



Оригинальная статья / Original article

УДК 556.16(282.256.86)

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-2-134-140>

## Гидрогеологические отличия геодинамически разных террейнов

© В.Е. Гловов<sup>а</sup><sup>а</sup>Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт  
им. Н.А. Шило ДВО РАН, г. Магадан, Россия

**Резюме:** В статье представлены и проанализированы данные о подземных водах зон активного (надмерзлотные) и затрудненного (подмерзлотные) водообмена геодинамически разных террейнов с целью доказать гидрогеологическую значимость их историко-тектонических характеристик. На примере Заполярной Чукотки показано, что в надмерзлотных условиях повсеместно распространенные элювиально-делювиальные покровы наиболее водобильны на террейне – фрагменте пассивной континентальной окраины, наименее – на террейнах активной окраины. В подмерзлотной обстановке гидрогеологическая ситуация изменяется: более водопроницаемые и водоёмкие породы слагают террейны активной окраины. Эти отличия связаны с уровнем тектонического разуплотнения пород и, соответственно, с различной интенсивностью процессов выветривания пород террейнов разной геодинамической природы в надмерзлотных и подмерзлотных условиях. В зоне гипергенеза на террейнах пассивной континентальной окраины продукты выветривания пород, накопившиеся в относительно спокойных геолого-исторических обстановках, крупнообломочные, заполнитель – песчаный. На террейнах активной окраины, претерпевших длительные субвертикальные и субгоризонтальные перемещения, продукты выветривания более мелкообломочны, в составе заполнителя – супеси и суглинки. Так как толща многолетнемерзлых пород на Заполярной Чукотке, как и в Восточной Сибири, больше глубины гипергенных преобразований, в подмерзлотных условиях большей водобильностью отличаются террейны активной континентальной окраины, породы которых испытали воздействие процессов тектонического разуплотнения, в основном сдвигового и надвигового характера.

**Ключевые слова:** Заполярная Чукотка, тектоническое разрыхление, гипергенез, террейны, криолитозона, зоны свободного и затрудненного водообмена

**Благодарности:** Автор благодарен Л.П. Глововой за помощь в сборе фактического материала и оформлении результатов данного исследования. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60036.

**Для цитирования:** Гловов В.Е. Гидрогеологические отличия геодинамически разных террейнов. *Науки о Земле и недропользование*. 2021. Т. 44. № 2. С. 134–140. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-2-134-140>

## Hydrogeological dissimilarity of geodynamically different terranes

© Vladimir E. Glotov<sup>а</sup><sup>а</sup>North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute named after M.A. Shilo,  
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia

**Abstract:** The article presents and analyzes the data on ground waters of active (suprapermafrost) and hindered (subpermafrost) water exchange of geodynamically different terrains in order to prove the hydrogeological importance of their historical and tectonic characteristics. On the example of Trans-Polar Chukotka it is shown that, under suprapermafrost conditions, the ubiquitous eluvial-deluvial nappes are the most water-abundant on the terrane – a fragment of the passive continental margin, whereas they are the least water-abundant on the terrains of the active margin. Hydrogeological situation changes under subpermafrost conditions: more permeable and water-retaining rocks compose the terranes of the active margin. These differences are associated with the level of rock tectonic decompaction and, accordingly, with different intensity of weathering processes in the terrane rocks of different geodynamic origin in suprapermafrost and subpermafrost conditions. The hypergenesis zone on the terranes of the passive continental margin features coarse-grained rock weathering products accumulated in relatively calm geological and historical environments, the aggregate is sandy. The terranes of the active margin, which underwent long-term subvertical and subhorizontal displacements contain more fine-grained weathering products; the aggregate includes sandy loam and clay sand. Since the permafrost strata in both Trans-Polar Chukotka and Eastern Siberia is greater than the depth of hypergene transformations, the terranes of the active continental margin, the rocks of which were impacted by tectonic decompaction processes, mainly of a strike-slip and thrust nature, feature greater water abundance in subpermafrost conditions.

**Keywords:** Trans-Polar Chukotka, tectonic loosening, hypergenesis, terranes, permafrost zone, zones of free and hindered water exchange

**Acknowledgements:** The author is grateful to Lyudmila P. Glotova for her help in fact-finding and formalization of the research results. The research was funded by the Russian Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project no. 18-05-60036.



**For citation:** Glotov VE. Hydrogeological dissimilarity of geodynamically different terranes. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie = Earth sciences and subsoil use*. 2021;44(2):134–140. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-2-134-140>

## Введение

В предыдущих работах, опубликованных с 2012 года до настоящего времени, нами было показано, что роль зоны свободного (активного, интенсивного) водообмена в формировании общего водного стока в горных районах криолитозоны в определенной степени связана с геодинамической природой террейнов [1, 2]. Напомним, что террейн – это ограниченное разломами геологическое тело (блок) регионального масштаба, характеризующееся составом пород, структурными особенностями, тектонической историей, отличающей его от соседних блоков [3–5]. По своей геодинамической природе террейны могут быть фрагментами древних платформ (кратонами), пассивных континентальных окраин и образующихся в зонах погружения океанической коры под континентальную (зоны субдукции) активных континентальных окраин: террейны островных дуг, аккреционные, задуговые и т. д. [6]. Автором данной работы выявлены гидрологические и гидрогеологические признаки влияния террейнов на формирование практически всех составляющих водного режима рек, в том числе ледового и половодий [7, 8]. В представляющих данные аспекты работах подчеркнута, что эти заключения относятся к зоне свободного водообмена. Активность геохимических процессов гипергенного преобразования пород в данной зоне определяется не только их составом, но и степенью тектонической дезинтеграции или тектонического разрыхления [9, 10]. Наиболее дезинтегрированы породы, слагающие террейны активных континентальных окраин, испытавших длительные во времени и в пространстве перемещения. На площадях этих террейнов, прежде всего на выложенных водоразделах и на склонах речных долин, продукты выветривания более насыщены тонкими и глинистыми частицами, чем продукты выветривания на площадях террейнов пассивных континентальных окраин или кратонов. По этой причине современные водообменные процессы в горных долинах на террейнах активной окраины замедлены по сравнению с про-

цессами на террейнах пассивных окраин. Вместе с тем, действие фактора выветривания затруднено или не происходит в подмерзлотных горизонтах при мощности криолитозоны более 100–120 м, то есть глубже проникновения гипергенных трещин [11].

## Материалы и методы исследования

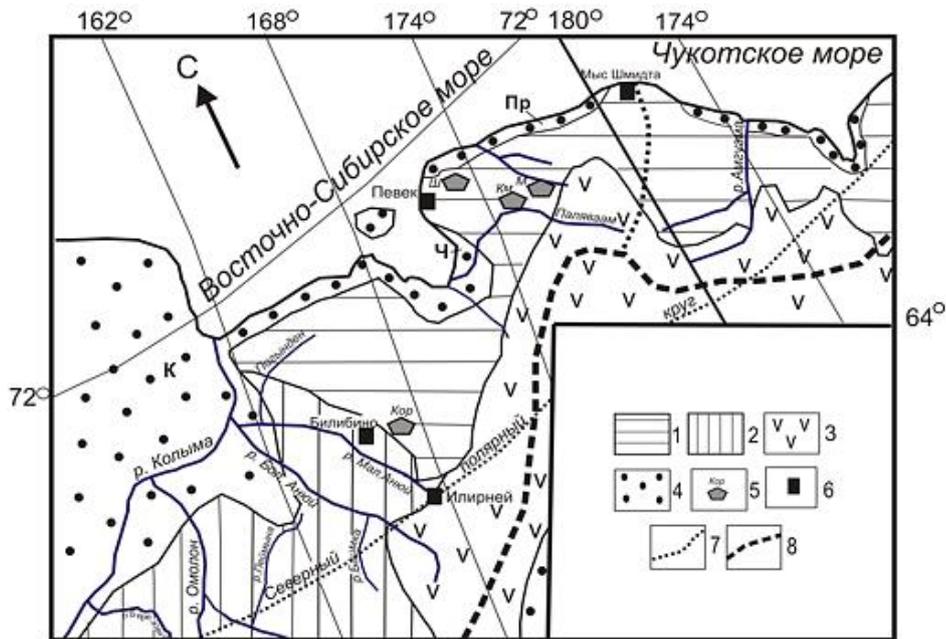
Целью представленного исследования являлось выявление гидрогеологических особенностей в террейнах разной геодинамической природы не только в зоне свободного водообмена, но и в подмерзлотных условиях. Предметом исследования были подмерзлотные воды, очень слабо изученные в данном регионе. Основными методами исследования послужили анализ и обобщение фактического материала как опубликованных, так и рукописных отчетов.

## Геолого-гидрогеологические условия района

Изучаемая территория (рисунок) омывается Восточно-Сибирским и Чукотским морями, с юга она ограничена Полярным кругом (66°33'44" с. ш.), с запада – долиной р. Колымы, с востока – меридианом 180 °С, за которым начинается западное полушарие Земли. Преобладающий рельеф здесь – преимущественно сглаженные низкие горы Чукотского нагорья. На участках интрузивных и вулканогенных массивов развиты среднегорные хребты с отметками до 1800 м.

Реки – горные, водосборные площади их – не больше 57 тыс. км<sup>2</sup> (р. Большой Анюй). Речные долины несут следы ледникового воздействия, в верховьях рек и их боковых притоках имеются места развития ледниковых цирков [12].

В геологическом отношении Заполярная Чукотка относится к Олойско-Чукотскому орогенному поясу, в строении которого принимает участие Чукотский террейн – фрагмент пассивной континентальной окраины, а также Олойско-Ануйская система террейнов активной окраины [13, 14]. Последние сложились



### Географо-геологическая схема Заполярной Чукотки:

1–3 – горные территории на тектонической основе: 1 – Чукотского террейна пассивной континентальной окраины, 2 – Алюйско-Олойской системы террейнов активной окраины, 3 – эффузивных покровов мелового возраста; 4 – низменности: К – Колымская, Ч – Чаунская, Пр – Приморская; 5 – участки многолетних геолого-разведочных работ на площадях месторождений: Ш – Штокверковское, М – Майское, Км – Комсомольское, Кор – Коральвеевское; 6 – постоянные населенные пункты; 7 – Северный полярный круг; 8 – Главный водораздел Земли

### Geographic and geological diagram of Trans-Polar Chukotka:

1–3 – mountainous territories on a tectonic basis of: 1 – Chukotka terrane of the passive continental margin, 2 – Anyui-Oloi terrane system of the active margin, 3 – effusive nappes of the Cretaceous age; 4 – lowlands: K – Kolymskaya, Ch – Chaunskaya, Pr – Primorskaya; 5 – sites of long-term geological exploration works on the deposits: Ш – Shtokverkovoye, M – Mayskoye, Км – Komsomolskoye, Кор – Koralyveemskoye; 6 – permanent settlements; 7 – Arctic Circle; 8 – the main Earth Divide

на территории бывшего океанического пролива, разделяющего Североазиатскую и Североамериканскую литосферные плиты. Закрывание океана в начале позднего мела сопровождалось сближением указанных плит, фрагменты островных дуг были надвинуты на их окраины. Эти события, завершившиеся около 120 млн лет назад, находят отражение в современных особенностях формирования и распространения подземных вод.

Геокриологическая обстановка определяется повсеместным распространением многолетнемерзлых пород [15, 16].

### Результаты исследования и их обсуждение

Наиболее заметны гидрогеологические отличия при изучении минимального расхода в теплый период года – в августе-сентябре в условиях меженного стока. В это время

в питании рек участвуют преимущественно воды сезонно-талого слоя и надмерзлотных таликов (табл. 1). С потеплением климата увеличивается роль таяния гидрокриогенного ресурса [17–20]. Современная значимость этого ресурса в питании заполярных рек отражена в публикации [21].

Подмерзлотные воды не имеют четко выраженных выходов на дневную поверхность. Они изучались с помощью скважин глубиной 200–300, реже – до 500 м при разведке рудных месторождений (Ю.А. Маркин, А.М. Рудавский, Т.Ю. Щитникова и др.), для изучения условий водоснабжения арктических поселков и в редких случаях при выполнении гидрогеологической съемки масштаба 1:200000 (Д.В. Ефимова, Л.Н. Санникова). Обобщенные результаты многолетних работ приведены в табл. 2.



**Таблица 1. Показатели стока вод сезонно-талого слоя в реки Заполярной Чукотки [21]**  
**Table 1. Indicators of seasonally thawed layer water runoff in the rivers of Trans-Polar Chukotka [21]**

Река, пункт; площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Дренаруемый террейн	Период наблюдений, годы	Минимальный сток за 30 сут. в летний период, межень	
			Мм	Л/с·км <sup>2</sup>
Паляваам, 0,8 км ниже устья р. Кооквын; 6810	Чаунский субтеррейн Чукотского террейна пассивной окраины	1971–1980	23	0,73
		1981–1996	28	0,84
Погынден, устье р. Инкулинвеем; 12000	Зона взаимодействия Олойско-Аньюйской системы террейнов активной окраины с Чукотским террейном	1960–1980	8	0,25
		1981–1996	11	0,35
Инкулинвеем, устье; 242	Нутесынский террейн – фрагмент островной вулканической дуги Олойско-Аньюйской системы террейнов активной окраины	1960–1980	1	0,03
		1981–2010	2	0,06
Пеймына, 1,5 км выше устья; 1480	Олойский террейн – фрагмент островной дуги Олойско-Аньюйской системы террейнов активной окраины	1968–1980	6	0,19
		1981–1994	8	0,25
Баимка, пос. Баимка; 480	Олойский и Яракваамский террейны – фрагменты островных дуг Олойско-Аньюйской системы террейнов активной окраины	1963–1980	12	0,38
		1981–2000	12	0,38

**Таблица 2. Геокриологические и гидрогеологические условия террейнов Центрального Заполярья\***  
**Table 2. Geocryological and hydrogeological conditions of Central Arctic terranes\***

Вскрытая мощность многолетнемерзлых пород, м: от минимума до максимума; средняя	Статистическая отметка уровня подмерзлотных вод, м: от минимума до максимума; аномальные значения	Сведения об удельных дебитах скважин, л/с·м: от минимума до максимума; аномальные значения
<i>Чукотский террейн – фрагмент пассивной континентальной окраины (63 скважины)</i>		
Складчато-надвиговые блоки (54 скважины)		
От 161 до 245; средняя – 185	От 209 до 267; аномальные – 235	От 0,0002 до 0,07; аномальные: 0,115 – в долине р. Пыркакайваам; 0,11–0,25 – в долине руч. Олений; 0,16 – на водоразделе руч. Олений и Рогатый
Поле развития пород триасового возраста вне осложняющих структур (9 скважин)		
От 100 до 213; средняя – 145. Наибольшая – на горных склонах, наименьшая – в речных долинах	От 160 до 530; аномальные – 175. Максимальная – в долинах верховий рек при наличии озер ледникового происхождения	От 0,000003 до 0,001; аномальные: до 1,5 – в зонах сквозных таликов
<i>Олойско-Аньюйская система террейнов – фрагментов активной окраины (7 скважин)</i>		
От 120 до 263; средняя – 165	До 560 м – сквозной талик в долине р. Коральвеем; аномальные: со статическими отметками в единицы и первые десятки метров – в замкнутых подмерзлотных линзах	От 0,01 (месторождение Встречное) до 45 (сквозной талик в долине р. Коральвеем) <sup>1</sup>

*Примечание.* \* По материалам полевых работ Д.В. Ефимовой, О.И. Макартеца, В.П. Матвеева, Ю.А. Маркина, Г.Ю. Фейгина и др. Мерзлотно-гидрогеологические показатели по скважинам в прибрежно-морской зоне в таблицу не включены.

*Note.* \* Based on the field work materials of Dina V. Efimova, Oleg I. Makartsev, Viktor P. Matveev, Yuri A. Markin, Georgy Yu. Feigin et al. Cryogenic and hydrogeological indicators by the wells in the coastal-marine zone are not included in the table.

<sup>1</sup> Шумихина М.К. Гидрогеология // Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-6 1:1000000 (новая серия). Лист R-58 (60) – Билибино. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. С. 68–76.



Представленные в табл. 2 данные позволяют рассматривать площадь Чукотского террейна как сложную гидрогеологическую структуру, подмерзлотные воды которой находятся в условиях затрудненного и весьма затрудненного водообмена. На этом фоне выделяются ограниченные разломами тектонически напряженные складчато-надвиговые или складчато-чешуйчатые участки (своды, блоки) с подмерзлотными водами, распространенными в зонах брекчирования и горизонтальных надвигах, водопроницаемость которых, судя по удельным дебитам, в десятки и сотни раз превышает этот показатель в окружающих массивах горных пород, но остается крайне низкой. По этой причине подмерзлотный обмен в таких сводах затруднен даже под руслами дренирующих их водотоков.

В системе террейнов – фрагментов активной окраины показатели водоносности триасовых и нижнеюрских пород в подмерзлотных условиях явно выше, чем на площади Чукотского террейна.

### Заключение

Таким образом, есть основания считать, что зона свободного водообмена на площадях террейнов – фрагментов пассивных континентальных окраин более водообильна, чем на террейнах – фрагментах активных окраин. В подмерзлотной зоне затрудненного водообмена, не затронутой процессами гипергенного преобразования, выше водообильность пород, слагающих террейны – фрагменты активных окраин.

### Список литературы

1. Глотов В.Е. Влияние геодинамической природы террейнов на ресурсы пресных подземных вод (на примере Северо-Востока России) // Подземная гидросфера: материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России. Иркутск, 2012. С. 310–314.
2. Глотов В.Е. Террейны – новые объекты гидрогеологических исследований // Подземные воды России: материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России. Новосибирск – Иркутск, 2018. С. 156–160.
3. Казанцева Т.Т. Фундаментальные теории эволюции земной коры // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2015. Т. 20. № 3. С. 14–27.
4. Имаева Л.П., Имаев В.С., Мельникова В.И., Козьмин Б.М. Новейшие структуры и тектонические режимы напряженно-деформированного состояния земной коры северо-восточного сектора Российской Арктики // Геотектоника. 2016. № 6. С. 3–22. <https://doi.org/10.7868/S0016853X16060035>
5. Toro J., Miller E.L., Prokopyev A.V., Zhang X., Veselovskiy R. Mesozoic orogens of the Arctic from Novaya Zemlya to Alaska // Journal of the Geological Society. 2016. Vol. 173. Iss. 6. P. 989–1006. <https://doi.org/10.1144/jgs2016-083>
6. Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В., Владова Г.Л., Мирлин Е.Г., Миронов Ю.В., Рожкова В.В. [и др.]. Зоны субдукции: действующие силы, геодинамические типы, сейсмичность и металлогения // Вестник Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук Российской академии наук. 2020. Т. 1. № 2. С. 1–11.
7. Глотов В.Е., Глотова Л.П., Ушаков М.В. Тектонический контроль ледового режима водотоков Верхней Колымы // Геозология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2017. № 3. С. 31–40.
8. Глотов В.Е., Глотова Л.П., Ушаков М.В. Роль геологической истории водосборных площадей в формировании половодий в горах Субарктики // Устойчивое развитие горных территорий. 2020. Т. 12. № 1. С. 26–38.
9. Леонов М.Г., Кочарян Г.Г., Ревуженко А.Ф., Лавриков С.В. Тектоника разрыхления: геологические данные и физика процесса // Геодинамика и тектонофизика. 2020. Т. 11. № 3. С. 491–521. <https://doi.org/10.5800/GT-2020-11-3-0488>
10. Киссин И.Г. Флюидная система и геофизические неоднородности консолидированной земной коры континентов // Вестник Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук Российской академии наук. 2001. № 2. С. 1–22.
11. Пиннекер Е.В., Писарский Б.И. Особенности взаимодействия подземных вод и многолетнемерзлых пород // Региональная гидрогеология и инженерная геология Восточной Сибири: сб. стат. Новосибирск: Наука, 1978. С. 21–27.
12. Беликович А.В., Галанин А.А., Галанин А.В., Галанин Д.А., Галанина Л.М., Головин О.С. [и др.]. Природа и ресурсы Чукотки / ред. А.В. Галанин. Магадан: Изд-во СВКНИИ ДВО РАН, 1997. 236 с.
13. Бялбжеский С.Г., Горячев Н.А., Шпикерман В.М. Кратоны и орогенные пояса Востока России // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / ред. А.И. Ханчук. Кн. 1. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 144–152.
14. Тибилов И.В. Особенности геологического развития Севера Чукотки с позиций термодинамической парадигмы эндогенных процессов. Магадан: Изд-во СВКНИИ ДВО РАН, 2005. 302 с.
15. Афанасенко В.Е., Замолотчикова С.А., Тишин М.И., Зуев И.А. Северо-Чукотский регион // Геокриология СССР / ред. Э.Д. Ершов. М.: Недра, 1989. С. 280–293.
16. Фотиев С.М. Подземные воды криогенной области России (классификация) // Криосфера Земли. 2013. Т. 17. № 2. С. 41–59.
17. Алексеев В.Р. Талая вода – криогенный ресурс планеты // География и природные ресурсы. 2012. № 1. С. 24–31.



18. Алексеев В.Р., Бояринцев Е.Л., Гопченко Е.Д., Сербов Н.Г., Завалий Н.В. Механизмы криогенного регулирования стока в формировании водного баланса малых горных рек зоны многолетнемерзлых пород // Украинский гидрометеорологический журнал. 2011. № 8. С. 182–194.

19. Алексеев В.Р., Горин В.В., Котов С.В. Наледи-тарыны Северной Чукотки // Лед и снег. 2011. № 4. С. 85–93.

20. Толстик О.Н. Наледи и подземные воды Северо-Востока СССР / отв. ред. С.М. Фотиев. Новосибирск: Наука, 1974. 164 с.

21. Глотов В.Е., Ушаков М.В. Климатически обусловленные изменения стока заполярных рек Западной Чукотки // Криосфера Земли. 2020. Т. 24. № 6. С. 33–44. [https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2020-6\(33-44\)](https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2020-6(33-44))

## References

1. Glotov VE. Influence of terrane geodynamic nature on fresh groundwater resources (on example of the North-East of Russia). In: *Podzemnaya gidrosfera: materialy Vserossiiskogo soveshchaniya po podzemnym vodam Vostoka Rossii = Underground hydrosphere: Proceedings of the All-Russian meeting on groundwater in the East of Russia*. Irkutsk; 2012. p.310–314. (In Russ.)

2. Glotov VE. Terranes – new objects of hydrogeological research. In: *Podzemnye vody Rossii: materialy Vserossiiskogo soveshchaniya po podzemnym vodam Vostoka Rossii = Underground waters of Russia: Proceedings of the All-Russian meeting on groundwater in the East of Russia*. Novosibirsk – Irkutsk; 2018. p.156–160. (In Russ.)

3. Kazantseva TT. Basic theories on the evolution of the Earth's crust. *Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan = The Herald of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan*. 2015;20(3):14–27. (In Russ.)

4. Imaeva LP, Imaev VS, Mel'nikova VI, Koz'min BM. Recent structures and tectonic regimes of the stress-strain state of the Earth's crust in the northeastern sector of the Russian Arctic region. *Geotektonika*. 2016;6:3–22. (In Russ.) <https://doi.org/10.7868/S0016853X16060035>

5. Toro J, Miller EL, Prokoviev AV, Zhang X, Veselovskiy R. Mesozoic orogens of the Arctic from Novaya Zemlya to Alaska. *Journal of the Geological Society*. 2016;173(6):989–1006. <https://doi.org/10.1144/jgs2016-083>

6. Gatinskii YuG, Rundkvist DV, Vladova GL, Mirlin EG, Mironov YuV, Rozhkova VV, et al. Subduction zones: acting forces, geodynamic types, seismicity and metallogeny. *Vestnik Otdeleniya geologii, geofiziki, geokhimii i gornykh nauk Rossiiskoi akademii nauk*. 2020;1(2):1–11. (In Russ.)

7. Glotov VE, Glotova LP, Ushakov MV. The tectonic control of the ice regime in Upper Kolyma rivers. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya*. 2017;3:31–40. (In Russ.)

8. Glotov VE, Glotova LP, Ushakov MV. Flooding processes in Subarctic mountains as affected by catchment areas geology. *Ustoichivoe razvitie gornykh territorii = Sustainable Development of Mountain Territories*. 2020;12(1):26–38. (In Russ.)

9. Leonov MG, Kocharyan GG, Revuzhenko AF, Lavrikov SV. Tectonics of rock loosening: geological data and physics of the process. *Geodinamika i tektonofizika = Geodynamics & Tectonophysics*. 2020;11(3):491–521. (In Russ.) <https://doi.org/10.5800/GT-2020-11-3-0488>

10. Kissin IG. The fluid system and geophysical heterogeneities of the consolidated Earth crust of the continents. *Vestnik Otdeleniya geologii, geofiziki, geokhimii i gornykh nauk Rossiiskoi akademii nauk*. 2001;2:1–22. (In Russ.)

11. Pinneker EV, Pisarskii BI. Groundwater and permafrost rock interaction features. In: *Regional'naya gidrogeologiya i inzhenernaya geologiya Vostochnoi Sibiri = Regional hydrogeology and engineering geology of Eastern Siberia*. Novosibirsk: Nauka; 1978. p.21–27. (In Russ.)

12. Belikov AV, Galanin AA, Galanin AV, Galanin DA, Galanina LM, Golovin OS, et al. *Nature and resources of Chukotka*. Magadan: North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute named after M.A. Shilo, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; 1997. 236 p. (In Russ.)

13. Byalobzheskii SG, Goryachev NA, Shpikerman VM. Cratons and orogenic belts of Russian East. In: Khan-chuk AI (ed.). *Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii = Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia*. Book 1. Vladivostok: Dal'nauka; 2006. P.144–152. (In Russ.)

14. Tibilov IV. *Geologic history of Northern Chukotka from viewpoints of a thermodynamic paradigm of endogenous processed*. Magadan: North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute named after M.A. Shilo, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; 2005. 302 p. (In Russ.)

15. Afanasenko VE, Zamolotchikova SA, Tishin MI, Zuev IA. *North Chukotska region*. In: Ershov ED (ed.). *Geokriologiya SSSR = USSR Geocryology*. Moscow: Nedra; 1989. p.280–293. (In Russ.)

16. Fotiev SM. Underground waters of cryogenic area of Russia (classification). *Kriosfera Zemli*. 2013;17(2):41–59. (In Russ.)

17. Alekseev VR. Melt water as a cryogenic resource of the planet. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2012;1:24–31. (In Russ.)

18. Alekseev VR, Boiaryntsev YeL, Gopchenko YeD, Serbov MG, Zavaliy NV. The mechanism of cryogenic runoff control at the formation of water balance of small mountain rivers in the area of permafrost rocks. *Ukrainskii gidrometeorologicheskii zhurnal = Ukrainian Hydrometeorological Journal*. 2011;8:182–194. (In Russ.)

19. Alekseev VR, Gorin VV, Kotov SV. Giant icings – taryns of Northern Chukotka. *Led i sneg = Ice and Snow*. 2011;4:85–93. (In Russ.)

20. Tolstikhin ON. *Icing mounds and groundwater in the USSR North-East*. Novosibirsk: Nauka; 1974. 164 p. (In Russ.)

21. Glotov VE, Ushakov MV. Climate-related changes in the runoff of polar rivers in Western Chukotka. *Kriosfera Zemli*. 2020;24(6):33–44. [https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2020-6\(33-44\)](https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2020-6(33-44))

**Сведения об авторе / Information about the author**

**Глотов Владимир Егорович,**  
доктор геолого-минералогических наук,  
главный научный сотрудник Лаборатории региональной геологии и геофизики,  
Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт  
им. Н.А. Шило ДВО РАН,  
685000, г. Магадан, ул. Портовая, 16, Россия,  
✉ e-mail: geocol@neisri.ru  
**Vladimir E. Glotov,**  
Dr. Sci. (Geol. & Mineral.),  
Chief Researcher of the Laboratory of Regional Geology and Geophysics,  
North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute named after M.A. Shilo,  
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,  
16 Portovaya St., Magadan 685000, Russia,  
✉ e-mail: geocol@neisri.ru

**Заявленный вклад автора / Contribution of the author**

Автор выполнил исследовательскую работу, на основании полученных результатов провел обобщение, подготовил рукопись к печати.

The author performed the research, made a generalization on the basis of the results obtained and prepared the copyright for publication.

**Конфликт интересов / Conflict of interests**

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.  
The author declares no conflicts of interests.

*Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.*  
*The final manuscript has been read and approved by the author.*

**Информация о статье / Information about the article**

Статья поступила в редакцию 04.03.2021; одобрена после рецензирования 08.04.2021; принята к публикации 12.05.2021.

The article was submitted 04.03.2021; approved after reviewing 08.04.2021; accepted for publication 12.05.2021.