

Л.М. КОРЫТНЫЙ*, Л.Б. БАШАЛХАНОВА*, И.А. БЕЛОЗЕРЦЕВА*, О.В. ГАГАРИНОВА*,
Н.В. ЕМЕЛЬЯНОВА*, А.А. СОРОКОВОЙ*, С. ЭНХ-АМГАЛАН**

*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия,
kor@irigs.irk.ru, ldm@irigs.irk.ru, belozia@mail.ru, whydro@irigs.irk.ru, lesnata@irigs.irk.ru,
geomer@irigs.irk.ru

**Институт географии и геоэкологии Академии наук Монголии,
15170, г. Улан-Батор, ул. Чингилтэ, Монголия, amgalan69@yahoo.com

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ИРКУТСКА, УЛАН-УДЭ И УЛАН-БАТОРА

Геоэкологические исследования урбанизированных центров Байкальского региона направлены на выявление специфики антропогенного воздействия на природную среду в целях поиска рациональных решений экологических проблем территорий и повышения качества жизни населения. Рассмотрены особенности природно-экологического состояния городов Улан-Батора, Улан-Удэ, Иркутска; проанализированы взаимосвязи социально-экономических условий и экологических проблем территорий. Информационной базой для исследования послужили статистические и фондовые материалы, картографические и литературные произведения, данные экспериментальных наблюдений. Урбанизированные центры Байкальского региона характеризуются различным социально-экономическим состоянием, но имеют общие черты современных агломерационных процессов: интенсивная концентрация населения в столицах, проблемы с инженерными коммуникациями, рост экологической напряженности и дискомфорта среды. Анализ выявил высокий уровень техногенной нагрузки со стороны топливно-энергетического комплекса и автотранспорта. Природные факторы — атмосферные циркуляции, состояние природных вод, условия миграции химических элементов в почвах — оказывают значительное влияние на формирование экологической обстановки в городах. Оценка уровня антропогенного воздействия на компоненты природной среды выявила крайне низкие условия самоочищения атмосферы в городах Улан-Удэ и Улан-Баторе, при этом в г. Улан-Баторе фиксируется наиболее высокое загрязнение воздушной среды. Наибольшее загрязнение почвенного покрова отмечается в г. Иркутске, что обусловлено большими промышленными выбросами и благоприятными условиями накопления загрязнителей в почвах территории. В г. Улан-Баторе существуют проблемы с качеством водных ресурсов и обеспечением населения питьевой водой. Антропогенные нагрузки на природную среду городов создают предпосылки развития заболеваний у населения в результате поступления токсичных загрязняющих веществ в приземный слой атмосферы и в водоемы.

Ключевые слова: урбанизированные центры, население, экологическая обстановка, загрязнение почв, самоочищение атмосферы, водообеспечение.

L.M. KORYTNY*, L.B. BASHALKHANOVA*, I.A. BELOZERTSEVA*, O.V. GAGARINOVA*,
N.V. EMELYANOVA*, A.A. SOROKOVOI*, S. ENKH-AMGALAN**

*V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, kor@irigs.irk.ru, ldm@irigs.irk.ru, belozia@mail.ru,
whydro@irigs.irk.ru, lesnata@irigs.irk.ru, geomer@irigs.irk.ru

**Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences,
51780, Ulaanbaatar, Baruun Selbe-15, Chingeltei District, 4th Khoroo, Mongolia, amgalan69@yahoo.com

ECOLOGICAL STATUS OF THE CITIES OF IRKUTSK, ULAN-UDE AND ULAANBAATAR

Geoecological studies of urbanized centers of the Baikal region are aimed at identifying the specifics of anthropogenic impact on the natural environment in order to find rational solutions to environmental problems of the territories and improve the quality of life of the population. The article considers the features in the natural and ecological state of the cities of Ulaanbaatar, Ulan-Ude and Irkutsk as well as analyzing the relationship between socio-economic conditions and environmental problems of the territories. The information base of the study consisted of statistical and archival material, cartographic and literary works and data of experimental observations. The urbanized centers of the Baikal region are characterized by different socio-economic conditions, but they also have some common features of modern agglomeration processes: an intense concentration of the population in the capital cities, problems with engineering communications, and an increase in environmental tension and discomfort. The analysis revealed a high level of technogenic load from the fuel-and-energy complex and automobile transport.

© 2022 Корытный Л.М., Башалханова Л.Б., Белозерцева И.А., Гагаринова О.В.,
Емельянова Н.В., Сороковой А.А., Энх-Амгалан С.

Natural factors, such as the atmospheric circulation, the state of natural waters and the conditions of migration of chemical elements in soils, have a significant impact on the formation of the ecological situation in the cities. Assessments of the level of anthropogenic impact on the components of the natural environment revealed extremely low conditions for self-purification of the atmosphere in Ulan-Ude and Ulaanbaatar, and the highest air pollution is recorded in Ulaanbaatar. The greatest pollution of soil cover is observed in Irkutsk, which is due to large industrial emissions and favorable conditions for the accumulation of pollutants in the soil of the territory. Ulaanbaatar is experiencing problems with the quality of water resources and drinking water supply to the population. Anthropogenic pressures on the natural environment of the cities create prerequisites for the development of diseases in the population as a result of the entry of toxic pollutants into the air and into water bodies.

Keywords: *urbanized centers, population, ecological situation, soil pollution, self-purification of the atmosphere, water supply.*

ВВЕДЕНИЕ

Экологические исследования урбанизированных территорий относятся к приоритетным направлениям наук о Земле. Их актуальность обусловлена необходимостью определения факторов и причин формирования экологической ситуации в городах, выявления приоритетных проблем и возможностей их решения в урбанизированных центрах. Качество жизни в крупных городах в значительной степени определяется степенью сохранения природных компонентов территории. Главные экологические вопросы уровня жизни населения — состояние воздушной среды, водных и почвенных ресурсов.

Компоненты окружающей среды на урбанизированных территориях испытывают постоянное техногенное воздействие и подвергаются различным преобразованиям вследствие интенсивной человеческой деятельности. Экологическая обстановка в городах формируется в результате взаимодействия природных и антропогенных факторов. Основные антропогенные нагрузки связаны с деятельностью промышленных предприятий, топливно-энергетического комплекса и транспорта, негативные эффекты от выбросов и сбросов которых в различной степени нивелируются или усугубляются природными условиями территории.

Байкальский регион в его расширенном понимании (три субъекта РФ — Иркутская область, Республика Бурятия и Забайкальский край вместе с районами Монголии в бассейне Байкала) вследствие уникальности расположенного в его центре оз. Байкал представляет собой территорию особого природопользования. Наибольшее количество экологических проблем в нем относится как непосредственно к акватории и побережью озера, так и к крупнейшим административным и хозяйственным центрам региона.

Анализ опубликованных материалов и результатов исследований экологического состояния городов Байкальского региона, выполненных сотрудниками различных научных организаций, выявил ряд вопросов, требующих дополнительного изучения. Изменения социально-экономических условий, интенсивное развитие урбанизированных территорий, рост антропогенных нагрузок создают сложные экологические ситуации и ставят новые задачи.

Региональные центры различаются уровнем и видами экономического развития, количеством и плотностью населения, степенью антропогенного воздействия на природную среду и, следовательно, разнообразием экологических проблем территорий. При этом задачи исследования антропогенного влияния, трансформации природных компонентов и поиск путей решения экологических проблем одинаково актуальны для городов Иркутска, Улан-Удэ и Улан-Батора.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Система расселения в Байкальском регионе представлена городскими и сельскими поселениями. Ее ядра концентрации — крупные города и населенные пункты вдоль транспортных магистралей: Транссибирской и Улан-Баторской. В Монголии наиболее крупный центр — столица г. Улан-Батор, в Российской Федерации — города Иркутск и Улан-Удэ (см. рисунок). С 2000 по 2018 г. в Монголии рост городского населения составил 86,7 %, наибольший прирост наблюдался в г. Улан-Баторе. Так же достаточно динамично развивались Иркутск и Улан-Удэ. В 1990–2019 гг. процессы урбанизации в регионах Южной Сибири охватили, главным образом, региональные центры и их пригородные зоны, в то время как малые города и поселки городского типа в основном утратили перспективы промышленного и территориального развития. Главные факторы тяготения к крупным агломерациям — возможность трудоустройства, наличие развитой производственной и социальной инфраструктур, рынков реализации сельскохозяйственной продукции [1].

Методологическая основа исследования представляет собой комплексный подход, объединяющий принципы и методы социально-экономической и физической географии, статистические и аналити-

ческие приемы, системный и сравнительный виды анализа. Исследования природных и антропогенно нарушенных систем выполнены на основе объективных показателей, полученных стандартными методами измерения с использованием официальных статистических, методических, нормативных и иных опубликованных материалов. Использован картографический метод отображения основных параметров загрязнения окружающей среды в региональных центрах, позволяющий пространственно характеризовать территорию исследования.

Ландшафтно-геохимические и водно-экологические исследования в урбанизированных центрах Байкальского региона с отбором проб почв и поверхностных вод проведены в 2013, 2014, 2017–2019 гг. Химические анализы почвы и воды выполнены по стандартным методикам на современном высокотехнологичном оборудовании в Химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (ИГ СО РАН).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Социально-экологические аспекты. Улан-Удэнская агломерация имеет полиотраслевую структуру экономики, где представлены 10 основных видов экономической деятельности. Наряду с традиционными для города производственными секторами (машиностроением, пищевой промышленностью, производством готовых металлических изделий, металлургией, приборостроением, энергетикой) все более активно развиваются строительная индустрия, транспорт и связь, индустрия сервиса и образование.

Общее городское население Республики Бурятия на 01.01.2019 за счет роста г. Улан-Удэ увеличилось, по сравнению с 2010 г., на 12,9 тыс. чел. и составило, по оценкам Росстата [2], 580,5 тыс. чел. На фоне общего сокращения населения региона в этот период отмечаются высокие темпы роста населения пригородной зоны г. Улан-Удэ (табл. 1). Наблюдается постоянное увеличение усадебной застройки, как на территории города, так и в пригородной зоне, что приводит к изъятию из оборота сельхозугодий и самовольному захвату земель. Специфичная особенность и один из основных аспектов урбанизации Республики Бурятия — это демографическое, экономическое и территориальное доминирование г. Улан-Удэ среди прочих поселений Республики. Высокие темпы освоения, заселения и застройки пригородных территорий столицы Бурятии, носящие массовый и стихийный характер, ведут к формированию комплекса инженерно-бытовых и экологических проблем. Численность населения пригородных сельских поселений Улан-Удэ, расположенных на границах с городским округом, превышает число жителей административных центров муниципальных районов, к которым они относятся [3].

Процессы агломерирования в Иркутской области противоречивы и характеризуются как положительными, так и отрицательными последствиями для развития территории. С одной стороны, происходит постепенная концентрация населения с области в Иркутской агломерации (см. табл. 1), которая, как наиболее экономически развитая зона, притягивает к себе население из отдаленных районов области. В г. Иркутске и вблизи него происходит крайне интенсивное уплотнение жилой зоны зданиями повышенной этажности. Последствия этого — перегрузка существующих сетей и инфраструктуры, нехватка озеленения и мест отдыха, повышение экологической напряженности и дискомфорта среды.

С другой стороны, в границах самой агломерации отмечается активная деконцентрация, идет процесс расширения пригородной зоны. Жители г. Иркутска переезжают из переуплотненного ядра в менее заселенные районы пригородов с более привлекательными для жизни условиями. Площадь и население этой зоны быстро увеличиваются, инфраструктура и коммуникации остаются недостаточными для растущего числа жителей. Кроме того, уничтожаются ценные сельскохозяйственные и рекреационные территории. Переезд в пригородные районы значительного числа жителей вызывает

новые сложности, при этом многие проблемы сельских территорий остаются нерешенными.

Одна из негативных черт развития Иркутской агломерации — ухудшение экологической обстановки (высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, нерешенные проблемы утилизации отходов производства и потребления, недостаточный уровень озеленения и др.). Ведущую роль среди источников загрязнения окружающей среды играют топливно-энергетический комплекс и автотранс-

Таблица 1

Динамика численности населения урбанизированных центров, тыс. чел.

Населенный пункт	Годы				
	2000	2005	2010	2015	2018
Улан-Батор	773,6	946,9	1131,9	1379,6	1444,7
Иркутск	593,7	582,5	587,9	620,1	623,9
Улан-Удэ	370,4	352,6	404,4	426,6	434,9

порт. В Иркутской агломерации около 80 крупных и средних предприятий различных отраслей промышленности, включая нефтехимическое, металлургическое, авиастроительное и другие производства. Иркутск — один из крупнейших энергопроизводящих центров в России, включающий Иркутскую ГЭС (660 МВт) и несколько теплоэлектростанций, наиболее крупная из которых — Ново-Иркутская ТЭЦ (655 МВт) — представляет собой основной источник загрязнения атмосферы города. Предприятия нефтеперерабатывающей и металлургической промышленности, расположенные в границах Иркутской агломерации, высокие автотранспортные нагрузки (в г. Иркутске более 200 тыс. автомашин) оказывают значительное негативное влияние на уровень загрязнения воздуха, воды и почвенно-растительного покрова территории.

Процесс развития городов Монголии имеет свои особенности. Своеобразные традиции кочевой культуры отразились на становлении и развитии г. Улан-Батора. Кочевой образ жизни монгольского общества только с середины XX в. дополняется городским укладом. В городе происходит резкий рост населения и стихийное «расползание» его окраин в результате многочисленных переселенцев из сельских аймаков (см. табл. 1). В г. Улан-Баторе проживает треть всего населения Монголии [4]. Приток жителей в город обусловлен социально-экономическими проблемами и деградацией среды обитания сельских жителей: сокращением пастбищ, обмелением рек, засухами, интенсивными процессами опустынивания, горнопромышленным освоением территорий и, как следствие, сменой традиционного образа и места жизнедеятельности. Внутренняя миграция сопровождается формированием на окраинах города юрточных кварталов. Увеличение объемов неблагоустроенного жилья, отапливаемого углем и дровами, рост отходов жизнедеятельности ведут к загрязнению атмосферы [5]. Предприятия стройиндустрии и теплоэнергетики (ТЭК), также работающие на твердом топливе, и выбросы автотранспорта — дополнительные источники загрязнения воздуха города.

Наиболее общие показатели, определяющие уровень антропогенного воздействия на природную среду в пределах урбанизированных территорий, — число жителей города или агломерации, плотность населения и застройки, хозяйственный профиль урбанизированного образования (отрасли промышленности, степень развитости средозащитной инфраструктуры и т. д.) [6].

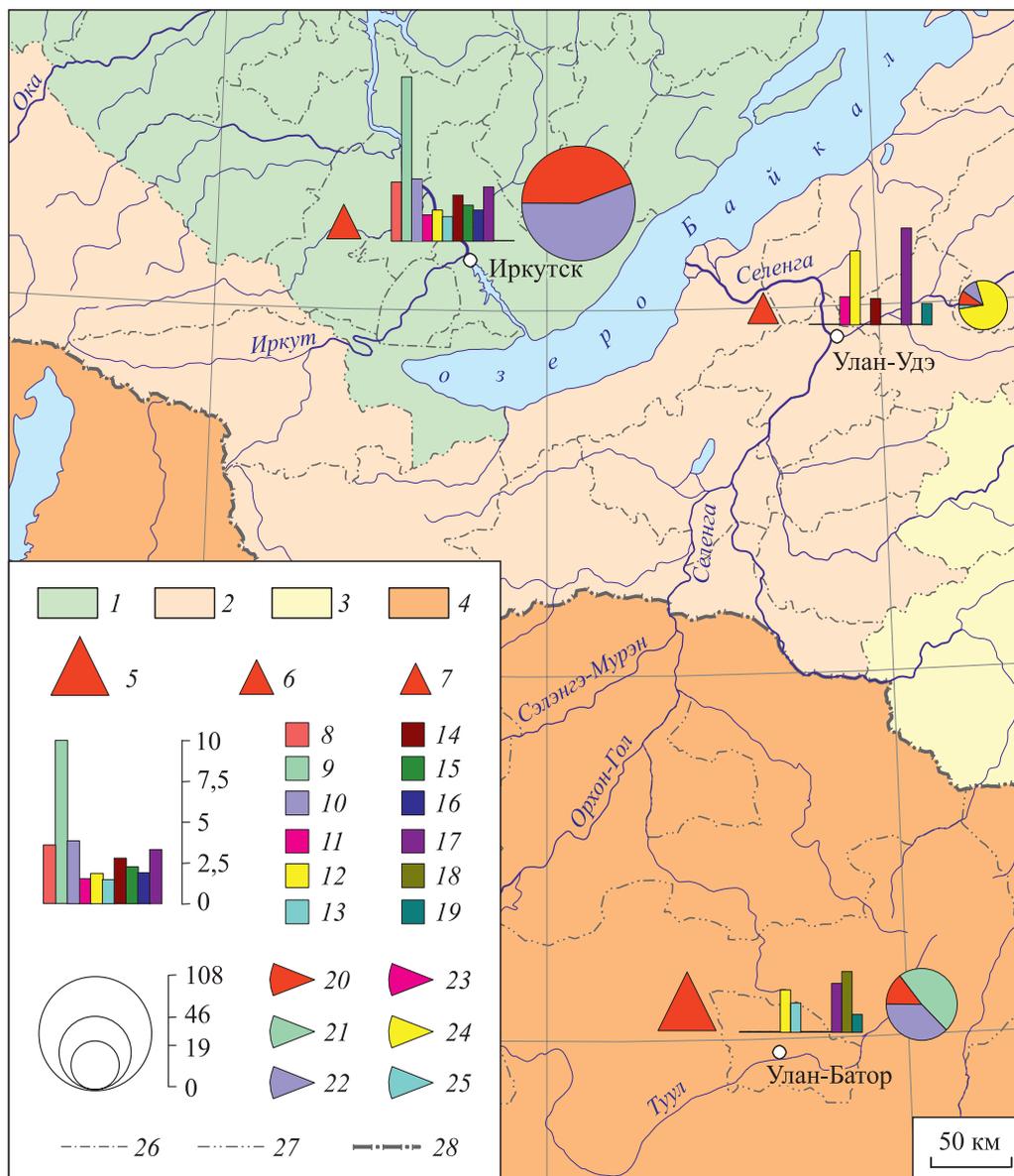
Природно-экологическая обстановка в исследуемых урбанизированных центрах имеет много общих черт, обусловленных пространственной локализацией указанных городов в континентальной части Азии и сходными климатическими условиями. Нерациональное использование территориальных ресурсов в городах приводит к возникновению экологических проблем и созданию некомфортной среды для проживания человека.

Атмосферный воздух. Азиатский антициклон, преимущественно господствующий в исследуемом регионе в зимний период, в совокупности с продолжительным отопительным сезоном (середина сентября—середина мая) способствуют повышенному загрязнению атмосферы. Из-за мощных длительных сезонных и суточных инверсий качество воздуха в приземном слое зависит от местных условий: повторяемости штилей, скоростей ветра, суммы осадков и объема поступающих в атмосферу примесей. Установлено, что в среднем за год при скорости ветра < 3 м/с, повторяемости штилей 75–50 %, характеризующих застойные явления, и сумме осадков менее 300 мм самоочищение атмосферы практически не происходит [7]. Способность атмосферы к самоочищению проявляется с уменьшением повторяемости штилей, усилением скорости ветра и повышением количества осадков. По совокупности указанных параметров в Иркутске отмечаются средние, а в Улан-Удэ и Улан-Баторе — крайне неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы [8].

Основной объем выбросов загрязняющих веществ на исследуемых территориях принадлежит передвижным источникам и объектам ТЭК [9]. Это связано, прежде всего, с топливным балансом ТЭК, который замкнут на использовании бурых углей. При их сжигании выделяются опасные для здоровья человека загрязняющие вещества (зола, оксид углерода, оксид азота, диоксид серы, бенз(а)пирен, соединения мышьяка, свинца, ванадия и др.). Доказано, что наибольшую угрозу для здоровья представляют мелкие взвешенные частицы (PM_{10} и $PM_{2,5}$), которые глубоко проникают в дыхательные пути [10], биологически наиболее активны и содержат широкий спектр опасных веществ (нитриты, бенз(а)пирен и пр.) (см. рисунок).

В Иркутске в атмосферу поступает более 120 различных ингредиентов, из которых государственным мониторингом отслеживается не более 15 % загрязняющих веществ [9, 11]. Аналогичная ситуация наблюдается и в других городах.

Объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в городах существенно различается (табл. 2) соответственно структуре экономики и количеству населения [12]. Постепенное снижение объема выбросов от стационарных источников в Улан-Удэ не повлекло улучшения качества



Загрязнения воздуха, воды и почв в городах Иркутске, Улан-Удэ и Улан-Баторе.

Байкальский регион: 1 — Иркутская область, 2 — Республика Бурятия, 3 — Забайкальский край, 4 — Монголия. Загрязнение воздуха превышение ПДК по PM_{10} , раз: 5 — 3,4; 6 — 1,3; 7 — 1,1. Превышение ПДК химических элементов в почвах, раз: 8 — Al, 9 — F, 10 — Ba, 11 — Mn, 12 — Cu, 13 — Ni, 14 — Co, 15 — Cr, 16 — V, 17 — Pb, 18 — Cd, 19 — Zn. Объем сточных вод (млн m^3 /год), преобладающие загрязняющие вещества в них: 20 — БПК, 21 — ХПК, 22 — взвешенные вещества, 23 — нефтепродукты, 24 — нитраты, 25 — нитриты. Границы: 26 — муниципальных районов, 27 — субъектов Федерации, 28 — государственные.

атмосферного воздуха в связи с интенсивным ростом количества автотранспорта (более 80 тыс. автомобилей), что характерно и для Иркутска, и для Улан-Батора. Так, в столице Монголии за пять лет (с 2013 по 2018 г.) количество автомобилей выросло в 1,9 раза [4] и составляет более 500 тыс. единиц. При этом число автомобилей со сроком эксплуатации более 10 лет повысилось на 17 %, а более новых, со сроком службы менее 3 лет, снизилось на 6 %, что оказывает влияние на объем и токсичность выхлопных газов. Весомый вклад в загрязнение атмосферы вносят выбросы частных домовладений, юрточных кварталов, использующих некачественное топливо, особенно в Улан-Удэ и Улан-Баторе.

Концентрация ряда примесей загрязняющих веществ в атмосфере остается высокой в течение продолжительного периода, а по бенз(а)пирену отмечается двух-трехкратное превышение предельно

Таблица 2

Экологическое состояние атмосферного воздуха в динамике [9, 13–17]

Город	Выбросы от стационарных источников, тыс. т			Загрязняющие вещества с превышением гигиенических нормативов			Превышение ПДК по бенз(а)пирену, раз		
	годы								
	2010	2015	2018	2010	2015	2018	2010	2015	2018
Улан-Удэ	32,1	27,9	24,6	БП, Ф, ВВ, NO ₂	БП, Ф, ВВ, NO ₂ , O ₃	БП, Ф, ВВ, PM ₁₀ , PM _{2,5}	3	7,2	10,2
Иркутск	65,5	73,5	70,5	БП, Ф, ВВ, NO ₂ , сажа, NO	БП, Ф, ВВ, NO ₂ , SO ₂ , O ₃	БП, ВВ, SO ₂ , O ₃ , PM ₁₀	4,2	1,5	7,8

Примечание. Загрязняющие вещества: БП – бенз(а)пирен, Ф – формальдегид, ВВ – взвешенные вещества, SO₂ – диоксид серы, NO, NO₂ – оксиды азота, PM₁₀ и PM_{2,5} – взвешенные частицы мелких фракций, O₃ – озон.

допустимой концентрации (ПДК) в динамике (см. табл. 2). Как известно, ежегодное превышение гигиенических нормативов по веществам I и II классов опасности предопределяет ухудшение здоровья населения. С учетом сезонных особенностей циркуляции атмосферы в зимние месяцы ситуация значительно хуже. Так, максимальная из среднемесячных концентраций бенз(а)пирена в декабре 2013 г. достигала в Улан-Удэ 25 ПДК, а в Иркутске в 2018 г. – 25,3 ПДК [9, 17].

В Улан-Баторе, по осредненным данным пяти пунктов мониторинга, концентрации взвешенных мелких частиц PM₁₀ и PM_{2,5} в январе превышают рекомендованные ВОЗ гигиенические нормативы в десятки раз [18–20]. С завершением отопительного сезона, разрушением антициклона и развитием циклонической деятельности ситуация существенно улучшается, содержание вредных примесей в атмосфере резко снижается. Так, например, в июле 2018 г., по сравнению с январем, концентрация PM_{2,5} снизилась в 14 раз, диоксида серы – в >10 раз (табл. 3).

Природно-климатические различия городов оказывают воздействие и на сопредельные территории. Так, зона атмосферного влияния Иркутского промышленного центра вытянута по направлению преобладающих ветров к северо-западу и к юго-востоку на 60 км. Крайне неблагоприятные условия рассеивания примесей в г. Улан-Удэ и, особенно, в г. Улан-Баторе способствуют формированию зон интенсивного загрязнения в пределах этих урбанизированных центров.

Наличие загрязняющих веществ в атмосфере оказывает влияние на экологическое состояние других компонентов природной среды, что наглядно демонстрируют результаты исследований почвенного покрова территорий.

Почвы. Анализ почв урбанизированных центров Байкальского региона показал, что наиболее загрязнены почвы в г. Иркутске, на втором месте находится г. Улан-Удэ и на третьем – г. Улан-Батор (см. рисунок). Основные источники загрязнения почв в г. Иркутске – выбросы предприятий нефтехимической и металлургической промышленности, объектов энергетики и автотранспорта. Направление и активность ветровой деятельности, орографические особенности территории определяют характер осаждения и распространения загрязняющих веществ в городе, по долине р. Ангары и на акваторию оз. Байкал. Почвы в городе представлены в основном урбаноземами, культуроземами и урбопочвами (антропогенными аналогами естественных почв), на пригородной территории – дерново-подзолистыми и серыми, реже встречаются аллювиальные гумусовые и аллювиальные торфяно-глеевые. В почвах города и прилегающей территории отмечается превышение содержания фтора (F), алюминия (Al), свинца (Pb), марганца (Mn), хрома (Cr), кобальта (Co), никеля (Ni), бария (Ba), ванадия (V), бериллия (Be) и мышьяка (As) в 3–10 раз и более по отношению к фоновому, обусловленное высоким содержанием загрязняющих веществ в промышленных выбросах и благоприятными условиями накопления данных элементов в суглинистых почвах (табл. 4). Индекс суммарного загрязнения Zс почв города и пригорода варьирует в интервале 4–63, что указывает на уровень загрязнения от низкого (неопасного) до высокого (опасной категории) [21]. Для расчета Zс использованы данные

Таблица 3

Концентрация загрязняющих веществ в атмосфере Улан-Батора, 2018 г. [20]

Загрязняющие вещества*	Концентрация, мкг/м ³	
	январь	июль
PM ₁₀	265,7	49,6
PM _{2,5}	216,8	14,9
NO ₂	71,1	37,7
SO ₂	58,8	5,5

*Загрязняющие вещества – см. табл. 2.

Таблица 4
Содержание макро- и микроэлементов в верхних горизонтах почв (20 см) некоторых ключевых участков городов Иркутска, Улан-Удэ, Улан-Батора и прилегающих территорий

Местоположение	Почвы	%										мг/кг									
		Al	Fe	Ca	Mg	Ti	Mn	F	Va	Sr	Cu	Ni	Co	Cr	V	Pb	Cd	Zn	As		
20 км от Иркутска на Ю-З, (0,5 км от ИркаЗа)	Серая	32	4	13,6	3,4	0,52	0,78	4007	1939	685	122	121	33	114	105	76	5,1	385	5,2		
г. Иркутск, НИ ТЭЦ	Аллювиальная гумусовая	7,4	3,9	10,2	2,5	0,4	1,6	642	597	449	59	81	17	91	95	23	4,9	360	3,6		
г. Иркутск, м-н Юбилейный	Урбанозем	8	3,7	3	1,3	0,38	0,61	628	505	269	45	57	14	95	75	20	1,0	105	0,8		
г. Иркутск, центр	Урбанозем	9,1	4,5	2,6	1,3	0,57	1,7	614	914	311	54	59	14	109	90	34	2,1	124	2,1		
г. Иркутск, м-н Акалемгородок	Серая	8	3,1	2,6	0,9	0,48	0,69	548	727	238	48	55	8	100	94	34	0,8	81	1,2		
Иркутск, центр	Урбанозем	7,5	4,4	5,5	1,6	0,38	0,59	328	592	256	52	66	17	100	172	31	0,7	57	2,0		
г. Иркутск, м-н Солнечный	Урбанозем	8	2,5	10	1,8	0,34	0,47	352	476	276	59	59	10	92	79	26	0,5	37	0,9		
г. Улан-Удэ, пойма р. Селенги, пригород, сенокос, пастбище	Агроаллювиальная гумусовая	8,3	3,4	3,3	2	0,4	0,82	435	534	359	134	35	22	52	112	9	0,3	82	1,9		
г. Улан-Удэ, пригород, долина р. Селенги, пастбище	Агроаллювиальная темногумусовая	8	5,2	3,3	1,7	0,5	1,12	520	801	296	121	52	24	66	142	9	0,1	28	0,5		
г. Улан-Удэ частный сектор	Чернозем	8,6	7,8	3,2	0,1	0,3	1,15	602	484	227	69	30	21	26	89	8	0,2	51	3,1		
г. Улан-Удэ, центр города	Урбанозем	8,5	3,1	2,7	0,9	0,4	1,11	652	859	493	25	18	23	25	86	10	0,1	84	1,4		
г. Улан-Удэ, пойма р. Селенги, ж/д станция	Аллювиальная темногумусовая	9,1	3,5	2,7	1,5	0,2	1,11	908	615	253	80	21	18	33	84	8	1,2	80	4,0		
г. Улан-Удэ, пригород, пойма р. Селенги	Аллювиальная темногумусовая	7,3	1,2	1,3	0,6	0,3	0,39	320	439	284	63	12	7	21	31	12	0,1	50	0,7		
г. Улан-Удэ, центр	Аллювиальная гумусовая	9	2,3	1,7	0,7	0,4	0,55	532	867	184	67	16	11	31	52	65	0,3	91	4,5		
г. Улан-Батор, юрочный район, пастбище	Аллювиальная темногумусовая	8,5	1,9	0,8	0,6	0,4	0,44	601	627	500	11	42	3	38	51	26	1,0	85	0,9		
г. Улан-Батор, пригород, долина р. Туул, пастбище	Чернозем	7,6	4	2	1,3	1,1	0,68	523	716	832	31	25	13	69	129	10	3,2	72	0,6		
г. Улан-Батор, частный сектор, долина р. Туул,	Аллювиальная гумусовая	9	3	1,1	0,6	1,2	0,58	805	931	446	10	10	4	26	44	18	2,2	80	4,5		
г. Улан-Батор, частный сектор, долина р. Туул	Аллювиальная темногумусовая	8	2,9	0,9	0,9	0,5	0,1	702	350	296	24	17	13	51	71	62	1,0	70	2,6		
г. Улан-Батор, пойма р. Туул (мост)	Чернозем	6,5	3,8	1	0,9	0,9	0,89	405	874	520	29	35	12	62	93	41	2,0	76	1,9		
г. Улан-Батор, центр	Урбанозем	6	2,6	1,1	1,2	0,4	0,91	530	470	329	30	31	16	83	88	22	2,0	64	1,2		
г. Улан-Батор, центр	Урбанозем	7,8	0,9	0,8	0,5	0,2	0,87	360	462	572	6	12	6	29	31	22	1,2	82	0,7		
2 км от Улан-Батора на северо-восток	Аллювиальная гумусовая	7,6	2	0,8	0,9	0,3	0,76	509	494	559	15	45	8	39	49	20	1,6	74	0,8		

Примечание. ПДК и ОДК (ГН 2.1.7.2041-06, 2006; ГН 2.1.7.2042-06, 2006) для Mn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Pb, Cd, Zn, As – 1500, 51, 44, 17, 100, 150, 32, 1–2, 55–100, 2 мг/кг соответственно.

химического состава верхних горизонтов почв 24 площадок в городе и 21 — в пригороде. Пробы почв отобраны вблизи промышленных предприятий, ТЭЦ, котельных, автомобильных и железных дорог, городских и промышленных свалок.

Максимальные концентрации Ni, Cr, V, Mn и Pb, превышающие нормы ПДК, отмечены на повышенных формах рельефа [22]. Общий ареал загрязнения почв от Иркутского промышленного комплекса включает города Иркутской агломерации и прилегающую территорию [23].

Значительное загрязнение почв г. Иркутска обусловлено высокими сорбирующими способностями тяжелых суглинистых почв и накоплением в них различных химических элементов. Данные почвы представляют собой определенный геохимический барьер на пути поступления загрязняющих веществ в поверхностные и подземные воды и в значительной степени способствуют поддержанию качества воды в р. Ангаре.

Для территории г. Улан-Удэ характерен очаговый характер загрязнения почвенного покрова. Почвы города и пригорода представлены в основном антропогенными аналогами аллювиальных гумусовых и темно-гумусовых почв, а также урбоземами и агроземами. Встречаются черноземы, серые и каштановые почвы. Верхние горизонты почв имеют слабощелочную реакцию, низкое содержание гумуса, часто легкий гранулометрический состав, иногда суглинистый. Выбросы промышленных предприятий и ТЭК, автомобильного и железнодорожного транспорта обуславливают локальный характер загрязнения вблизи предприятий и вдоль дорог, а также на участках с более тяжелым гранулометрическим составом почв. Максимальный уровень загрязнения отмечается в центральной части города, также имеется ряд небольших по площади ареалов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения почв свинцом, кобальтом, медью, цинком и мышьяком, превышающим ПДК в 1–3 раза (см. табл. 4). Индекс суммарного загрязнения Zс почв составляет 5–24 (по данным 19 площадок в городе, 21 — в пригороде), что находится в интервале низкого и среднего уровня загрязнения.

В г. Улан-Баторе и на прилегающей к нему территории основным источником загрязнения почв также являются выбросы транспорта и предприятий ТЭК, работающие на буром угле, и продукты сгорания от печного отопления пригородных юрточных районов. Существенную долю загрязнения почв составляют выбросы строительных, транспортных и ремонтных предприятий. В городе и пригороде в основном представлены урбоземы, культуроземы, экраноземы, каштановые, черноземы аллювиальные гумусовые и темно-гумусовые почвы. В почвах урбанизированного центра зафиксировано превышение санитарно-гигиенических норм в 1,1–1,7 раза по содержанию Zn, Cd, Pb, Ni, Cu и As (см. табл. 4). Индекс суммарного загрязнения Zс почв изменяется в пределах 2–23 (по данным 21 площадки в городе и 17 — в пригороде) и свидетельствует о низком и среднем уровнях загрязнения. Для почв г. Улан-Батора и его окружения характерен в основном легкий гранулометрический состав и слабая сорбционная активность, вследствие чего загрязняющие вещества свободно мигрируют из почвогрунтов в поверхностные и подземные воды и в значительной степени способствуют загрязнению водных ресурсов.

При этом на участках выхода глинистых сланцев, характеризующихся более сильными поглощательными свойствами, фиксируются повышенные концентрации Co и Cr, превышающие фоновые значения. Ареал наибольшего загрязнения почвы наблюдается в центральной селитебно-промышленной части города.

Водные ресурсы. В Иркутске наиболее благоприятная ситуация с обеспечением водными ресурсами. Оно осуществляется исключительно за счет поверхностных вод, количественные и качественные показатели которых в целом удовлетворяют потребности населения и экономики города. Вода для нужд г. Иркутска забирается из р. Ангары (Иркутское водохранилище), которая вытекает из оз. Байкал, что главным образом определяет ее качество и состав. Основные загрязняющие вещества поступают в р. Ангару в результате склонового стока и водоотведения недостаточно очищенных стоков с прилегающих пригородных территорий (см. рисунок). Уровень загрязнения в среднем невысокий, качество воды соответствует 1–2 классу УКИЗВ (индекс загрязнения воды) — «условно чистая — слабо загрязненная»; среди загрязнителей присутствуют органические соединения, фенолы, нитриты, нефтепродукты, концентрации которых невысокие и не превышают ПДК (табл. 5) [24].

Основные водно-экологические проблемы г. Иркутска связаны с периодами пониженной водности в бассейне оз. Байкал и отсутствием резервных источников водоснабжения. Потенциальная возможность загрязнения реки или экстремальное снижение уровня воды в р. Ангаре могут полностью нарушить систему водообеспечения, что возможно даже в условиях существующего регулирования стока. Маловодье 2014–2018 гг. продемонстрировало подобную критическую ситуацию, угрожающую нарушением водоснабжения г. Иркутска и прилегающих районов. Кроме того, снижение стока вызвало

Загрязняющие вещества в природных водах [9, 12, 25]

Город, река	Загрязняющие вещества	
	в подземных водах	в реках
Иркутск, Ангара	–	SO ₄ , фенолы, ХПК, NO ₃ , NO ₂
Улан-Удэ, Селенга	фенолы, н/п, NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , F, Mn	ХПК, F, PO ₄ , Fe
Улан-Батор, Туул	БПК ₅ , NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , Fe, Cl, SO ₄	ХПК, БПК ₅ , PO ₄ , NO ₃ , NO ₂ , Cl, SO ₄

Примечание. Прочерк – данные отсутствуют. Загрязняющие вещества: PO₄ – фосфаты, н/п – нефтепродукты, БПК₅ – биохимическая потребность в кислороде за 5 сут, NO₃ – нитраты, NH₄ – аммоний, ХПК – химическое потребление кислорода. Остальные загрязняющие вещества – см. табл. 2 и текст.

значительное усиление эвтрофикации и загрязнения водного объекта. Также негативным фактором является очень низкая минерализация питьевой воды, что способствует развитию определенных заболеваний у населения.

В городах Улан-Удэ и Улан-Батор водоснабжение обеспечивается подземными водами, что создает условия большей стабильности, меньшей зависимости от климатических изменений, загрязнения почв и поверхностных вод, но не исключает наличие разнообразных водно-экологических проблем. Количественные и качественные показатели эксплуатируемых ресурсов подземных вод в этих городах варьируют в широких пределах и не всегда соответствуют санитарно-гигиеническим нормам.

Водообеспечение г. Улан-Удэ и прилегающих районов осуществляется преимущественно из водоносных горизонтов четвертичных отложений долины р. Селенги. Эти подземные горизонты практически не защищены от инфильтрации вод с поверхности, с которыми поступают загрязняющие вещества, снижая их качество. В подземных водоносных горизонтах наблюдается присутствие загрязняющих веществ, фиксируется превышение ПДК железа, органических соединений, фенолов, нитритов, фосфатов, фтора (см. табл. 5). Наибольшее техногенное воздействие испытывают подземные воды Восточного, Южного и Железнодорожного районов [12–14].

На экологическое состояние поверхностных вод – рек Селенги и Уды (приток р. Селенги в границах г. Улан-Удэ) оказывает значительный негативный эффект водоотведение коммунальных и промышленных стоков Улан-Удэнского центра (см. рисунок). Вода р. Селенги загрязнена железом, фосфатами, хлором, превышающими ПДК, и характеризуется 3 классом качества по УКИЗВ – «загрязненная – очень загрязненная»; в воде р. Уды наблюдаются Mn, Fe и Cu выше санитарно-гигиенических нормативов [12–14, 24]. Водно-экологическая ситуация ухудшилась в связи с длительным маловодьем последних лет. Следует отметить, что загрязнение р. Селенги оказывает сильное негативное влияние на оз. Байкал, в которое впадает река.

Водоснабжение г. Улан-Батора осуществляется за счет подземных вод аллювиальных водоносных горизонтов долины р. Туул. В настоящее время город практически обеспечен добываемыми водными ресурсами, однако быстрый рост населения обуславливает необходимость повышения объемов водоснабжения, что невозможно при современном уровне запасов эксплуатационных подземных вод. В 2019 г. чистой питьевой водой было обеспечено около 80 % населения Улан-Батора [25].

Кроме нарастающего дефицита водных ресурсов, отмечаются истощение и загрязнение водоносных горизонтов, обусловленные трансформациями областей питания подземных вод в результате хозяйственного развития этих территорий, загрязнения почвенно-грунтовых слоев при фильтрациях веществ с городских и промышленных территорий, а также загрязнения почв в пригородных районах, не оборудованных системами канализации. Наихудшее качество подземных вод наблюдается в северной части г. Улан-Батора, где фиксируются повышенные концентрации нитратов, нитритов, железа, органических соединений. Характерное загрязнение соединениями азота, связанное с фильтрацией веществ с поверхности, отмечается в колодцах юрточных кварталов северных пригородных территорий; в колодцах промышленных районов города наблюдается присутствие нитратов, аммония и железа. В южных районах города фиксируются отдельные случаи высокого содержания хлора и сульфатов [25, 27].

Река Туул, протекающая в г. Улан-Баторе и принимающая ливневые и хозяйственно-бытовые стоки от нескольких очистных сооружений, характеризуется низкими показателями качества воды (3–4 класс УКИЗВ – «загрязненная – грязная»). Основные загрязнители поверхностных вод – это хлор, аммонийный азот, сульфаты, фосфор, органические соединения (см. табл. 5). Качество воды в

реке выше города характеризуется хорошими показателями, в отличие от воды на участке ниже столицы. Значительное поступление загрязнений в реку происходит в результате водоотведения и поверхностного стока с юрточной пригородной зоны.

Интенсивное развитие г. Улан-Батора и прилегающей территории требует увеличения объемов водоснабжения, улучшения системы охраны водных ресурсов от загрязнения и оптимизации управления водными ресурсами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ социально-экономического развития городов Байкальского региона выявил как общие черты (рост населения, производственных и транспортных нагрузок), так и различия, прежде всего в высокой степени и роли агломерационного эффекта для Иркутска. Характерно демографическое и экономическое доминирование городов Улан-Удэ и Улан-Батора среди остальных поселений Бурятии и Монголии, а также отражение в пространственной структуре г. Улан-Батора своеобразных традиций кочевой культуры.

Особенности атмосферных циркуляций в зимний период, в том числе связанные с расположением исследуемых городов в межгорных впадинах и долинах рек, создают условия, способствующие концентрации загрязнителей в атмосфере городов. К тому же выбросы Иркутского промышленного центра распространяются на побережье и акваторию оз. Байкал. Загрязнение атмосферы служит главным фактором воздействия на здоровье населения, особенно в зимние месяцы.

Атмосферные выбросы оказывают непосредственное негативное влияние на состояние почвенного покрова и поверхностных вод территорий. Рост загрязнения почвенного покрова наиболее характерен для г. Иркутска, что во многом обусловлено особенностями физико-химических свойств почв. Во всех городах оно усиливается под воздействием выбросов промышленных и топливно-энергетических предприятий.

Наиболее благоприятная ситуация с обеспечением водными ресурсами в г. Иркутске, поскольку оно осуществляется фактически байкальской водой (водозабор из Иркутского водохранилища). Однако резервные источники необходимы. Водоснабжение городов Улан-Удэ и Улан-Батора происходит из подземных источников, относительно уязвимых для загрязнения.

Таким образом, для урбанизированных центров Байкальского региона необходимо снижение антропогенного воздействия на природную среду, в основе которого должен лежать учет индивидуальных социально-экономических и природно-экологических особенностей городов. Первоочередной этап улучшения экологической обстановки предполагает принятие решения по модернизации ТЭК, переход на экологические источники энергии, например газификация.

Работа выполнена за счет средств государственного задания (AAAA–A21–121012190055–7, AAAA–A21–121012190059–5) и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (19–55–44020Монг_т, 20–55–44023 Монг_а, 18–45–030039р_а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бреславский А.С.** Урбанизация в республиках Южной Сибири: динамика ключевых параметров (1989–2019) // Урбанистика. — 2019. — № 1. — С. 58–67.
2. **Всероссийская** перепись населения 2010 г. Численность населения городских населенных пунктов Российской Федерации [Электронный ресурс]. — http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/rus10_reg2.php (дата обращения 11.02.2021).
3. **Бреславский А.С., Буртонова В.Н.** Демографические параметры урбанизации в республиках на Востоке России // Региональная Россия: история и современность. Материалы Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. — Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Амур. гуманитар.-пед. ун-та, 2019. — С. 32–37.
4. **Statistics** Department of Ulaanbaatar [Электронный ресурс]. — <http://ubstat.mn> (дата обращения 20.01.2021).
5. **Гоголева П.А., Алексеева И.С.** Изучение экоситуации в России (на примере Якутии) и Монголии // Успехи современного естествознания. — 2020. — № 7. — С. 105–112.
6. **Курбатова А.С., Башкин В.Н., Касимов Н.С.** Экология города. — М.: Научный мир, 2004. — 620 с.
7. **Крючков В.В.** Север: природа и человек. — М.: Наука, 1979 — 127 с.
8. **Башалханова Л.Б., Галёс Д.А.** Условия самоочищения атмосферы. Карта м-ба 1:5 000 000 // Экологический атлас бассейна оз. Байкал. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2015. — С. 27.

9. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2018 году». — Иркутск: ООО «Мегапринт», 2019. — 307 с.
10. **Health Aspects of Air Pollution. Results from WHO Project «Systematic Review of Health Aspects of Air Pollution in Europe»** [Электронный ресурс]. — <http://www.euro.who.int/document/E83080.pdf> (дата обращения 11.02.2021).
11. **Аргучинцева А.В., Годвинская И.Г., Ахтиманкина А.В.** Загрязнение атмосферного воздуха предприятиями теплоэнергетики г. Иркутска // Изв. Ирк. ун-та. Сер. «Науки о Земле». — 2011. — Т. 4, № 1. — С. 33–47.
12. **Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2018 году»**. — Улан-Удэ: Минприроды Республики Бурятия, 2019. — 242 с.
13. **Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2015 году»** [Электронный ресурс]. — <https://geo.govrb.ru/mpr/files/2016.docx> (дата обращения 11.02.2021).
14. **Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2010 году»** [Электронный ресурс]. — https://geo.govrb.ru/mpr/activities/reports_and_reports/gosudarstvennyy-doklad.php (дата обращения 11.02.2021).
15. **Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2010 году»** [Электронный ресурс]. — <https://pandia.ru/text/77/153/16879.php> (дата обращения 11.02.2021).
16. **Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2015 году»** [Электронный ресурс]. — <https://geocartography.ru/source/pt-01012016-0000gosudarstvennyy-doklad-o-sostoyanii-i-ob-ohrane-okruzhayu-shchey-sredy> (дата обращения 11.02.2021).
17. **Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2014 году»** [Электронный ресурс]. — <http://bic.iwlearn.org/ru/dokumenty/dokumenty/gosudarstvennyye-doklady/2014-god/gosudarstvennyy-doklad-o-sostoyanii-okruzhayuschei-sredy-respubliki-buryatiya-v-2014-godu> (дата обращения 11.02.2021).
18. **Гигиенические нормативы 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений»** [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/556185926> (дата обращения 11.02.2021).
19. **Meteorological and Environmental Research Agency** [Электронный ресурс]. — <http://www.namem.gov.mn/pages/517> (дата обращения 10.02.2021).
20. **Information and Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment** [Электронный ресурс]. — <http://irimhe.namem.gov.mn/> (дата обращения 10.02.2021).
21. **Ревич Б.А., Сагт Ю.Е., Смирнова Р.С.** Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве (утв. 15 мая 1990 г. № 5174-90) [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/1200087676> (дата обращения 11.02.2021).
22. **Гигиенические нормативы 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: гигиенические нормативы»** [Электронный ресурс]. — <https://gosts.normacs.ru/Doclist/doc/ULGF.html> (дата обращения 11.02.2021).
23. **Нечаева Е.Г., Белозерцева И.А., Напрасникова Е.В., Воробьева И.Б., Дубынина С.С., Давыдова Н.Д., Власова Н.В.** Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем сибирских регионов. — Новосибирск: Наука, 2010. — 315 с.
24. **Руководящий документ 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям** [Электронный ресурс]. — <https://www.normacs.ru/Doclist/doc/V7P0.html> (дата обращения 11.02.2021).
25. **Алтанцэцэг М.** Геоэкологическая оценка территории г. Улан-Батора в границах пойменно-террасового комплекса р. Туул. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук [Электронный ресурс]. — <https://www.dissercat.com/content/geoekologicheskaya-otsenka-territorii-g-ulan-batora-v-granitsakh-poimenno-terrasovogo-komple> (дата обращения 11.02.2021).
26. **Кошелева Н.Е., Касимов Н.С., Сорокина О.И., Гунин П.Д., Бажа С.Н., Энх-Амгалан С.** Геохимия техногенных ландшафтов г. Улан-Батора // Изв. РАН. Сер. геогр. — 2013. — № 5. — С. 109–124.
27. **Odontuya G., Tsiiregzen A., Boldbaatar G., Khureldavaa O., Ouyntsetseg D., Urnaa B., Amarsanaa B.** Hydrochemical study of water supply of Ulaanbaatar city // Природа Внутренней Азии. — 2018. — № 2 (7). — С. 92–100.

Поступила в редакцию 05.04.2021

После доработки 18.05.2021

Принята к публикации 13.10.2021