

resources of Kazakhstan EurAsian Journal of BioSciences Eurasia J Biosci 14, 301-307 (2020).

14. Медеу, А. Р. Антропогенная нагрузка на водные ресурсы / А. Р. Медеу, С. К. Алимкулов, А. А. Турсунова // Материалы Международной конференции, посвященной 70 летнему юбилею Б. М. Койбакова академика КАСХН, д.с-х.н. «Климат и водные ресурсы: мелиорация и экология», посвященной 70 летнему юбилею Б. М. Койбакова академика КАСХН, д.с-х.н., 2022 г. Тараз, Республика Казахстан. – С. 25–32.
15. Moldakhmetov M. M., Makhmudova L. K., Chigrinets A. G. Evaluation of the water resources of the rivers in North, Central and Eastern Khazakhstan, based forecasting meteorological characteristics // Materials of international Conference «Science: Integrating Theory and Practice». February 23-24, 2014. ICET, Bozeman, MT, USA, 2014. – P. 281–284.

УДК 551.4

ЭКОЛО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ УРБАНИЗАЦИИ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

В. Зд. Хилимонюк¹, И. В. Чеснокова²

¹МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, РФ, wandahs@gmail.com

²ИВП РАН, Москва, РФ, ichesn@rambler.ru

Аннотация

На основе проведенных исследований, обобщения материалов и имеющихся данных, авторами выполнена оценка эколого-геокриологических последствий состояния континентальной части Арктической зоны РФ. Эколого-геокриологические последствия на урбанизированных территориях рассмотрены для трех групп субъектов РФ, различающихся набором ведущих геокриологических процессов и степенью возможного экономического ущерба от их активизации в связи с климатическими изменениями.

Ключевые слова: арктическая зона, антропогенная нагрузка, криолитозона, урбанизированная территория, экологические последствия.

ECOLOGICAL AND GEOCRYOLOGICAL CONSEQUENCES OF URBANIZATION OF THE ARCTIC TERRITORIES

V. Zd. Khilimonyuk, I. V. Chesnokova

Abstract

The authors assessed the ecological and geocryological consequences of the state of the continental part of the Arctic zone of the Russian Federation on the basis of the conducted studies, generalization of materials and available data. Ecological and geocryological consequences in urban areas are considered for three groups of subjects of the Russian Federation, which differ in the set of leading geocryological processes and the degree of possible economic damage from their activation due to climate change.

Keywords: arctic zone, anthropogenic load, permafrost zone, urbanized area, environmental consequences.

На урбанизированных территориях наблюдается наибольшая трансформация геоморфологических, гидрологических, литологических, микроклиматических и других природных условий. Эта трансформация происходит там, где изначально были наиболее привлекательные и необходимые для жизни человека условия. Такие территории должны отвечать экономическим, биологическим, трудовым, социальным, экологическим, эстетическим и этническим потребностям человека. Взаимодействие социально-экономических и инженерно-технических комплексов с природной средой на урбанизированной территории постоянно меняется вследствие пространственного, строительного и технологического развития городов.

Что касается арктических территорий, то экологические и геокриологические проблемы урбанизированных арктических территорий в первую очередь определяются геокриологическими условиями самой территории, их градообразующей основой, историей освоения и методами строительства.

Российская Арктическая зона (рисунок 1, речь идет только о сухопутной) простирается от западной границы на Кольском полуострове до мыса Дежнева на Чукотском полуострове [11]. Она представлена разнообразными природными условиями.

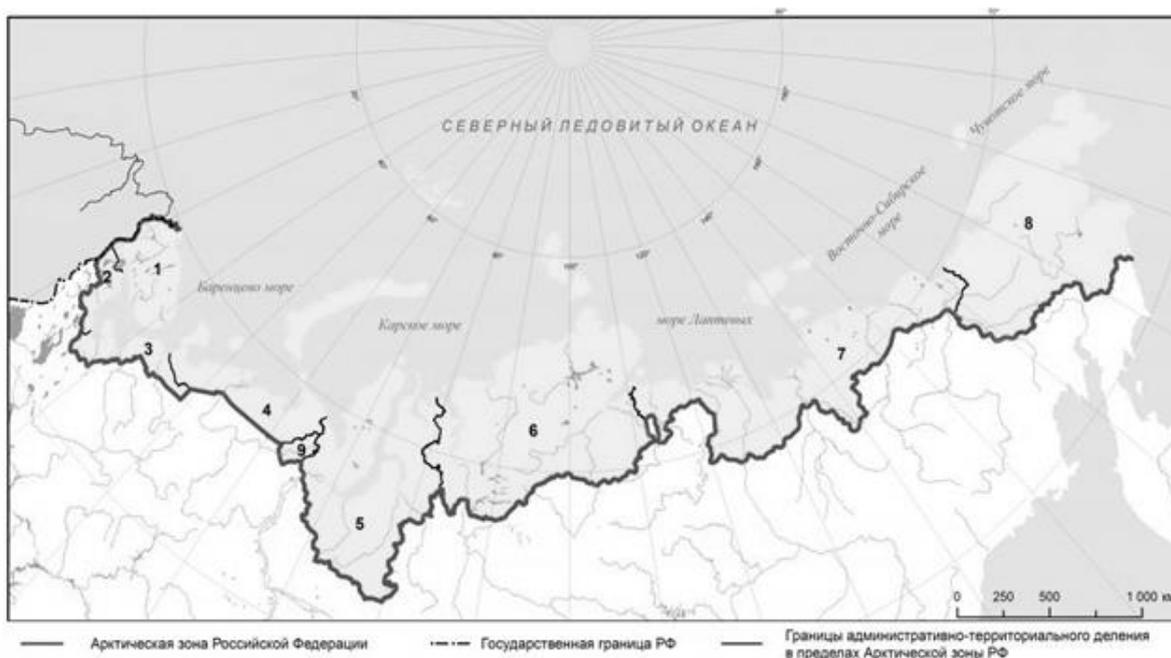


Рисунок 1 – Арктическая зона Российской Федерации

- 1 - Мурманская область, 2 - Республика Карелия, 3 - Архангельская область, 4 - Ненецкий автономный округ, 5 - Ямало-Ненецкий автономный округ, 6 - Красноярский край, 7 - Республика Саха (Якутия), 8 - Чукотский автономный округ, 9 - Республика Коми (г. Воркута).

Арктическая зона характеризуется экстремальными природными условиями: низкими среднегодовыми температурами воздуха, широким распространением многолетнемерзлых пород, залегающих на глубинах от 0,3 до 3,0 метров, низкой биологической активностью и продуктивностью. В составе многолетнемерзлых пород содержатся подземные льды различного

генезиса. Льдистость пород, зависящая от их состава и генезиса, колеблется и может достигать 80-90 %. Благодаря водонепроницаемости этих пород и высокой увлажненности сезоннопротаивающего слоя на равнинных пространствах озера и болота, на склонах – солифлюкция и термоэрозия.

В связи с этим даже незначительные изменения в температуре воздуха и атмосферных осадков приводят к негативным воздействиям на окружающую среду.

Хозяйственное освоение новых районов и техногенные преобразования рельефа сопровождаются разрушением почвенно-растительного покрова, при этом увеличивается приток тепла в грунт, а, следовательно, увеличивается и глубина сезонного протаивания в 2-3 раза, изменяются условия стока, что довольно часто становится причиной дополнительного увлажнения грунтов и даже возникновения искусственных водоемов. Изменение геокриологических и геоморфологических условий влечет за собой активизацию экзогенных процессов рельефообразования. К таким процессам относятся морозобойное растрескивание, пучение грунта, термокарст, солифлюкция, эрозия и термоэрозия, абразия и термоабразия и другие [9, 10].

Целью исследования явился анализ эколого-геокриологических последствий на урбанизированных территориях Арктической зоны. Исследования опирались на теоретические представления о современных геокриологических и геоморфологических процессах, на разработанные принципы эколого-геоморфологического картографирования. Эколого-геоморфологический анализ, как отмечал И. П. Герасимов [2], выполняет «конструктивно-преобразовательную» функцию в научных исследованиях, и поэтому может быть использован в решении управленческих природопользовательских задач.

В Арктической зоне Российской Федерации проживает более 2,5 млн. человек, что составляет менее 2 % населения страны. Однако социально-экономическое пространство в Арктической зоне РФ отличается концентрированностью в границах городских поселений: более 80 % населения проживает в городах и поселках с населением свыше пяти тысяч человек. Основными источниками загрязнений атмосферы в населенных пунктах являются предприятия нефте- и газодобывающей промышленности, по добыче и переработке полезных ископаемых, крупнейшие предприятия черной и цветной металлургии, предприятия топливно-энергетического комплекса, химическая промышленность, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, железнодорожный и морской транспорт. По данным многолетнего мониторинга Росгидромета относительное содержание сульфат-ионов от величины минерализации составило: от 12 до 50 % в осадках Кольского полуострова; от 11 до 68 % в осадках Севера Сибири и в среднем 15 % и 30 % в осадках Севера ЕТР и Севера Дальнего Востока соответственно. Минимальное содержание гидрокарбонат-ионов наблюдалось в осадках ст. Зареченск (0,2 мг/л), Падун (0,2 мг/л), Палатка (0,6 мг/л) и Депутатский (1,6 мг/л). Преобладание гидрокарбонат-ионов характерно для осадков большинства станций Севера ЕТР и Севера Сибири, где концентрация гидрокарбонат-ионов в 2016 г. составила 30 % от суммы ионов [4, 8, 11].

В результате выполненного анализа вероятных изменений эколого-геоморфологических ситуаций в регионах Арктической зоны России авторами выделено три группы субъектов с аналогичными тенденциями изменений климата (таблица 1).

Таблица 1 - Оценка эколого-геоморфологической и геокриологической ситуаций на территории Арктической зоны РФ

Изменение эколого-геоморфологической и геокриологической ситуации	Ведущие экзодинамические процессы, экономический ущерб в баллах (по пятибалльной шкале: 1-малый, 5-высокий)	Группы субъектов РФ Арктической зоны
<p>В зоне многолетней мерзлоты опасными процессами поражено менее 30 % площади, существует умеренная и малая вероятность активизации при потеплении. Возможны как негативные процессы, связанные с деградацией многолетней мерзлоты, увеличением площади заболоченных земель, так и стабилизация инженерно-геологических и эколого-геоморфологических условий на участках, где мерзлота отсутствует</p> <p>Вне зоны многолетней мерзлоты возможно улучшение климатических условий и улучшение структуры земельного фонда - благоприятные эколого-геоморфологические ситуации</p>	<p>На большой площади региона комплекс природно-антропогенных процессов (плоскост-ной смыв, эрозия, заболачивание); вдоль магистралей трубопроводов активизация техногенных процессов.</p> <p>У= 2-3</p>	<p>III</p> <p>Мурманская область</p> <p>Республика Карелия</p> <p>Архангельская область</p>
<p>Опасными и потенциально опасными мерзлотными процессами поражено 30-50% площади, вероятность возникновения экстремальных ситуаций умеренная и высокая (преимущественно активизация термокарста, термоэрозии, пучения на урбанизированной территории)</p> <p>На урбанизированных территориях активизация термокарста, термоэрозии, пучения</p>	<p>Комплекс природных процессов (заболачивание, гравитационные), на урбанизированных территориях активизация экзогенных процессов.</p> <p>У= 2-4</p> <p>Техногенно активизированные криогенные процессы: деградация-агградация многолетнемерзлых пород, термокарстовое проседание, криогенное пучение пород</p>	<p>II</p> <p>Ненецкий автономный округ</p> <p>Республика Коми (г. Воркута)</p>
<p>Опасными и потенциально опасными мерзлотными процессами поражено более 50% площади, высокая вероятность их активизации при потеплении: значительная деградация мерзлых пород, их просадки на больших территориях</p> <p>В горных районах высокая вероятность активизации наледообразований, солифлюкции и других динамических процессов, связанных как с деградацией мерзлоты, так и с повышенной неустойчивостью рельефа и сейсмичностью</p>	<p>Комплекс природных (экзогенных и сейсмических) и природно-антропогенных на освоенных территориях.</p> <p>У= 2-4</p> <p>Комплекс природных (экзогенных и сейсмических) процессов с повышенной экзодинамической опасностью.</p> <p>У= 1-4</p>	<p>I</p> <p>Ямало-Ненецкий АО</p> <p>Красноярский край</p> <p>Республика Саха (Якутия)</p> <p>Чукотский автономный округ</p>

Результаты анализа вероятных изменений эколого-геоморфологических и геокриологических ситуаций в регионах Арктической зоны России показало:

I. Регионы (Красноярский край, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ). В этой группе повышение температуры мерзлых грунтов хотя бы на 1⁰ вызывает снижение их несущей способности, увеличение глубины сезонного протаивания, их необратимое растепление и проседание. Все эти процессы являются причиной деформации грунтов и фундаментов, провалов свай и т.п. Особенно опасны последствия превращений мерзлых грунтов в талые. Закономерным результатом этих опасных проявлений являются крупные и мелкие аварии инженерных сооружений.

II. Регионы (Ненецкий автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Республика Коми (г. Воркута)). Здесь в качестве наиболее часто встречающихся упоминаний возможных негативных последствий при изменении климата приводятся соображения об ухудшении инженерно-геологических условий в период наиболее резкого изменения геокриологических условий. Это ставит под угрозу разрушения производственных и жилых зданий, различных конструкций.

III. Регионы (Мурманская область, Республика Карелия, Архангельская область). Это наиболее освоенные районы Арктической зоны и здесь при существующих тенденциях изменений климата возможно ухудшение эколого-геоморфологических и геокриологических ситуаций.

Приведенные характеристики дают общее представление об изменении эколого-геоморфологических ситуаций. На самом деле картина значительно сложнее. Положительный эффект от улучшения климатических условий в регионах III группы может быть снивелирован активизацией антропогенных процессов при дополнительной урбанизации территории.

Следует отметить, что социально-экологический ущерб, не всегда поддается стоимостной оценке и проявляется в снижении качественных и количественных показателей, прежде всего здоровья человека, состояния природных систем, физической среды обитания биоты, состояния литогенной основы сельскохозяйственных, лесных и водных ресурсов, состояния памятников природы, истории и культуры. При отсутствии стоимостных результатов измерений ущерба могут быть применены ранговые полуколичественные оценки, как это было сделано нами для оценки социально-экономического ущерба, возникающего при развитии опасных природных процессов на территории России [5].

В Арктической зоне РФ значительная часть городов относится к категории ресурсных, связанных с разработкой полезных ископаемых и их обработкой. Наличие полезного компонента определяется, прежде всего, литолого-структурными особенностями местности, что отражается в ее экологических и инженерных свойствах. Добыча полезных ископаемых нередко превращает местность в зону экологического бедствия, т.к. интенсивность влияния хозяйственной деятельности в горнопромышленных районах значительно превосходит скорости развития природных рельефообразующих процессов.

Большое значение приобретает разработка мероприятий, направленных на снижение активности подтопления и заболачивания, карстовых, карстово-суффозионных, оползневых, эрозионных процессов, основанных на изучении гидрогеодинамического режима и контроля за уровнем подземных вод.

Следует также отметить, что освоение месторождений сопровождается бурением большого количества скважин, строительством дорог разного назначения, инженерно-технических сооружений и жилых поселков. Современное освоение территории сопровождается активным развитием рельефообразующих процессов и, в первую очередь, криогенных. Это и определяет экологическую безопасность различных сооружений. Значительное расширение деградации природных ландшафтов создает серьезные проблемы природоохранной деятельности.

Многолетнемерзлые породы разного возраста и разной мощности по-разному реагируют на антропогенное воздействие. Установлено [12], что многолетнемерзлые породы голоценового возраста являются более устойчивыми к антропогенным воздействиям, так как они менее льдистые, в них отсутствуют пластовые и повторно-жильные льды. Антропогенное воздействие на многолетнемерзлые породы приводит к резкой активизации процессов пучения, термокарста, солифлюкции, термоэрозии и термоабразии. Пучение и термокарст характерны для субгоризонтальных водораздельных пространств, солифлюкция, термоэрозия и термоабразия – для склонов и обрывистых берегов рек и водоемов.

Одна из основных общих проблем всех арктических поселений, особенно, крупных городов, это утилизация твердых бытовых отходов (ТБО). Регламентирующие, нормативные и санитарно-гигиенические документы в настоящее время не учитывают специфику утилизации ТБО в области многолетнемерзлых пород. В нормативных и методических документах по созданию полигонов ТБО не отражены особенности арктических регионов с наличием многолетнемерзлых пород, не учитывается возможное изменение их теплового состояния. На полигонах ТБО должно происходить обеззараживание биологическим способом. Но, как известно, низкие отрицательные температуры окружающей среды не только не способствуют разложению отходов, но и тормозят их, а биологические процессы разложения и вовсе прекращаются. Вокруг городов образуются обширные территории со свалками твердых бытовых отходов – зоны экологического неблагополучия.

До настоящего времени арктические регионы (толщи многолетнемерзлых пород) считались надежным вместилищем для радиоактивных отходов. В свете даже самых оптимальных климатических прогнозов (глобальное потепление и деградация мерзлоты) этот постулат является спорным.

Выводы. Анализ данных показал, что основными антропогенными изменениями геологической среды городов являются: изменение теплового состояния почв, изменение состава поверхностных и подземных вод, стационарные и динамические нагрузки, загрязнение, утилизация отходов.

Проведенный эколого-геоморфологический и геокриологический анализ Арктической зоны РФ позволил сделать следующие выводы:

1. Основными антропогенными изменениями геологической среды городов являются: изменение теплового состояния почв, изменение состава поверхностных и подземных вод, стационарные и динамические нагрузки, загрязнение, утилизация отходов.

2. Анализ комплекса приоритетных территориальных проблем, определяется спецификой, интенсивностью, длительностью хозяйственного освоения и зонально-региональными особенностями геологической среды каждого конкретного экономического района. Это позволяет перейти к решению проблемы оптимизации взаимодействия общества и геологической среды – снижению ущербообразования и ущербообразующего действия опасных процессов.

3. Уменьшение роли основных ущербообразующих процессов (оттаивание, промерзание, термокарст, пучение, солифлюкция и др.) связано с сохранением мерзлого состояния грунтов, предотвращением воздействий производственной деятельности на мерзлотные условия.

3. Современным инструментом исследования являются геоинформационные технологии.

4. При решении управленческих природопользовательских задач особое значение имеет разработка методов моделирования и прогнозирования экологических изменений, а также их картографирования.

5. Накопленные материалы, эколого-геоморфологические и геокриологические карты, созданные в Институте водных проблем РАН, Институте географии РАН и в МГУ им. М. В. Ломоносова, а также результаты их анализа должны стать базой для разработки планов рационального хозяйственного использования арктических территории.

На урбанизированных территориях криолитозоны криогенные процессы зачастую отличны от развивающихся в природных условиях: они протекают более интенсивно или, наоборот, затухают под воздействием техногенных факторов, а местами возникают новые криогенные процессы и явления, которые ранее не были характерны для региона. В совокупности данные процессы оказывают негативное влияние на хозяйственные объекты, а в ряде случаев могут носить разрушительный характер. Более 75 % всех зданий и сооружений в области распространения многолетнемерзлых пород построено и эксплуатируется по принципу сохранения мёрзлого состояния грунтов оснований (фундаменты заморожены в грунты и за счёт этого обеспечивается требуемая несущая способность). Повышение температуры грунтов (и тем более их протаивание) приводит к резкому уменьшению их несущей способности и, соответственно, к массовым деформациям различных инженерных объектов. Так или иначе техногенные воздействия на природу криолитозоны приводят к активизации неблагоприятных процессов [1, 3, 6, 7].

Для арктических регионов необходимо разрабатывать и внедрять новые способы утилизации отходов. В настоящее время при размещении ТБО и их эксплуатации в криолитозоне не учитывается возможное изменение теплового состояния многолетнемерзлых пород. Не редкостью является и факт

самовозгорания на полигонах даже в таких суровых условиях Заполярья. При этом происходит растепление мерзлоты и загрязнение поверхностных вод. Такое воздействие на многолетнемерзлые породы до настоящего времени, практически, не изучалось.

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0002 Государственного задания ИВП РАН и Приоритетного направления научных исследований МГУ, тема АААА-А16-116033010094-4.

Список цитированных источников

1. Воскресенский, К. С. Современные рельефообразующие процессы на равнинах Севера России. – М. : Изд-во географ. ф-та МГУ, 2001. – 262 с.
2. Герасимов, И. П. Конструктивная география: Избр.тр. / [Рос. акад. наук, Ин-т географии]. – М. : Наука, 1996. – 144 с.
3. Город – экосистема / Э. А. Лихачева, Д. А. Тимофеев, М. П. Жидков и др. – М. : Медиа-ПРЕСС, 1997. – 336 с.
4. Ежегодные Обзоры состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2013-2017 годы/ Отв. ред., проф., д.г.н. Г. М. Черногаева. М. : Росгидромет, 2014-2018. – 250 с.
5. Кофф, Г. Л. Оценка социально-экономического ущерба от опасных процессов на территории России / Г. Л. Кофф, И. В.Чеснокова, М. А. Шахраманьян // В сб.: Прикладная экология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг: Сборник трудов (выпуск 2). – М. : РЭФИА, 1997. – С. 6–15.
6. Марахтанов, В. П. Количественная оценка устойчивости территории области вечной мерзлоты к техногенным воздействиям при линейном строительстве // Автореф. дисс. ... к.г.н. – М. : МГУ, 1984. – 25 с.
7. Марахтанов, В. П. Матричная модель антропогенной динамики литогенной основы ландшафтов криолитозоны // Проблемы общей и прикладной геоэкологии севера. – М. : МГУ, 2001. – С. 68–85.
8. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом РФ 18.09.2008 N Пр-1969).
9. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / Отв. ред. Э. А. Лихачева, Д. А.Тимофеев. – М. : Медиа-ПРЕСС, 2002. – 640 с.
10. Суходровский, В. Л. Экзогенное рельефообразование в криолитозоне. – М. : Наука, 1979. – 280 с.
11. Черногаева, Г. М. Арктическая зона Российской Федерации. – Кострома : ЗАО «Линия график Кострома», 2017. – С. 175–198.
12. Чигир, В. Г. Принципы количественной устойчивости деятельного слоя / В. Г. Чигир, Н. Н. Григорьева, В. К. Панфилова, Н. А.Грабецкая // Исследования устойчивости Севера. – М. : Изд-во МГУ, 1988. – С. 65–92.