

Концепция обеспечения экологической безопасности воздушной среды городов в природно-технических системах горно-котловинного типа

© 2019. А. П. Щербатюк, к. т. н., доцент,
Забайкальский государственный университет,
672039, Россия, г. Чита, ул. Александро-Заводская, д. 30,
e-mail: andrey.shcherbatyuk.63@mail.ru

Разработана концепция обеспечения экологической безопасности воздушной среды городов в природно-технических системах горно-котловинного типа, в которой рассмотрены концептуальные подходы отечественных и зарубежных авторов к вопросам единой системы расселения, территориальных природно-хозяйственных систем и комплексов, континентально-океанической дихотомии, фрактальной географической трихотомии, географической экспертизы и т. д. Предложена, научно обоснована и подтверждена гипотеза, согласно которой имеется необходимость разработки концепции обеспечения экологической безопасности воздушной среды городов в природно-технических системах горно-котловинного типа. Выявлены геоэкологические аспекты формирования качественного состава атмосферы регионов России, а также городов, расположенных в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин с учётом природных и техногенных факторов на примере характерных объектов.

Проведена оценка геоэкологических угроз и географических механизмов их реализации, динамики загрязнения атмосферного воздуха характерных объектов (Читинско-Ингодинской и Тугнуйской впадин и расположенных вблизи городов Чита и Петровск-Забайкальский). Выявлены закономерности проявления чрезвычайно опасных концентраций загрязняющих веществ, позволяющие спрогнозировать показатели условий для жизни населения урбанизированных городов, расположенных в межгорных котловинах.

Ключевые слова: концепция обеспечения, экологическая безопасность, воздушная среда, природно-технические системы, горно-котловинный тип.

Concept of environmental safety of air environment of cities in natural-technical systems of mountain-hollow type

© 2019. A. P. Shcherbatyuk ORCID: 0000-0002-5038-3252
Transbaikal State University,
30, Aleksandro-Zavodskaya St., Chita, Russia, 672039,
e-mail: andrey.shcherbatyuk.63@mail.ru

The concept of ensuring environmental safety of the air environment of the cities in natural and technical systems mountain котловинного type in which conceptual approaches of domestic and foreign authors to questions of a uniform system of resettlement, territorial natural and economic systems and complexes, a continental and oceanic dichotomy, a fractal geographical trichotomy, geographical examination, etc. are considered is developed. The hypothesis according to which there is a need of development of the concept of ensuring environmental safety of the air environment of the cities for natural and technical systems mountain котловинного type is offered, evidence-based and confirmed. Geoeological aspects of formation of qualitative composition of the atmosphere of regions of the Russian Federation and also the cities located in the conditions of midland intermountain hollows taking into account natural and technogenic factors on the example of characteristic objects are revealed.

The assessment of geoeological threats and geographical mechanisms of their realization, dynamics of pollution of atmospheric air of characteristic objects is carried out (The Chita and Ingoda and Tugnuysky hollows and the cities of Chita located close and Petrovsk-Zabaykalsky). The regularities of manifestation of extremely dangerous concentration of pollutants allowing to predict indicators of conditions for life of the population of the urbanized cities located in intermountain hollows are revealed.

Keywords: concept of maintenance, environmental safety, air environment, natural-technical systems, mountain-hollow type.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха крупных городов, большая часть которых расположена в понижениях рельефа (на побережьях морей и океанов, в речных долинах и межгорных котловинах), становится актуальной с середины прошлого века. Среди них так называемый «великий смог» – загрязнение воздуха, имевшее место в г. Лондоне в декабре 1952 г., в результате которого погибло несколько тысяч человек [4], масштабное загрязнение в г. Лос-Анджелесе [2].

К настоящему времени признается глобальность проблематики техногенного загрязнения атмосферного воздуха городов в целом и особенно городов, расположенных внутри горных стран и регионов [3]. Так, в Латинской Америке, где около двух третей населения проживает в Андах в условиях горных долин, на снижение качества воздуха влияют выбросы загрязняющих веществ (ЗВ), отходящих как от стационарных источников, так и от автотранспорта [4]. Присутствие значительного количества техногенных загрязнителей фиксируется в городах Альп [5], Кавказа [6], Малоазиатского нагорья [7], на Межгорных плато на западе США [8]. В пределах Внутренней Азии воздействие загрязнителей на атмосферный воздух уже стало серьёзной проблемой для крупных городов Китая [9] и значительно менее населённого Кыргызстана [10].

Так, именно горно-котловинное расположение провинции Сычуань предопределяет то, что она является четвёртым в ряду загрязнённых регионов Китая [11]. В другом китайском регионе – Гуаньчжун, окружённом горами, выявлено воздействие местных циркуляций на загрязнение воздуха в зимнее время [12].

Постоянные температурные инверсии в зимний сезон на североамериканских Межгорных плато, расположенных между Тихоокеанскими Береговыми хребтами и Скалистыми горами, которые могут продолжаться до десяти дней и более и сопровождаются штилевой погодой, ограничивают атмосферное рассеивание и приводят к значительному загрязнению воздуха [13]. Похожая ситуация складывается зимой в горной части бассейна р. Молдова на севере Румынии [14]. Сильное загрязнение атмосферного воздуха в период с декабря по март, а также снежного покрова фиксируется на территории г. Улан-Батор в Монголии, расположенного в котловине Урга, которая характеризуется резкоконтинентальным климатом с большими суточными и годовыми колебаниями температуры и устойчивыми зимними инверсиями [15].

Характеристики атмосферной циркуляции, являющиеся функцией многочисленных параметров географического положения, рельефа и времени года, служат основой моделей, разрабатываемых для прогноза распределения загрязнений в котловинах, адаптации к такой ситуации населения и рационального размещения крупных промышленных объектов [16–18].

Предпринимаются попытки использовать возможности дистанционного мониторинга [19], а также геоинформационные системы и электронное картографирование для оценки экологической обстановки в городах с котловинным фактором территориальной организации [20], контроля и регулирования динамики котловинных геосистем [21–23].

Одним из основных направлений исследований в рамках рассматриваемой тематики является анализ заболеваемости и смертности населения городов в природно-технических системах горно-котловинного типа [24]. Исследования показывают, что высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в Афинах значительно снижают среднюю продолжительность жизни населения [25].

Таким образом, до настоящего времени в рамках рассматриваемой проблематики не до конца решены концептуальные подходы обеспечения экологической безопасности воздушной среды городов в природно-технических системах горно-котловинного типа.

В.С. Хореев в предложенной им концепции единой системы расселения ввёл термин «опорный каркас расселения» (ОК) [26]. Например, Г.И. Швевс свои многолетние наработки подвёл под концепцию территориальных природно-хозяйственных систем [27], у А.М. Котельникова изучение территориальных природно-хозяйственных комплексов (на примере Восточного Забайкалья) [28], у Л.А. Безрукова – концепция континентально-океанической дихотомии [29], у А.Н. Новикова – концепция фрактальной географической трихотомии [30]. И, наконец, труды К.П. Космачева были посвящены разработке понятия географической экспертизы [31].

Исходя из этого, возникает необходимость разработки концепции обеспечения экологической безопасности воздушной среды городов в природно-технических системах горно-котловинного типа.

Объект и методы исследования

Объект исследования – воздушная среда внутриконтинентальных природно-технических

систем горно-котловинного типа (на примере Читинско-Ингодинской и Тугнуйской впадин).

Задача исследования – изучение геоэкологических аспектов функционирования природно-технических систем на основе исследований природных и антропогенных факторов с целью разработки концепции обеспечения экологической безопасности воздушной среды городов в природно-технических системах горно-котловинного типа.

Методологический аппарат проведённых научных изысканий, предлагается на основе известных, классических и новых, современных, разработанных автором [32–34].

Комплексный индекс ИЗА $J(m)$, учитывающий массу загрязняющих веществ, рассчитывается по формуле:

$$\sum_{i=1}^m \text{ИЗА}_i = J(m) = \sum_{i=1}^m J_i = \sum_{i=1}^m \left(\frac{g_{cp_i}}{\text{ПДК}_{cc_i}} \right)^{n_i}$$

где g_{cp_i} – среднегодовая концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/м³; ПДК_{cc_i} – среднесуточная предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества, мкг/м³; n_i – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень вредности i -того загрязняющего вещества к степени вредности диоксида серы. Значения n_i равны 1,5; 1,3; 1,0 и 0,85 соответственно для 1, 2, 3 и 4 классов опасности загрязняющего вещества. Диоксид серы относится по степени вредности к третьему классу опасности $n_i = 1$, к ней приводится вредность всех веществ.

Для расчёта комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА₅) используют значения единичных индексов ИЗА тех пяти веществ, у которых эти значения наибольшие.

Стандартный индекс (СИ) или наибольший единичный индекс загрязнения – наибольшая измеренная в городе максимальная разовая концентрация любого загрязняющего вещества, делённая на ПДК. В г. Чита (Читинско-Ингодинская впадина, двенадцать постов) натурные наблюдения проводились за содержанием 10 веществ, а в г. Петровск-Забайкальский (Тугнуйская впадина, три поста наблюдений) – за содержанием 5 веществ. По каждому химическому соединению выявлялась максимальная разовая концентрация и среднегодовая концентрации загрязняющего вещества в атмосферном воздухе. В СИ учитывается то вещество, максимальная разовая концентрация которого была выше всех других в течение года (месяца).

Результаты и обсуждение

Следует отметить, что территории с превышением предельно-допустимых концентраций среднесуточных (ПДК_{cc}) находятся в Сибирском федеральном округе (ФО), где сконцентрировано 90,9% городов приоритетного списка (2015 г.) (согласно ежегодным данным Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова). Все эти города расположены в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин, в том числе г. Чита и г. Петровск-Забайкальский Забайкальского края (по результатам исследований автора).

В зимние месяцы повторяемость приземных инверсий в межгорных котловинах достигает 90% [35]. Годовой ход повторяемости приземных инверсий в г. Чита показан на рисунке 1.

В связи с частичными изменениями планировки города и строительством новых микрорайонов, вводом в эксплуатацию новых многоэтажных жилых домов и ключевых транспортных развязок, повышением плотности населения по административным районам, для проведения исследований загрязнения атмосферного воздуха г. Чита выбраны, в отличие, от стационарных пунктов Забайкальского управления по гидрометеорологии и охране окружающей среды, перемещающиеся по определённому маршруту посты натурных наблюдений (ПНН), расположенные на различных высотных отметках заселённых территорий. Исследования проводились на 12 ПНН в течение 2005–2015 гг.

В процессе натурных наблюдений осуществлялся отбор проб воздуха и их анализ на определение среднесуточных и максимальных разовых концентраций.

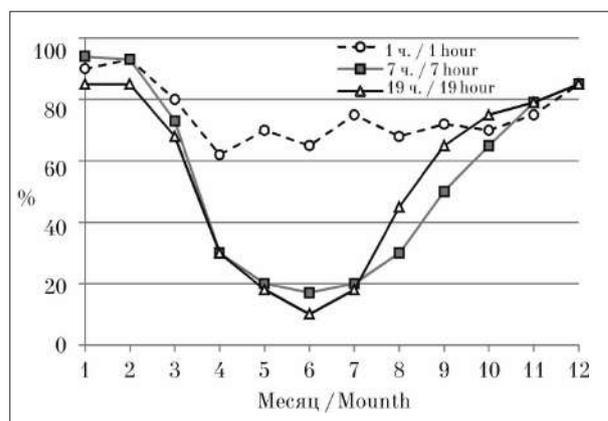


Рис. 1. Годовой ход повторяемости приземных инверсий в г. Чита
Fig. 1. Annual course of repeatability ground inversions in Chita

Таблица 1 / Table 1

Показатели оценки качества атмосферного воздуха по постам натуральных наблюдений г. Чита за период с 2005 по 2015 гг. / Indicators of assessment of air quality on the posts of field observations of Chita for the period from 2005 to 2015

Показатели Indicators	Год / Year										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
СИ / Standard index	8,0	10,4	12,8	14,2	15,5	14,9	10,5	12,6	41,4	77,5	64,2
ИЗА _i / IAP _i	18,7	24,7	30,7	22,4	28,3	22,2	21,8	20,2	26,1	29,0	33,3
ИЗА ₅ / IAP ₅	16,7	22,4	28,1	20,9	21,5	20,4	19,8	18,7	24,4	27,2	30,0

На основании результатов исследований установлено, что только в 2015 г. кратность превышения ПДК по максимальной концентрации ЗВ была установлена: по бенз[а]пирену – в 64,1 раза; по формальдегиду – в 2,9; по оксиду углерода – в 5,3; по диоксиду азота – в 2,4; по сероводороду – в 4,9; по фенолу – в 9,8; по взвешенным веществам – в 24,1 раза; по саже – в 6,6. Комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА_i) за период 2005–2015 гг. увеличился в 1,8 раза (табл. 1).

Бенз[а]пирен является одним из основных загрязнителей атмосферного воздуха г. Чита. Годовой ход концентраций бенз[а]пирена, выявленный на двенадцати постах контроля, свидетельствует о том, что концентрация его остаётся чрезвычайно высокой, особенно в зимнее время, и это зависит от высоты местности над уровнем моря и профиля высот.

Проведённые натурные исследования свидетельствуют о том, что территория г. Чита характеризуется как неблагоприятная с экологической точки зрения за счёт загрязнения атмосферного воздуха в тёплый и, в большей степени, холодный периоды года.

Аналогичные исследования с 2005 по 2015 гг. проведены на трёх ПНН в г. Петровск-Забайкальский, в котором уровень загрязнения атмосферы оценивается как повышенный (2005–2007 гг.) и высокий (2008–2015 гг.). Наименьшая кратность превышения ПДК максимальной концентрации бенз[а]пирена составила 9,36 (2010 г.), наибольшая – 26,78 (2014 г.), что также свидетельствует о высоком уровне загрязнения атмосферы.

Нормированием качества атмосферного воздуха является зависимость воздействия ЗВ канцерогенного, раздражающего, токсичного, фиброгенного и мутагенного действия, находящихся в атмосферном воздухе, на здоровье населения. Изучение влияния рельефа местности на ИЗА и заболеваемость населения проводилось на основе анализа результатов натурных наблюдений автора и официальных данных государственной статистики (ГУЗ «Краевая клиническая больница», ГУЗ «За-

байкальский краевой онкологический диспансер»).

Показатели демографических потерь, обусловленные высокой степенью дискомфорта условий жизнедеятельности населения, в городах Забайкальского края с котловинным фактором территориальной организации проанализированы за период 2005–2015 гг.

На рисунке 2 показана оценка влияния рельефа местности на ИЗА бенз[а]пиреном, в таблице 2 приведены показатели демографических потерь по причине болезней органов дыхания в Забайкальском крае и в целом в Российской Федерации за период 2005–2015 гг.

Следует отметить, что смертность населения Забайкальского края по причине болезней органов дыхания за исследуемый период (2005–2015 гг.) увеличивается и выше средних значений по России в 1,76 раза.

ЗВ от автомобильного транспорта ежегодно составляют в среднем 80–85% от общего количества выбросов стационарных и передвижных источников. Различные техногенные источники г. Чита в течение года поставляют в атмосферу города до 65,4 тыс. т ЗВ.

Качество атмосферного воздуха в г. Чита наиболее проблематично в Железнодорожном и Ингодинском районах, расположенных непосредственно в пределах днища Читино-Ингодинской котловины – месте чрезвычайно опасного скопления ЗВ, в особенности – бенз[а]пирена.

После проведения натурных наблюдений и обработки экспериментальных данных по средним годовым показателям выполнен расчёт концентраций ЗВ при различных вариантах прогноза по четырём административным районам города по предложенной автором методике.

Используя методику, разработанную автором и аппроксимирующую функцию отображения средних значений анализируемого показателя ИЗА по бенз[а]пирену, можно осуществлять прогнозирование состояния качества атмосферного воздуха города (идентификацию моментов замедления, изменения направления и разворота текущего тренда).

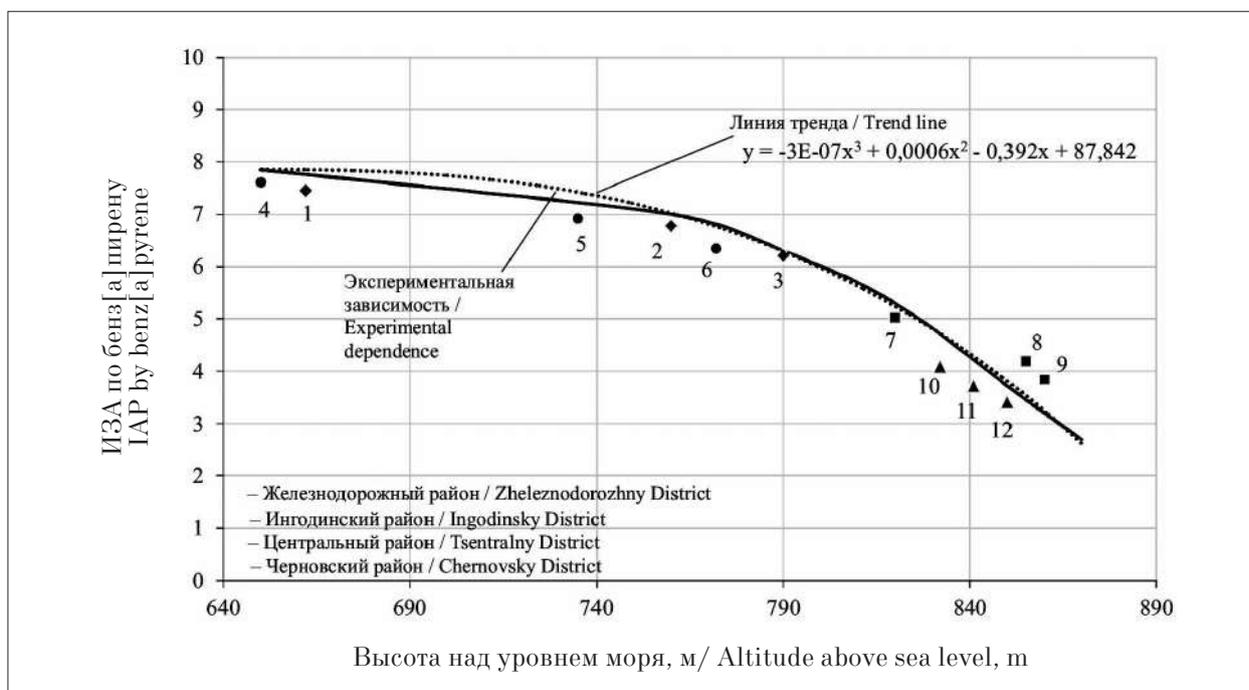


Рис. 2 Оценка влияния рельефа местности на индекс загрязнения атмосферы бенз[а]пиреном. Приведены усреднённые значения ИЗА бенз[а]пиреном за период 2005–2015 гг.
Fig. 2 Assessment of the impact of terrain on the atmospheric pollution (IAP) benz[a]pyrene index. Average IAP benz[a]pyrene value during 2005–2015

Таблица 2 / Table 2

Сравнительный анализ смертности населения РФ и Забайкальского края по причине болезней органов дыхания (на 100 тыс. населения)
 Comparative analysis of mortality of the population of the Russian Federation and the Zabaykalsky Krai due to respiratory diseases (per 100 thousand population)

Регион / Region	Годы / Years										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Россия / Russia	66,3	58,1	54,8	56,2	31,5	52,36	52,4	49,51	52,0	54,5	51,8
Забайкальский край Zabaykalsky Krai	119,5	110,0	101,8	105,4	80,8	67,9	122,7	74,1	71,2	66,2	79,5
Кратность превышения Excess ratio	1,80	1,89	1,86	1,88	2,56	1,37	2,34	1,50	1,37	1,22	1,53

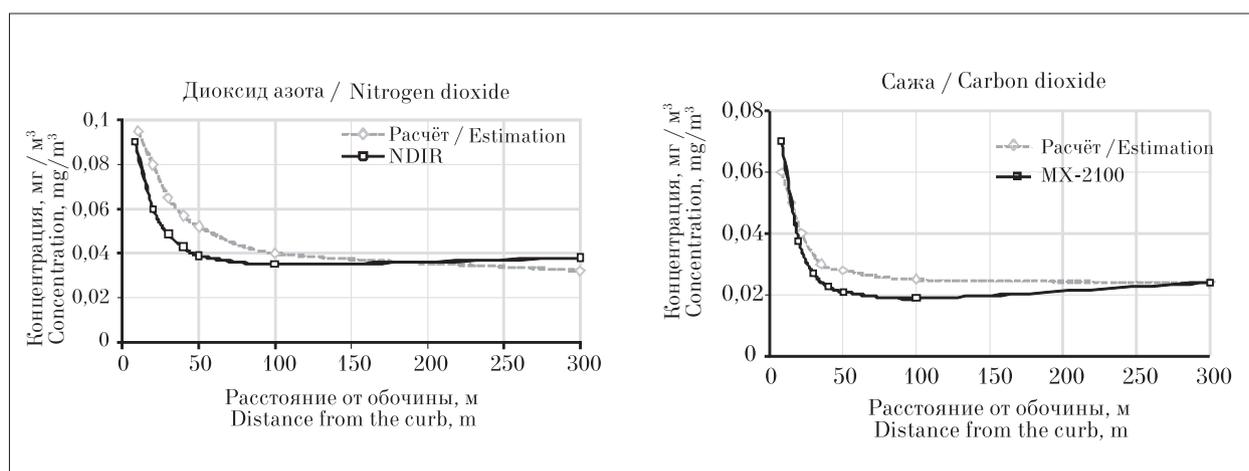


Рис. 3. Сравнение показателей расчёта концентраций загрязняющих веществ с данными натуральных измерений
Fig. 3. Comparison of indicators of calculation of concentration of pollutants with data of natural measurements

Проведено сопоставление результатов расчётов показателей концентраций ЗВ (рис. 3).

Можно сделать вывод, что отклонение природно-климатических условий внутриконтинентальных межгорных котловин от комфортных (термический суточный градиент, температурная инверсия, продолжительный период отрицательных температур, горизонтальная неоднородность атмосферы, высотная и приземная атмосферная циркуляция воздуха, резкая выраженность времени года) обуславливают скопление чрезвычайно опасных концентраций вредных веществ и высокий ИЗА, что создаёт необходимость разработки новых концептуальных подходов в решении геоэкологических проблем таких территорий.

Заключение

Предложенная в статье концепция обеспечения экологической безопасности воздушной среды городов в природно-технических системах горно-котловинного типа учитывает природные и антропогенные факторы, влияющие на формирование загрязнений воздушной среды города.

Результаты географических и геоэкологических научных изысканий и причин, влияющих на качество воздушной среды исследуемых территорий, свидетельствуют о том, что города Восточной Сибири наиболее подвержены антропогенному воздействию, особенно те, которые расположены в природно-технических системах горно-котловинного типа.

References

1. Abalakov A.D., Lopatkin D.A. Landscape Resilience and Mapping // *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Nauki o Zemle*. 2014. V. 8. P. 2–14 (in Russian).
2. Abalakov A.D., Lopatkin D.A., Batuev A.R., Korytny L.M. Geoinformation systems and electronic mapping for assessing the environmental situation in urban areas in intermountain depressions, monitoring and controlling the dynamics of depressive geosystems // *Materialy XXXIV Plenuma Geomorfologicheskoy 13 komissii RAN: posvyashchaya 80-letiyu volgogradskoy geografii. Volgograd: Volgogradskoe nauch. izd-vo*, 2014. P. 2–14 (in Russian).
3. Apostol L., Ilie N. Thermal hazards in cold semester of the year in the mountain area of Moldova river (sector between Vama and the Springs of Moldova river) // *Present Environment and Sustainable Development*. 2015. V. 9. No. 1. P. 251–261. doi: 10.1515/pesd-2015-0019
4. Air quality in major european cities. Part 1. Scientific background document to Europe's environment / Ed. R.J. Sluyter. RIVM Report No. 722401004. Belthoven, Netherlands: National Institute of Public Health and Environment, 1995. P. 455–464.
5. Assessment and management of natural risks / Ed. A.L. Ragozin. Moskva: KRUK, 2003. 320 p.
6. Zhang B., Owen R.C., Perlinger J.A., Kumar A., Wu S., Val Martin M., Kramer L., Helmig D., Honrath R.E. A semi-Lagrangian view of ozone production tendency in North American outflow in the summers of 2009 and 2010 // *Atmos. Chem. Phys.* 2014. V. 14. P. 2267–2287. doi: 10.5194/acp-14-2267-2014
7. Batuyev A.R., Korytny L.M. New stage of Siberian cartography // *Nauka Angarskoy oblasti*. 2014. No. 2. P. 66 (in Russian).
8. Bei N.L., Juan G., Cao R.-J., Meng J., Feng N.A., Liu, S., Zhang T., Zhang T., Molina L.T. Typical synoptic situations and their impacts on the wintertime air pollution in the Guanzhong basin, China // *Atmos. Chem. Phys.* 2016. V. 16. P. 7373–7387. doi: 10.5194/acp-16-7373-2016
9. Bezrukov L.A. Continental-oceanic dichotomy in international and regional development. Novosibirsk: Geo, 2008. 369 p. (in Russian).
10. Economopoulos A.A., Economopoulos A.P. Air pollution in athens basin and health risk assessment // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2002. V. 80. No. 3. P. 277–299. doi: 10.1023/A:1021124404645
11. Geniatulin R.F. Encyclopedia of Transbaikalia: Chita Region. Novosibirsk: Nauka, 2000. 302 p. (in Russian).
12. Haagen-Smit A.J. The control of air pollution in Los Angeles // *Engineering and Science*. 1954. V. 18 (3). P. 11–16.
13. Incecik C. Air quality status and air quality management efforts in Turkey: An overview // *The 14 th Pasific Regional Science Conference*. 2016. No. 6. P. 27–29.
14. Jacob D., Laurence B. The Great Smog of 1952. The habitable planet: A system approach to environmental science. 2004. [Internet resource] <http://www.learner.org/courses/envsci/index.html> (Accessed 31.10.2019)
15. Jimenez R., Arango C., Peña A. High-altitude valley in the Tropical Andes // *Eos Transactions American Geophysical Union*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. P. 116.
16. Kosmachev K.P. Geographical examination (methodological aspects). Novosibirsk: Nauka, 1981. 112 p. (in Russian).
17. Vozmilov A.M., Votakh O.A., Kotelnikov A.M. Environment and conditions of sustainable development of the Chita region. Novosibirsk: Nauka, 1995. 248 p. (in Russian).
18. Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Kostoyanov A.G. Satellite methods for detecting and monitoring zones of ecological risk in marine areas. Moskva: IKI RAN, 2016. 334 p. (in Russian).
19. Mammadova Sh. Assessment of pollution of the atmospheric air in the cities of Azerbaijan // *Journal of*

Agriculture and Environmental Sciences. 2013. V. 2. No. 4. P. 15–25.

20. Materials of the XXXIV Plenum of the geomorphological Commission of the Russian Academy of Sciences: exogenous processes: research results in Russia and CIS Countries. Moskva: Planeta, 2014. 250 p. (in Russian).

21. Molina M.J., Molina L.T. Megapolices and air pollution, air log and waste management of the Association // Air Waste Manag. Assoc. 2004. V. 54 (10). P. 1226–1235.

22. National report on the state of the environment of the Kyrgyz Republic for 2011 [Internet recourse] <https://www.kg.undp.org/content/kyrgyzstan/en/home/library/poverty/the-national-report-on-the-state-of-the-environment-of-the-kyrgyz.html-2014> (Accessed: 31.10.2019).

23. Wang N., Mengersen K., Kimlin M., Zhou M., Tong S., Fang L., Wang B., Hu W. Lung cancer and polluting: critical analysis of spatial and temporal analysis of evidence // Environmental research. 2018. V. 164. P. 585–596. doi: 10.1016/j.envres.2018.03.034

24. Novikov A.N. Triune Geography: structure of science and orientation of geographic thinking // Perspectives of Science. 2010. No. 3. P. 10–15 (in Russian).

25. Horev B.S. Problems of cities: economic-geographical study of urban settlement in the USSR. Moskva: Mysl, 1971. 412 p. (in Russian).

26. Petkov ek S. Al-S., Kraigher H., Grebenc T., Simon i P. Types of ectomycorrhiza as pollution stress indicators: case studies in Slovenia // Environmental monitoring and assessment. 2007. V. 128 (1–3). P. 31–45. doi: 10.1007/s10661-006-9413-4

27. Scherbatyuk A.P. Natural and anthropogenic factors of geosystems of Russia with a territorial territorial

organization // Uspekhi sovremennoy nauki. 2017. No. 3. P. 165–170 (in Russian).

28. Scherbatyuk A.P. Protection of the atmospheric air of cities from pollution by exhaust gases of automobiles in regions with a sharp continental climate. Chita: ZabGU, 2011. 97 p. (in Russian).

29. Scherbatyuk A.P. The method of calculating the reduction of air pollution in cities with unfavorable geographic conditions // Vestnik ZabGU. 2016. No. 10. P. 41–54 (in Russian).

30. Schröder P., Bellis C., Schnelle-Kreis J., Herzig R., Prevot A., Fruin S., Winer A. Black carbon concentrations in 312 California vehicles and estimation of in-vehicle diesel exhaust particulate matter exposures // Atmospheric Environment. 2004. V. 3. P. 619–627.

31. Sorokina O.I., Kosheleva N.E., Kasimov N.S., Golovanov D.L., Bazha S.N., Dorjgotov D., Enkh-Amgalan S. Heavy metals in the air in the snow cover of Ulaanbaatar city // Journal of Geography and Natural Resources, Elsevier BV (Netherlands). 2013. V. 34. No. 3. P. 291–301.

32. Schwabes G.I. The concept of natural-economic territorial systems and environmental management issues // Geography and natural resources. 1987. No. 4. P. 30–38.

33. Tomskikh A.A. Intermountain basins of Transbaikalia: geographical aspects of development and environmental protection. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2006. 54 p. (in Russian).

34. Hu H., Li T., Chen X. The concentration distribution of exposures to particulate air pollution on different road sections // Transportation Research Procedia. 2017. V. 25. P. 3347–3357. doi: 10.1016/j.trpro.2017.05.199