозоны.

Основная статья восполнения ресурсов подземных вод – атмосферные осадки, более половины которых выпадает в теплое время года. В связи с этим при прогнозе обводненности месторождений исследуемого региона необходимо особенно тщательно подходить к подго-

товке информации о климатических показателях, в том числе режиме выпадения и видах осадков и испарения. Запасы подземных вод преимущественно обеспечиваются за счет ресурсного потенциала в зоне экзогенной трещиноватости мощностью 50–100 м (большая глубина распространения соответствует зонам тектонических нарушений), пополняющегося за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также притока трещинно-жильных подземных вод из зон обводненных разломов.

Наличие ММП существенно снижает скорость фильтрации атмосферных осадков в толщу горных пород и способствует их быстрому стеканию в русловую сеть. Другими факторами, препятствующими инфильтрации, являются: сильная расчлененность рельефа, облегчающая поверхностный сток; глубокое (до 3 м) сезонное промерзание пород, продолжаю-

щееся большую часть года. Инфильтрация атмосферных осадков практически не проникает ниже глубины деятельного слоя, сосредоточена в приповерхностной части геологического разреза, не превышающей первых метров по мощности, и обеспечивает интенсивное питание

поверхностных водотоков. Пополнение естественных ресурсов подземных вод в основном происходит по таликам, развитым в долинах рек, под крупными озерами, в местах тектонических разломов, выходов подземных вод, а также на склонах южной экспозиции.

### Библиографический список

1. Auzina L.I., Parshin A.V. System-integrated GIS-based approach to estimating hydrogeological conditions of oil-and-gas fields in Eastern Siberia. IOP Conference Series: Earth and Environment Science. 2016. Vol. 33. No. 1. Pp. 321–327. Doi: 10.1088/1755-1315/33/1/012060.

2. Аузина Л.И. Оценка гидрогеологических условий некоторых месторождений твердых полезных ископаемых Восточной Сибири с применением системно-модельного анализа // Методика поисков, разведки и оценки месторождений рудных полезных ископаемых. Иркутск: Изд-во ИргТУ, 1997. Вып. 21. С. 86–94.

3. Милановский Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии). М.: Изд-во МГУ, 1996. 448 с.

4. Гидрогеология СССР, Иркутская область. М.: Недра, 1968, Т. XIX. 495 с.

5. Пиннекер Е.В. Гидрогеологический очерк юго-западной части Ленского золоторудного района // Труды Восточно-Сибирского геологического института. 1962. Вып. 9. С. 5–35.

### References

1. Auzina L.I., Parshin A.V. System-integrated GIS-based approach to estimating hydrogeological conditions of oil-and-gas fields in Eastern Siberia. IOP Conference Series: Earth and Environment Science, 2016, vol. 33, no 1, pp. 321–327. Doi: 10.1088/1755-1315/33/1/012060.

2. Auzina L.I. *Ocenka gidrogeologicheskikh uslovij nekotoryh mestorozhdenij tverdyh poleznyh iskopaemyh Vostochnoj Sibiri s primeneniem sistemno-model'nogo analiza* [System-model analysis-based estimation of hydrogeological conditions of some solid mineral deposits in Eastern Siberia]. *Metodika poiskov, razvedki i ocenki mestorozhdenij rudnyh poleznyh iskopaemyh* [Methods of prospecting, exploration and evaluation of ore deposits]. Irkutsk, Irkutskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet Publ., 1997. No. 21, pp. 86–94. (In Russian).

3. Milanovskij E.E. *Geologija Rossii i blizhnego zarubezh'ja (Severnoj Evrazii)* [Geology of Russia and the near abroad (Northern Eurasia)]. Moscow, Moskovskij gosudarstvennyj universitet Publ., 1996. 448 p.

4. *Gidrogeologija SSSR, Irkutskaja oblast'* [Hydrogeology of the USSR. Irkutsk region]. Vol. XIX. Moscow, Nedra Publ., 1968. 495 p.

5. Pinneker E.V. *Gidrogeologičeskij očerok jugo-zapadnoj časti Lenskogo zolotorudnogo rajona* [Hydrogeological essay of the South-Western part of the Lena gold ore district]. *Trudy Vostočno-Sibirskogo geologičeskogo instituta* [Proceedings of the East Siberian Geological Insti-

6. Коваленко С.Н. Подземные воды Иркутской области. Природные условия Иркутской области // Вестник кафедры географии ВСГАО. 2011. № 3 (4). С. 61–70.

tute], 1962, vol. 9, pp. 5–35. (In Russian).

6. Kovalenko S.N. *Podzemnye vody Irkutskoj oblasti. Prirodnye uslovija Irkutskoj oblasti* [Groundwater of the Irkutsk district. Natural conditions of the Irkutsk district]. *Vestnik kafedry geografii Vostochno-Sibirskoj gosudarstvennoj akademii obrazovanija* [Bulletin of the Geography Department of the East Siberian State Academy of Education], 2011, no. 3 (4), pp. 61–70. (In Russian).

*Статья поступила 27.02.2017 г.  
The article was received 27.02.2017.*