Оригинальная статья / Original article

УДК 551.349

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-2-184-190>

Анализ влияния криолитозоны на водообменные процессы

© В.В. Шепелёв^a^aИнститут мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

Резюме: В статье акцентируется внимание на важности изучения водообменной роли криолитозоны, занимающей в настоящее время четверть суши Земли и распространяющейся в некоторых районах до глубины 1,5 км, а также оценке влияния мерзлоты на формирование ресурсов и режима поверхностных и подземных вод. Прежде всего, водообменная функция криолитозоны связана с процессами промерзания водонасыщенных и протаивания льдо-насыщенных горных пород. Автор рассматриваются отдельно водообменная роль деятельного слоя и воздействие многолетней динамики криолитозоны на направленность и масштабы водообмена. Водообменная функция деятельного слоя обусловлена сезонными фазовыми переходами подземных вод из жидкого состояния в твердое и обратно. Так, объем воды, образуемой от таяния подземного льда, аккумулированного в зимний период в деятельном слое, составляет $4 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$. В связи с этим в гидрологическом (климатическом) цикле круговорота природных вод нами предлагается отдельно выделять криогидрогенное звено, связанное с сезонными переходами подземных вод из жидкого состояния в твердое и обратно в деятельном слое криолитозоны. Безусловно, еще более масштабна водообменная функция криолитозоны, связанная с многолетней динамикой ее развития под воздействием периодических крупных колебаний климата. Так, за период голоценового климатического оптимума было переведено в жидкую фазу около $4,5 \cdot 10^{15} \text{ м}^3$ подземного льда. Интенсивность поступления воды, образуемой от таяния этого количества льда, в поверхностные и подземные районы ее аккумуляции составляла в среднем около 820 км^3 в год. Учитывая данное обстоятельство, автором предлагается выделять отдельно криолитогенное звено в геологическом цикле круговорота природных вод.

Ключевые слова: криолитозона, мерзлота, водообменный цикл, подземные воды, поверхностные воды, круговорот природных вод

Благодарности: Исследование выполнено при частичной поддержке РФФИ (проекты № 18-05-60036 и № 20-05-00670).

Для цитирования: Шепелёв В.В. Анализ влияния криолитозоны на водообменные процессы. *Науки о Земле и недропользование*. 2021. Т. 44. № 2. С. 184–190. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-2-184-190>

Analysis of permafrost effect on water exchange processes

© Viktor V. Shepelev^a^aMelnikov Permafrost Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

Abstract: The article focuses on the importance of studying the water exchange role of the permafrost, which currently occupies a quarter of the Earth's land and is 1.5 km deep in some regions, as well as assessing the permafrost impact on the formation of surface and ground water resources and regime. First of all, the permafrost water exchange function is associated with the freezing of water-saturated rocks and thawing of ice-saturated ones. The author gives individual consideration to the water exchange role of the active layer and the effect of the permafrost long-term dynamics on water exchange direction and scale. The water exchange function of the active layer appears due to the seasonal phase transitions of groundwater from a liquid to a solid state and back. Thus, the volume of water formed by the thawing of underground ice accumulated in the active layer in winter has been estimated about $4 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$. In this regard, it is proposed to give cryohydrogenic part associated with the seasonal transitions of groundwater from the liquid to solid state and back in the active layer of the cryolithozone independent consideration within the hydrological (climatic) cycle of the natural water circulation. It is most certain that the permafrost water exchange function is more significant being associated with long-term permafrost development dynamics under the influence of periodic dramatic climate fluctuations. Thus, during the Holocene climatic optimum about $4.5 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$ of underground ice was converted to the liquid phase. The intensity of water formed from the melting of this amount of ice inflowing its surface and underground reservoirs has been estimated about 820 km^3 per year. This fact considered, the author proposes to consider the cryolithogenic part separately in the geological cycle of the natural water cycle.

Keywords: cryolithozone, permafrost, water exchange cycle, groundwater, surface water, natural water cycle

Acknowledgements: The research was carried out with the partial support of the Russian Foundation for Basic Research (projects no. 18-05-60036 and no. 20-05-00670).

For citation: Shepelev VV. Analysis of permafrost effect on water exchange processes. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie = Earth sciences and subsoil use*. 2021;44(2):184–190. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-2-184-190>

Введение

В криолитозоне, занимающей в настоящее время четверть суши Земли и распространяющейся в некоторых районах до глубины 1,5 км и более, содержится по ориентировочным расчетам около 400 тыс. км³ подземного льда. Однако криолитозона является не только весьма масштабным по размерам хранилищем льда, но и очень динамичной открытой диссипативной системой. Основная особенность криолитозоны заключается в фазовых переходах воды, которые во многом обуславливают сложность ее строения, высокую динамичность и специфичность развития различных процессов криогенеза. В данной системе происходят фазовые переходы воды из жидкого состояния в твердое (процессы льдообразования или промерзания), из твердого – в жидкое (процессы протаивания), из газообразного – в твердое (процессы десублимации или абляции), из твердого – в газообразное (процессы сублимации), из жидкого – в газообразное (процессы испарения), а также из газообразного состояния в жидкое (процессы конденсации).

Материалы и методы исследования

В представленном исследовании автором проведен анализ влияния криолитозоны на водообменные процессы. Анализ выполнен на основе имеющихся опубликованных данных. При этом учитывались главным образом результаты комплексных стационарных наблюдений, когда изучались как особенности режима различных типов подземных вод криолитозоны, так и геокриологические, метеорологические, гидрологические и другие условия их формирования, распространения и разгрузки.

Результаты исследования и их обсуждение

Водообменная функция криолитозоны связана прежде всего с фазовыми переходами воды из жидкого состояния в твердое и обратно, то есть с процессами промерзания водонасыщенных и протаивания льдонасыщенных горных пород. Ежегодно в верхней ее части происходит сезонный переход подземных

льдов в жидкую фазу и обратно в огромных количественных масштабах [1–3]. Суммарный объем воды, образуемой от таяния подземного льда, аккумулируемого в зимний период в деятельном слое криолитозоны, составляет около $4 \cdot 10^{12}$ м³, что в 3,3 раза превышает единовременный объем воды всех рек нашей планеты [4]. Значительная часть образуемой при этом влаги поступает на формирование различных видов надмерзлотных вод, которые расходуются на транспирацию и подземное питание рек и озер криолитозоны. Величина надмерзлотного стока в области распространения многолетнемерзлых пород по нашим расчетам равна $19 \cdot 10^9$ м³ /сут. или 220 тыс. м³/с.

Таким образом, водообменная функция самого верхнего слоя криолитозоны, обусловленная сезонными фазовыми переходами воды из жидкого состояния в твердое и обратно, весьма значительна. Именно по этой причине правомерно выделять в гидрологическом (климатическом) цикле круговорота природных вод отдельно криогидрогенное звено, связанное с сезонными переходами подземных вод, формируемых в деятельном слое криолитозоны, из жидкого состояния в твердое и обратно.

Своеобразна и, безусловно, более масштабна водообменная функция криолитозоны, связанная с многолетней динамикой ее развития под воздействием периодических крупных колебаний климата. Мощность и площадь распространения многолетнемерзлых пород значительно увеличиваются в периоды похолоданий климата (криохроны) и уменьшаются в периоды последующих потеплений (термохроны). В Западной и Восточной Сибири, например, только за последние 800 тыс. лет выделяют около 20 подобных пульсаций криолитозоны (криоциклов) продолжительностью от 2 до 40 тыс. лет и более [5–7].

Последнее крупное похолодание климата произошло в сартанский криохрон (37–11 тыс. лет назад), который называют главным климатическим минимумом плейстоцена [8–10]. Пик этого похолодания был около 18 тыс. лет назад, когда многолетнемерзлые породы занимали около 110 млн км² суши Земли, охватывая практически всю Европу, большую

часть территорий Азиатского континента и Северной Америки. После этого началась общая тенденция на потепление, максимум которой пришелся на время около 7–6 тыс. лет назад (голоценовый климатический оптимум). В период этого термохрона южная граница распространения криолитозоны сместилась в северном направлении на 1300–1500 м, сформировались значительные по площади надмерзлотные водоносные таликовые зоны мощностью до 150–300 м.

Ориентировочный расчет показывает, что за период галоценового термохрона было переведено в жидкую фазу около $4,5 \cdot 10^{15}$ м³ подземного льда. Интенсивность поступления воды, образуемой от таяния этого количества льда, в поверхностные и подземные пути ее стока и аккумуляции составляла в среднем порядка 820 км³ в год. Это сопоставимо с интенсивностью водообмена в таких звеньях геологического цикла круговорота природных вод, как литогенное, метаморфогенное и магматогенное. Учитывая данное обстоятельство, автором ранее предлагалось выделять отдельно криолитогенное звено в геологическом цикле круговорота природных вод [4, 11].

Весьма специфичен водообмен подмерзлотных вод с поверхностными водами при масштабных изменениях климата. В периоды похолоданий промерзание водоносных горных пород вызывает отжатие определенной части подземных вод от фронта межфазовой границы, поскольку объем образующегося в горных породах льда примерно на 9 % больше жидкой фазы воды. Под воздействием подобного так называемого кристаллизационно-компрессионного эффекта значительно повышается гидростатическое давление в промерзающих водоносных горизонтах, что вызывает рост пьезометрических уровней подмерзлотных вод. Амплитуда повышения гидростатического давления в подмерзлотной зоне в периоды похолоданий климата, как показало моделирование, может достигать 32–34 МПа [12]. Это, в свою очередь, способствует значительному увеличению величины разгрузки подмерзлотных вод по сквозным таликам, существующим под крупными реками и озерами в криолитозоне (рисунок).

В продолжительные периоды потепления климата происходит смещение фазовой границы (мерзлые породы – подземные воды) вверх по разрезу, что сопровождается понижением гидростатического давления в подмерзлотной зоне (кристаллизационно-вакуумный эффект). Под воздействием этого эффекта формируются значительные по величине депрессии пьезометрического уровня в подмерзлотных водоносных горизонтах и комплексах, что интенсифицирует как горизонтальную фильтрацию подземных вод, так и их инфильтрационное питание за счет поверхностных вод по сквозным таликовым зонам. Величина инфильтрационного питания подмерзлотных вод по сквозным таликам в периоды потепления климата может достигать 40–60 м³ на 1 км² площади таликовой зоны [12].

Таким образом, в продолжительные периоды похолоданий климата происходит не только перевод огромных объемов подземных вод в твердую фазу, но и истощение ресурсов подмерзлотных водоносных горизонтов за счет повышения величины их разгрузки по сквозным таликовым зонам под воздействием кристаллизационно-компрессионного эффекта. В длительные же периоды потепления климата происходит восполнение запасов и ресурсов подмерзлотных вод за счет как таяния подземного льда, так и повышения их инфильтрационного питания по сквозным таликовым зонам. Именно подобная активная водообменная роль последних сохраняет их от промерзания даже в период значительных по амплитуде и продолжительных по времени похолоданий климата. При этом изменяется гидрогеологическая роль сквозных таликовых зон. В длительные периоды похолодания климата они являются водоводящими для подмерзлотных водоносных горизонтов, а в длительные периоды потепления климата – водопоглощающими для поверхностных водоемов.

Высокая водообменная функция криолитозоны, безусловно, связана с тем, что периодические фазовые переходы подземных вод в твердую фазу и обратно увеличивают трещиноватость и эффективную пористость горных пород, повышая тем самым их фильтрационные свойства. Особенно интенсивно

Динамика мерзотно-гидрогеологической обстановки вблизи сквозного подруслового талика в разные климатические периоды:

1 – многолетнемерзлые породы и направленность смещения их фазовых границ;
2 – водоносные породы; 3 – пьезометрический уровень подземных вод; 4 – уровень воды в реке
H – величина гидростатического напора подмерзлотных вод; m – мощность многолетнемерзлых пород (минимальная мощность – в момент времени 0 и 40 тыс. лет, максимальная – в период 20 тыс. лет)
УПВ – уровень подземных вод; УРВ – уровень речных вод

Dynamics of the permafrost-hydrogeological situation near the through underflow talik in different climatic periods:

1 – permafrost rocks and displacement direction of their phase boundaries; 2 – aquifers;
3 – piezometric level of groundwater; 4 – water level in the river
H – value of the subpermafrost water hydrostatic head; m – permafrost rock thickness (minimum thickness – at the time points of 0 and 40 thousand years, maximum thickness – in the period of 20 thousand years)
УПВ – groundwater level; УРВ – river level

криогенная деструкция горных пород протекает в верхних слоях разреза криолитозоны, где имеют место сезонные переходы жидкой фазы воды в твердую и обратно. При этом широкое развитие морозобойной трещиноватости горных пород способствует формированию своеобразного полигонально-локализованного типа питания и стока надмерзлотных вод деятельного слоя, что значительно усиливает условия их водообмена с поверхностными водами [13, 14].

В средних и нижних частях разреза криолитозоны также отмечается развитие криогенной деструкции горных пород, что приводит к возникновению зон их вторичной трещиноватости (криогенной дезинтеграции). Периодическая пульсация нижней границы многолетнемерзлой толщи и плановых размеров сквозных таликов вызывает формирование на контакте талых и мерзлых горных пород сильнообводненных зон, способствующих усилению водообмена в гидрогеологических структурах

криолитозоны и улучшению взаимосвязи подмерзлотных вод с поверхностными водами [15–20].

Заключение

В данной работе ориентировочно оценена водообменная роль только процессов промерзания водонасыщенных и протаивания льдонасыщенных горных пород криолитозоны. Однако определенную водообменную функцию выполняют и другие фазовые переходы воды, протекающие в условиях криолитозоны. Имеющиеся результаты исследований свидетельствуют о том, что такие фазовые переходы воды, как процессы десублимации (абляции), испарения и конденсации

протекают в условиях криолитозоны достаточно интенсивно. Так, по данным водобалансовых наблюдений, проведенных в Центральной Якутии, в деятельном слое, сложенном разнотекстурным песком, в зимний период может аккумулироваться в виде десублимационного льда около 40–60 мм влаги [4]. В подмерзлотной зоне процессы десублимационного льдообразования возможны в тех случаях, когда уровень безнапорных подземных вод залегает ниже подошвы многолетнемерзлой толщи. Подобные условия встречаются в некоторых высокогорных гидрогеологических массивах и адмассивах криолитозоны. Это указывает на необходимость и важность дальнейшего более углубленного изучения водообменной роли криолитозоны.

Список литературы

1. Алексеев В.Р. Вода и лед в криосфере Земли // Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов: материалы Междунар. науч. конф. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2005. С. 4–7.
2. Втюрин Б.И. Подземные льды СССР. М.: Наука, 1975. 215 с.
3. Котляков В.М. Избранные сочинения. В 6 кн. Кн. 5. В мире снега и льда. М.: Наука, 2002. 384 с.
4. Шепелёв В.В. Надмерзлотные воды криолитозоны. Новосибирск: Гео, 2011. 169 с.
5. Фотиев С.М. Современные представления об эволюции криогенной области Западной и Восточной Сибири в плейстоцене и голоцене (Сообщение 1) // Криосфера Земли. 2005. Т. IX. № 2. С. 3–22.
6. Зубаков В.А. Глобальные климатические события плейстоцена. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 280 с.
7. Шполянская Н.А. Климатические ритмы и динамика криолитозоны (анализ эволюции в прошлом и прогноз изменений в будущем) // Криосфера Земли. 2001. Т. V. № 1. С. 3–14.
8. Дучков А.Д., Балобаев В.Т. Эволюция теплового и фазового состояния криолитозоны Сибири // Глобальные изменения природной среды / гл. ред. Н.Л. Добрецов, В.И. Коваленко. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001. С. 77–104.
9. Борзенкова И.И. История оледенения Арктического бассейна: взгляд из прошлого для оценки возможных изменений в будущем // Лёд и снег. 2016. Т. 56. № 2. С. 221–234.
10. Шполянская Н.А. Плейстоцен-голоценовая история развития криолитозоны Российской Арктики «глазами» подземных льдов. Москва – Ижевск: Изд-во Института компьютерных исследований, 2015. 344 с.
11. Шепелёв В.В. О схеме круговорота природных вод // Доклады IV Всерос. гидрологического съезда. Секция 3. Ч. II. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2008. С. 72–76.
12. Балобаев В.Т. Гидродинамические процессы формирования подмерзлотных вод // Подземные воды Центральной Якутии и перспективы их использования / отв. ред. Н.П. Анисимова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003. С. 51–67.
13. Алексеев С.В. Криогидрогеологические системы Якутской алмазоносной провинции. Новосибирск: Гео, 2009. 319 с.
14. Фотиев С.М. Криогенный метаморфизм пород и подземных вод (условия и результаты). Новосибирск: Гео, 2009. 279 с.
15. Шепелёв В.В. К понятию о криолитосфере Земли. Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 1997. 72 с.
16. Алексеев С.В. Криогенез подземных вод и горных пород (на примере Далдыно-Алакитского района Западной Якутии). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 119 с.
17. Шепелёв В.В., Бойцов А.В., Оберман Н.Г., Петченко М.Ф., Анисимова Н.П., Какунов Н.Б. [и др.]. Мониторинг подземных вод криолитозоны. Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2002. 172 с.
18. Анисимова Н.П., Павлова Н.А. Гидрогеохимические исследования криолитозоны Центральной Якутии. Новосибирск: Гео, 2014. 189 с.
19. Shepelev V.V. Research in the relationship between freezing rock layers and groundwater in cold regions // Heilongjiang Water Resources. 2016. Vol. 2. Iss. 1. P. 10–18.
20. Алексеева Л.П., Алексеев С.В. Геохимия подземных льдов, соленых вод и рассолов Западной Якутии. Новосибирск: Гео, 2019. 214 с.

References

1. Alekseev VR. Water and ice in the Earth's cryosphere. In: *Fundamental'nye problemy izucheniya i ispol'zovaniya vody i vodnykh resursov: materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii = Fundamental problems of water and water resources study and use: Proceedings of the international scientific conference*. Irkutsk: V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2005. p.4–7. (In Russ.)
2. Vtyurin BI. *Underground ice of the USSR*. Moscow: Nauka; 1975. 215 p. (In Russ.)
3. Kotlyakov VM. *Selected works*. In 6 books. Book 5. *In the world of snow and ice*. Moscow: Nauka; 2002. 384 p. (In Russ.)
4. Shepelev VV. *Suprapermafrost waters in the cryolithozone*. Novosibirsk: Geo; 2011. 169 p. (In Russ.)
5. Fotiev SM. Modern conceptions of the evolution of cryogenic area of West and East Siberia in Pleistocene and Holocene (Report 1). *Kriosfera Zemli = Earth's Cryosphere*. 2005;9(2):3–22. (In Russ.)
6. Zubakov VA. *Global climate events of the Pleistocene*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1986. 280 p. (In Russ.)
7. Shpolyanskaya NA. Climatic cycles and dynamics of the cryolithozone (analysis of the evolution in the past and prediction of changes in the future). *Kriosfera Zemli = Earth's Cryosphere*. 2001;5(1):3–14. (In Russ.)
8. Duchkov AD, Balobaev VT. Evolution of thermal and phase state of Siberian permafrost. In: Dobretsov NL, Kovalenko VI (eds.). *Global'nye izmeneniya prirodnoi sredy = Global changes of environment*. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Geo; 2001. p.77–104. (In Russ.)
9. Borzenkova II. History of sea ice in the Arctic basin: lessons from the past for future. *Led i снег = Ice and Snow*. 2016;56(2):221–234. (In Russ.)
10. Shpolyanskaya NA. *Pleistocene-Holocene history of cryolithozone development in the Russian Arctic "through the eyes" of underground ice*. Moskva – Izhevsk: Institute of Computer Sciences; 2015. 344 p. (In Russ.)
11. Shepelev VV. On circulation pattern of natural water. In: *Doklady IV Vserossiiskogo gidrologicheskogo s"ezda = Reports of the 4th All-Russian Hydrological Congress*. Section 3. Part 2. Moscow: Meteo Agency of the Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring; 2008. p.72–76. (In Russ.)
12. Balobaev VT. Hydrodynamic processes of subpermafrost water formation. In: Anisimova NP (ed.). *Podzemnye vody Tsentral'noi Yakutii i perspektivy ikh ispol'zovaniya = Groundwaters in Central Yakutia and prospects of their use*. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Geo; 2003. p.51–67. (In Russ.)
13. Alekseev SV. *Cryohydrogeological systems of the Yakutian diamond-bearing province*. Novosibirsk: Geo; 2009. 319 p. (In Russ.)
14. Fotiev SM. *Cryogenic metamorphism of rocks and underground waters (conditions and results)*. Novosibirsk: Geo; 2009. 279 p. (In Russ.)
15. Shepelev VV. *To the concept of the Earth's cryolithosphere*. Yakutsk: Melnikov Permafrost Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 1997. 72 p. (In Russ.)
16. Alekseev SV. *The cryogenesis of croundwaters and rocks (an example of the Daldyn-Alakit region of Western Yakutia)*. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2000. 119 p. (In Russ.)
17. Shepelev VV, Boitsov AV, Oberman NG, Petchenko MF, Anisimova NP, Kakunov NB, et al. *Permafrost groundwater monitoring*. Yakutsk: Melnikov Permafrost Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2002. 172 p. (In Russ.)
18. Anisimova NP, Pavlova NA. *Hydrogeochemical studies of permafrost in Central Yakutia*. Novosibirsk: Geo; 2014. 189 p. (In Russ.)
19. Shepelev VV. Research in the relationship between freezing rock layers and groundwater in cold regions. *Heilongjiang Water Resources*. 2016;2(1)10–18.
20. Alekseeva LP, Alekseev SV. *Geochemistry of ground ice, saline water and brines in Western Yakutia*. Novosibirsk: Geo; 2019. 214 p. (In Russ.)

Сведения об авторе / Information about the author

Шепелёв Виктор Васильевич,

доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик Академии наук Республики Саха (Якутия), главный научный сотрудник Лаборатории подземных вод и геохимии криолитозоны, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36, Россия,

✉ e-mail: sheply@mpi.ysn.ru

ORCID: 0000-0003-3434-6969

Viktor V. Shepelev,

Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Professor, Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Chief Researcher of the Laboratory of Permafrost Groundwater and Geochemistry, Melnikov Permafrost Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 36 Merzlotnaya St., Yakutsk 677010, Russia,

✉ e-mail: sheply@mpi.ysn.ru

ORCID: 0000-0003-3434-6969

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 05.03.2021; одобрена после рецензирования 09.04.2021; принята к публикации 13.05.2021.

The article was submitted 05.03.2021; approved after reviewing 09.04.2021; accepted for publication 13.05.2021.