

## Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

УДК 551.345

DOI 10.31242/2618-9712-2020-25-2-6

### О геокриологической изученности южной части Западной Якутии

С.П. Готовцев, И.В. Климовский

*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, Россия  
gotovcev@mpi.ysn.ru*

**Аннотация.** Рассматривается геокриологическая изученность юга Западной Якутии, территория которой примыкает к району хорошо освоенных алмазных месторождений республики. Геокриологические условия их детально изучены. В большинстве месторождений установлено наличие глубокой криолитозоны с нестационарным температурным полем. Причем по мере приближения к югу мощность криолитозоны резко уменьшается, происходит переход в зону островной и прерывистой криолитозоны. В этом плане зона перехода требует дополнительного геокриологического изучения. Кроме того, в настоящее время на юге Западной Якутии происходит интенсивное освоение месторождений нефти и газа. Большинство объектов добычи транспортировки и переработки углеводородного сырья расположены на территории, представляющей зону островного и прерывистого распространения многолетнемерзлых горных пород. Если в зоне сплошного распространения ММП основная задача инженерно-геокриологических исследований состоит в изучении морфологии и температуры криолитозоны, то в этих районах особую актуальность приобретают проблема выявления «островов» многолетнемерзлых пород и оценка их криогенного строения.

**Ключевые слова:** геокриологические условия, многолетнемерзлые породы, гидрогеокриологические исследования, островная и прерывистая мерзлота, мощность сезонно-талого слоя.

#### Введение

В геокриологическом плане территория Западной Якутии изучена неравномерно. Более детально исследованы Ботуобинская седловина и южный склон Анабарской антеклизы, в пределах которых в течение последних более 50 лет ведется освоение коренных месторождений алмазов: трубок Мир, Интернациональная, Айхал, Сытыканская, Юбилейная, Удачная, Зарница и других. Благодаря комплексным гидрогеокриологическим и геотермическим исследованиям, проведенным на территориях этих месторождений, выявлены основные закономерности формирования геокриологических условий региона [1–5]. Кроме того, в пределах данного региона была установлена самая большая мощность криолитозоны на Земле [6].

В настоящее время осваиваемая часть Якутской алмазоносной провинции является относительно хорошо изучена, хотя ее южная часть в геокриологическом отношении исследована пока относительно слабо.

#### Изученность геокриологических условий юга Западной Якутии

Изученность геокриологических условий южной части Западной Якутии также связана со становлением алмазодобывающей промышленности в этом регионе. Как известно, с открытием трубки Мир Институтом мерзлотоведения АН СССР была организована комплексная Вилюйская экспедиция, основной целью которой являлось всестороннее изучение геокриологических условий территории строительства будущего карьера и города Мирный. В первый же год работы экспедиция направила один отряд под руководством Т.Н. Жестковой в с. Мухтуя (ныне г. Ленск) с целью изучения инженерно-геокриологических условий трассы автодороги Мухтуя–Мирный. В процессе проведения этих экспедиционных работ было установлено, что по мере приближения к р. Лена мерзлота практически исчезает и на высоких отметках появляются сосновые и кедровые леса высокого бонитета. Поэтому по ландшафтным признакам данная часть

Западной Якутии была отнесена к зоне островной и прерывистой мерзлоты [7].

На мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР [8] южная часть Западной Якутии входит в Приленскую увалистую провинцию, северная граница которой проходит по долине р. Нюя в среднем и нижнем ее течении. Она отнесена к зоне островного развития ММП, где температура горных пород варьирует в пределах от 0 до  $-1$  °С. Мощность сезонно-талого слоя (СТС) изменяется от 1,5 до 2,5 м, а сезонномерзлого – от 2,5 до 3,5 м.

Впервые детальные геокриологические исследования в пределах рассматриваемого района были проведены в 1952 г. Ленским отрядом Якутской научно-исследовательской мерзлотной станции Института мерзлотоведения АН СССР под руководством В.И. Бияковой. В пределах долин рек Нюя и Лена были пробурены более двадцати скважин с замером температуры пород и отбором их образцов на влажность. Верхняя граница ММП не всегда вскрывалась скважинами и на этом основании были выделены два участка: южный – от устья р. Витим протяженностью 40–45 км и северный – ниже вдоль р. Лена.

Примерно в эти же годы долину верхнего течения р. Нижняя Тунгуска изучал Н.А. Граве. По характеру распространения ММП он выделил три типа мерзлоты. К третьему типу им отнесена островная мерзлота, приуроченная к листовничным лесам с плотным торфяно-моховым покровом. Им было установлено, что острова мерзлых пород чаще встречаются в надпойменных террасах и имеют температуру менее  $-1$  °С, а мощность их достигала 30–40 м [9].

В 1953–1954 гг. вдоль р. Нюя Всесоюзным аэрогеологическим трестом проводились геологосъемочные работы. Методом вертикального электроразведывания изучалось распространение ММП. Для подтверждения геофизических данных было пройдено около 15 шурфов глубиной от 1,5 до 3,5 м. Анализ кривых ВЭЗ и материалы горных выработок позволили сделать вывод, что данный район характеризуется распространением многолетнемерзлых пород островного типа [10]. Примерно такие же данные были получены И.А. Тютюновым [11] на левобережье р. Лена, где ММП с температурой от  $-0,2$  до  $-0,7$  °С приурочены к бровкам надпойменных террас и сильно затененным и заболоченным понижениям. Аналогичные выводы были сделаны В.А. Мощанским и А.В. Мулиной [12], которые проводи-

ли изыскательские работы для строительства трассы автодороги Мухтуя–Мирный.

Таким образом, в южной части Западной Якутии в пределах Лено-Нюйского водораздела установлено островное распространение многолетнемерзлых пород. Они слагают затененные и заболоченные участки, а также нижние части склонов рек, ручьев, днищ и логов. Такие участки на геокриологической карте [13, 14] отнесены к зоне прерывистого распространения ММП.

Изучением закономерностей формирования сезонно-талого слоя на территории южной части Западной Якутии занимался И.С. Васильев [15, 16]. Он разделял мнение М.И. Сумгина [17] о наличии в деятельном слое так называемого переходного слоя в условиях островного развития многолетнемерзлых пород. Анализируя данные метеорологических станций Ленск, Нюя и Олекминск, И.С. Васильев установил сроки начала и завершения процессов сезонного протаивания и сезонного промерзания грунтов. Сезонное протаивание мерзлых пород начинается в конце апреля–начале мая и завершается в конце сентября–начале октября. При этом темп протаивания от максимума составлял в конце мая, июня, июля и августа соответственно 30–40, 50–60, 70–80 и 90–95 %. Сезонное промерзание грунтов начинается в начале октября и завершается в конце марта – начале апреля. Формирование сезонно-мерзлого слоя происходило в следующем темпе: в конце октября, ноября, декабря, января, февраля и марта соответственно: 15–20, 35–40, 55–60, 70–75, 85–90, 95–98 %. Полное протаивание сезонномерзлого слоя происходило в конце июля–начале августа.

Межгодовой разброс мощности сезонномерзлого слоя по наблюдениям за 1964–1968 гг. на площадке метеостанции Ленск составлял  $\pm 87$  см при средней мощности 354 см. Резкое увеличение мощности СМС в 1964–1968 гг. связано с уменьшением высоты снежного покрова и похолоданием зимних сезонов. С середины 70-х до первой половины 80-х годов XX в. намечилось увеличение как общего количества выпадающих атмосферных осадков, так и высоты снежного покрова. Для сведения напомним, что среднее годовое количество осадков в данном регионе составляет 350–450 мм, в отдельные годы уменьшаясь до 250 и увеличиваясь до 500 мм. Наибольшая декадная за зиму высота снежного покрова в среднем составляет 50–60 мм при разбросе от 30 до 80 см.

В обобщающих работах, характеризующих Среднюю Сибирь [18, 19], южная часть Западной Якутии характеризуется как территория островного развития многолетнемерзлых пород. При характеристике южных районов криолитозоны мерзловеды часто пользуются материалами геоботанической индикации [18–22] и др. По этим работам распространение талых пород маркируется по развитию смешанных высокобонитетных прямоствольных лесов из кедра, сосны, осины, ели, лиственницы и березы высотой более 24 м, где в подлеске присутствует рябина, а в напочвенном покрове – плауны куропаточий и сплюснутый, встречаемость кедра при этом составляет не менее 10 %. В смешанном лесу – наличие кедра в составе древостоя менее 10 % свидетельствует об относительно холодном его местообитании. На таких участках могут фиксироваться так называемые переходные сезонно-мерзлые слои.

### Заключение

Южная часть Западной Якутии относится к зоне островного распространения многолетнемерзлых пород. Острова мерзлых пород в основном встречаются в четвертичных аллювиальных отложениях низких террас. Приурочены они к верховым сфагновым болотам, моховым ерникам, лиственничным зеленомошным редколесьям и сфагновым лиственничным редицам. Как известно, в районах островного распространения многолетнемерзлых пород строительство линейных сооружений имеет свою специфику. Смена участков с разными инженерно-геологическими условиями происходит здесь весьма резко. В связи с этим на таких участках необходимо проводить детальные инженерно-геокриологические исследования с целью районирования и составления специализированных инженерно-геологических и геокриологических карт, позволяющих оценить чувствительность (или устойчивость) территории к техногенным нагрузкам. Имея такие данные, уже на стадии проектирования можно дать предварительные рекомендации по инженерной защите сооружения от проявления опасных криогенных процессов.

### Литература

1. *Ефимов А.И.* Новые данные о взаимосвязи поверхностных и подземных вод на одном из участков мощной зоны мерзлых горных пород // Труды СВО Института мерзлотоведения им. В.А. Обручева. Якутск. 1958. Вып. II. С. 79–87.

2. *Ильина Е.В., Любомиров Б.Н., Тычино Н.Я.* Подземные воды и газы Сибирской платформы. Л.: Гостоптехиздат, 1962. 290 с.

3. *Косолапов А.И.* Геохимические исследования природных вод и газов Западной Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 206 с.

4. *Фотиев С.М., Данилова Н.С., Шевелева Н.С.* Геокриологические условия Средней Сибири. М.: Наука, 1974. 148 с.

5. *Романовский Н.Н.* Некоторые особенности мерзлотно-гидрогеологического строения артезианских бассейнов открытого типа в области многолетней мерзлоты // Мерзлотные исследования. 1968. Вып. 8. С. 89–111.

6. *Мельников П.И.* О глубине промерзания верхней зоны земной коры на территории Якутской АССР // Геотермические исследования и использование тепла Земли. М.: Наука, 1966. С. 110–113.

7. *Жесткова Т.Н.* Сезонное промерзание и протавивание грунтов в районе будущей дороги Мухтуя–Мирный // Сборник статей по общему мерзлотоведению. Т. XVI. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 116–127.

8. *Мерзотно-ландшафтная карта Якутской АССР масштаба 1:2 500 000 / Под ред. П. И. Мельникова.* М.: ГУГК, 1991. 2 л.

9. *Граве Н.А.* Вечная мерзлота в долинах рек юго-западной части Средне-Сибирского плоскогорья // Тр. Ин-та мерзлотоведения им. В.А. Обручева. 1952. Т. 10. С. 169–173.

10. *Назаров Г.И.* К вопросу о распространении многолетнемерзлых пород на водоразделе Нижней и Подкаменной Тунгусок и в бассейне р. Нью // Тр. Ин-та мерзлотоведения им. В.А. Обручева. 1959. Т. 15. С. 194–211.

11. *Тютюнов И.А.* Инженерно-геологические особенности многолетнемерзлых скальных пород в районе трубки «Мир» // Исследование по физике и механике мерзлых грунтов. Вып. 4. М.: АН СССР, 1961. С. 216–241.

12. *Моцанский В.А., Мулина А.В.* Некоторые данные о строении верхней части многолетнемерзлой толщи в пределах Лено-Виллойского водораздела // Мерзлотные исследования. 1961. Вып. II. С. 115–128.

13. *Баранов И.Я.* Геокриологическая карта СССР масштаба 1: 5 000 000. М.: ГУГК, 1977. 4 л.

14. *Схематическая геокриологическая карта Якутской АССР. Масштаб 1:5 000 000 (Вкладка) / Сост. Мельников П.И. // Гидрогеология СССР. Т. XX: Якутская АССР. М.: Недра, 1970.*

15. *Васильев И.С.* Особенности формирования пезрезимка на Приленском плато // Региональные геокриологические исследования в Восточной Азии. Якутск, 1983. С. 72–79.

16. *Васильев И.С.* Пространственно-временные закономерности формирования деятельного слоя в ландшафтах Западной Якутии. Новосибирск: Наука, 2005. 228 с.

17. Фотиев С.М. Закономерности формирования и распространения таликов на территории Сибирской платформы. // Труды ПНИИИС. Т. 2. М., 1970.
18. Фотиев С.М., Данилова Н.С., Шевелева Н.С. Геокриологические условия Средней Сибири. М.: Наука, 1974. 148 с.
19. Вейсман Л.И. Особенности ландшафтно-индикационных исследований криогенных процессов // Криогенные процессы. М.: Наука, 1978. С. 19–32.
20. Кондратьева К.А., Лазукова Г.Г. Роль растительного покрова как одного из признаков выделения микрорайонов в целях мерзлотного крупномасштабного картирования (на примере района Вилуйской ГЭС) // Мерзлотные исследования. 1963. Вып. III. С. 63–72.
21. Поздняков Л.К. О влиянии растительности на глубину летнего оттаивания почвы // Сборник работ по геоботанике, лесоведению, палеогеографии и флористике. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 425–430.
22. Тыртиков А.П. Влияние растительного покрова на промерзание и протаивание грун-тов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. 192 с.
23. Тыртиков А.П. Динамика растительного покрова и развитие мерзлотных форм рельефа. М.: Наука, 1979. 116 с.
24. Шац М.М. Геокриологические проблемы Среднеобитобинского месторождения (Западная Якутия) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2012. № 3. С. 205–213.
25. Сухорукова А.Ф. Геокриологические условия трассы трубопровода «Сила Сибири» (Красноярский край, Иркутская область, Республика Саха) // XIV Международный научный конгресс (г. Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.): Сборник материалов в 6 т. 2018. Т. 1. С. 32–39

Поступила в редакцию 19.02.2020

Принята к публикации 14.05.2020

#### Об авторах

ГОТОВЦЕВ Семен Петрович, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией Общей геокриологии, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 677010, Якутск, ул. Мерзлотная, 36, [gotovcev@mpi.ysn.ru](mailto:gotovcev@mpi.ysn.ru);

КЛИМОВСКИЙ Игорь Владимирович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 677010, Якутск, ул. Мерзлотная, 36, [mpi@ysn.ru](mailto:mpi@ysn.ru).

#### Информация для цитирования

Готовцев С.П., Климовский И.В. О геокриологической изученности южной части Западной Якутии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2020. Т. 25, № 2. С. 81–86. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2020-25-2-6>

DOI 10.31242/2618-9712-2020-25-2-6

## On the geocryological studies on the southern part of western Yakutia

S.P. Gotovtsev, I.V. Klimovsky

P.I. Melnikov Permafrost Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia  
[gotovcev@mpi.ysn.ru](mailto:gotovcev@mpi.ysn.ru)

**Abstract.** The article examines the geocryological studies of the southern part of Western Yakutia, the territory of which is adjacent to the area of well-developed diamond deposits of Yakutia. The geocryological conditions of diamond deposits have been studied in detail. In most fields, the presence of a deep cryolithozone with a non-stationary temperature field was revealed. Cryolithozone thickness drastically decreases in the southern direction and passes into island and intermittent cryolithozone. In this regard, the transition zone requires additional geocryological study. In addition, there is currently intensive development of oil and gas

*fields in the south of Western Yakutia. Most of the hydrocarbon transportation and processing facilities are located at the territory representing the zone of island and intermittent spread of permafrost rocks. While the main task of engineering and geocryological research in the continuous permafrost zone is to study the morphology and temperature of cryolithozone, in the areas under study the problem of identifying 'islands' of permafrost rocks and assessing their cryogenic structure becomes particularly relevant.*

**Key words:** geocryological conditions, permafrost rocks, hydrogeocryological research, island and intermittent permafrost, the depth of seasonal thaw.

### References

1. *Efimov A.I.* Novye dannye o vzaimosvyazi pov-  
erxnostnyx i podzemnyx vod na odnom iz uchastkov  
moshhnoj zony merzlyx gornyx porod // Trudy SVO In-  
stituta merzlotovedeniya im. V.A. Obrucheve. Yakutsk,  
1958. Vyp. II. P. 79–87.
2. *Irina E.V., Lyubomirov B.N., Tychino N.Ya.* Pod-  
zemny'e vody i gazy Sibirskoj platformy'. L.: Gostop-  
texizdat, 1962. 290 p.
3. *Kosolapov A.I.* Geoximicheskie issledovaniya pri-  
rodnix vod i gazov Zapadnoj Yakutii. M.: Izd-vo AN  
SSSR, 1963. 206 p.
4. *Fotiev S.M., Danilova N.S., Sheveleva N.S.* Geo-  
kriologicheskie usloviya Srednej Sibiri. M.: Nauka,  
1974. 148 p.
5. *Romanovskij N.N.* Nekotorye osobennosti merzlot-  
no-gidrogeologicheskogo stroeniya artezijskix basse-  
jnov otkrytogo tipa v oblasti mnogoletnej merzloty //  
Merzlotnye issledovaniya. 1968. Vyp. 8. P. 89–111.
6. *Melnikov P.I.* O glubine promerzaniya verxnjej  
zony zemnoj kory na territorii Yakutskoj ASSR // Ge-  
otermicheskie issledovaniya i ispolzovanie tepla Zemli.  
M.: Nauka, 1966. P. 110–113.
7. *Zhestkova T.N.* Sezonnoe promerzanie i protaivanie  
gruntov v rajone budushhej dorogi Mux TUYA-Mirnyj //  
Sbornik statej po obshhemu merzlotovedeniyu. Vol. XVI.  
M.: Izd-vo AN SSSR, 1960. P. 116–127.
8. *Merzlotno-landshafnaya* karta Yakutskoj ASSR  
masshtaba 1:2 500 000 / Pod red. P.I. Melnikova. M.:  
GUGK, 1991. 2 l.
9. *Grave N.A.* Vechnaya merzlota v dolinax rek yugo-  
zapadnoj chasti Sredne-Sibirskogo ploskogorya // Tr. In-  
ta merzlotovedeniya im. V.A. Obrucheve. 1952. Vol. 10.  
M. P. 169–173.
10. *Nazarov G.I.* K voprosu o rasprostranении mnogo-  
letnemerzlyx porod na vodorazdele Nizhnej i Podka-  
mennoj Tungusok i v bassejne r. Nyui // Trudy In-  
ta merzlotovedeniya im. V.A. Obrucheve. 1959. Vol. 15.  
P. 194–211.
11. *Tyutyunov I.A.* Inzhenerno-geologicheskie oso-  
bennosti mnogoletnemerzlyx skalnyx porod v rajone  
trubki «Mir» // Issledovaniya po fizike i mexanike merz-  
lyx gruntov. Vyp. 4. M.: AN SSSR, 1961. P. 216–241.
12. *Moshhanskij V.A., Mulina A.V.* Nekotorye dannye  
o stroenii verhnjej chasti mnogoletnemerzloj tolshhi v  
predelax Leno-Vilyujskogo vodorazdela // Merzlotnye  
issledovaniya. 1961. Iss. II. S. 115–128.
13. *Baranov I.Ya.* Geokriologicheskaya karta SSSR  
masshtaba 1: 5 000 000. M.: GUGK, 1977. 4 l.
14. *Schematicheskaya* geokriologicheskaya karta Ya-  
kutskoj ASSR. Masshtab 1:5 000 000 (Vkladka) / Sost.  
Melnikov P.I. // Hidrogeologiya SSSR. Vol. XX: Yakuts-  
kaya ASSR. M.: Nedra, 1970.
15. *Vasilev I.S.* Osobennosti formirovaniya perezim-  
ka na Prilenskom plato // Regionalnye geokriologich-  
eskie issledovaniya v Vostochnoj Azii. Yakutsk, 1983.  
P. 72–79.
16. *Vasilev I.S.* Prostranstvenno-vremennye zakono-  
mernosti formirovaniya deyatelnogo sloya v landshaftah  
Zapadnoj Yakutii. Novosibirsk: Nauka, 2005. 228 p.
17. *Fotiev S.M.* Zakonomernosti formirovaniya i ras-  
prostraneniya talikov na territorii Sibirskoj platformy` //  
Trudy PNIIS. Vol. 2. M., 1970.
18. *Fotiev S.M., Danilova N.S., Sheveleva N.S.*  
Geokriologicheskie usloviya Srednej Sibiri. M.: Nauka,  
1974. 148 p.
19. *Vejsman L.I.* Osobennosti landshaftno-indika-  
cionnyx issledovanij kriogennyx processov // Kriogen-  
nye processy. M.: Nauka, 1978. P. 19–32.
20. *Kondrat'eva K.A., Lazukova G.G.* Rol rastitelno-  
go pokrova kak odnogo iz priznakov vydeleniya mikro-  
rajonov v celyah merzlotnogo krupnomasshtabnogo kar-  
tirovaniya (na primere rajona Vilyujskoj GES) // Merz-  
lotnye issledovaniya. 1963. Iss. III. P. 63–72.
21. *Pozdnyakov L.K.* O vliyaniii rastitel'nosti na glu-  
binu letnego ottaivaniya pochvy // Sbornik rabot po geo-  
botanike, lesovedeniyu, paleogeografii i floristike. M.:  
L.: Izd-vo AN SSSR, 1956. P. 425–430.
22. *Tyrtikov A.P.* Vliyanie rastitel'nogo pokrova na  
promerzanie i protaivanie grun-tov. M.: Izd-vo Mosk.  
un-ta, 1969. 192 P.
23. *Tyrtikov A.P.* Dinamika rastitel'nogo pokrova i  
razvitie merzlotnyx form relefa. M.: Nauka, 1979. 116 p.
24. *Shats M.M.* Geokriologicheskie problemy Sred-  
nebotuobinskogo mestorozhdeniya (Zapadnaya Yakuti-  
ya) // Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Hidroge-  
ologiya. Geokriologiya, 2012. No. 3. P. 205–213.
25. *Sukhorukova A.F.* Geokriologicheskie usloviya  
trassy truboprovoda «Sila Sibiri» (Krasnoyarskij kraj,  
Irkutskaya oblast', Respublika Saxa) // XIV Mezhduna-  
narodnyj nauchnyj kongress (g. Novosibirsk, 23–27  
aprelya 2018 g.): Sbornik materialov v 6 t. 2018. Vol. 1.  
P. 32–39.

S.P. GOTOVTSEV, I.V. KLIMOVSKY

*About the authors*

GOTOVTSEV Semen Petrovich, candidate of geological and mineralogical sciences, head of laboratory, P.I. Melnikov Permafrost Institute, SB RAS, 36 Merzlotnaya Str., Yakutsk, 677010, gotovcev@mpi.ysn.ru;

KLIMOVSKY Igor Vladimirovich, candidate of geographical sciences, leading researcher, P.I. Melnikov Permafrost Institute, SB RAS, 36 Merzlotnaya Str., Yakutsk, 677010, mpi@ysn.ru.

*Citation*

*Gotovtsev S.P., Klimovsky I.V.* On geocryological study of the southern part of Western Yakutia // Arctic and Subarctic Natural Resources. 2020. Vol. 25, No. 2. P. 81–86. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2020-25-2-6>