

2. *Najmark E. B., Eroshchev-Shak V. A., Chizhikova N. P., Kompantseva E. I.* Vzaimodejstvie glinistyh mineralov s mikroorganizmami: obzor eksperimental'nyh dannyh // *Zhurnal obshej biologii*. 2009. T. 70. № 2. S. 155–167.
3. *Nesterov E. M., Timirgaleev A. I., Maslova E. V.* Otsenka tehnogennogo vozdejstviya na gorodskuju sredu na osnove izuchenija geohimii donnyh otlozhenij // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij un-t: Estestvennye nauki*. 2008. № 2. S. 96–99.
4. *Nesterov E. M., Timirgaleev A. I., Druzhinina A. A.* Mesto magmatizma v teoreticheskoj geologii // *Otechestvennaja geologija*. 2009. № 2. S. 72–78.
5. *Tutakova A. Ja., Romanovskij A. Z., Bulah A. G., Lir Ju. V.* Oblitsovochnyj kamen' Leningradskoj oblasti. SPb.: Russkaja kollekcija, 2011. 80 s.
6. *Berthelin J.* Microbial weathering processes // *Microbial Geochemistry*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1983. P. 223–262.
7. *Dornieden T., Gorbushina A. A., Krumbein W. E.* Patina — physical and chemical interactions of sub-aerial biofilms with objects of Art // In: Ciferri O., Tiano P., Mastromei G. (Eds.). *Of Microbes and Art: The Role of Microbial Communities in the Degradation and Protection of Cultural Heritage.*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 2000. P. 105–119.
8. *Frey Beat, Stefan R. Rieder, Ivano Brunner, Michael Plotze, Stefan Koetzsch, Ales Lapanje, Helmut Brandl, Gerhard Furre.* Weathering-Associated Bacteria from the Damma Glacier Forefield: Physiological Capabilities and Impact on Granite Dissolution // *Applied and environmental microbiology*. 2010. P. 4788–4796.
9. *Härmä P., Selonen O.* Surface weathering of rapakivi granite outcrops . implications for natural stone exploration and quality evaluation // *Estonian Journal of Earth Sciences*. 2008. Vol. 57. № 3. P. 135–148.
10. *Pereira de Oliveira B., de la Rosa J. M., Miller A. Z., Saiz-Jimenez C., Gomez-Bolea A., Sequeira Braga M., A Dionisio A.* An integrated approach to assess the origins of black films on a granite monument // *Environ Earth Sci*. 2011. № 63. P. 1677–1690.
11. *Prieto B., Aira N., Silva B.* Comparative study of dark patinas on granitic outcrops and buildings // *Science of the Total Environment*. 2007. № 381. P. 280–289.
12. *Saiz-Jimenez C.* Biodeterioration and Biodegradation: the Role of Microorganisms in the Removal of Pollutants Deposited on Historic Buildings // *International Biodeterioration and Biodegradation*. 1997. Vol. 40. № 2–4. P. 225–232.
13. *Sanjurjo-Sánchez J., Juan Ramón Vidal Romani, Carlos Alves.* Comparative analysis of coatings on granitic substrates from urban and natural settings (NW Spain) // *Geomorphology*. 2012. № 138. P. 231–242.
14. *Schiavon N.* Kaolinisation of granite in an urban environment // *Environ. Geol.* 2007. Vol. 52. P. 399–407.
15. *Warscheid Th., Braams J.* Biodeterioration of stone: a review // *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2000. № 46. P. 343–368.

A. B. Воронцова, Е. М. Нестеров

ГЕОХИМИЯ ТВЕРДОЙ ФРАКЦИИ СНЕГОВОГО ПОКРОВА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

[Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития
РГПУ им. А. И. Герцена на 2012–2016 годы (мероприятие 2.3.1)].

Анализируются результаты химического, фазового и дисперсного состава твердой фракции снегового покрова по шести районам Санкт-Петербурга. Данные получены с помощью рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа и метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Выявляются основные источники загрязнения и оценивается их влияние на экологическое состояние районов.

Ключевые слова: твердая фракция снежного покрова, рентгеноспектральный электронно-зондовый микроанализ, метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

A. Vorontsova, E. Nesterov

Geochemistry of the Firm Fraction of Snow Cover in Saint-Petersburg

The results of chemical, phase and disperse structure of firm fraction of the snow cover from six areas of Saint-Petersburg are analyzed. The data were received by the use of x-ray spectrometry electron-probe microanalysis and the method of inductively coupled plasma mass-spectrometry (ICP-MS). The article identifies the basic sources of pollution and their influence on the ecological condition of the areas.

Keywords: firm fraction of snow cover, x-ray spectrometry electron-probe microanalysis, method of inductively coupled plasma mass-spectrometry (ICP-MS).

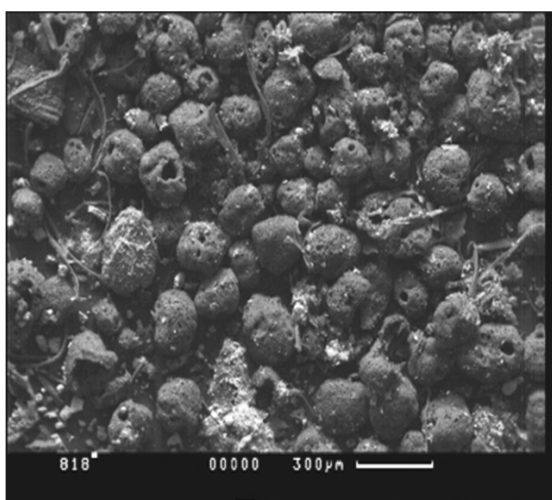
Вопрос загрязнения атмосферы является в настоящее время одним из самых актуальных, особенно для крупных урбанизированных центров, таких как Санкт-Петербург. Атмосферные выпадения аэрозолей, в частности атмосферная пыль, как естественного происхождения, так и техногенного, являются главной причиной загрязнения наземных экосистем. Снеговой покров играет роль аккумулятора и трансформатора техногенного загрязнения. Снег является долговременной депонирующей средой, что позволяет выявить и картировать устойчивую структуру атмосферных выпадений для широкого круга компонентов [2]. Особая роль в геохимическом мониторинге и оценке экологического состояния окружающей среды городов отводится изучению тяжелых металлов (ТМ), которые в списке приоритетности загрязняющих веществ занимают одно из ведущих положений.

При изучении твердой (пылевой) составляющей снежного покрова важными аналитическими задачами являются определение ее фазового и химического состава, дисперсный анализ частиц. Для решения данных задач был применен метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP) на приборе «ELAN-6100 DRC». Для анализа ICP не требуется большого количества вещества — навеска может быть не более 50 мг, что является очень важным в нашем случае, так как количественная составляющая пыли на фильтрах оказалась не велика. В тех случаях, когда количество твердой составляющей пыли было недостаточно для ICP-МС метода, применялся рентгеноспектральный электронно-зондовый микроанализ на сканирующем электронном микроскопе с системой для микроанализа фирмы LINKAN 10000 (микрозонд) [5].

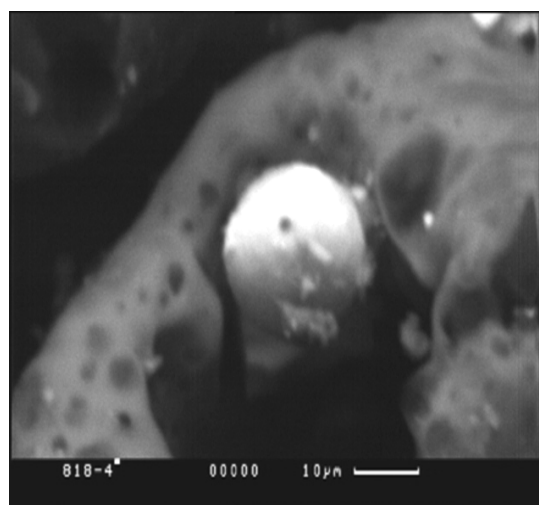
Пробы снега отбирались в конце марта — начале апреля 2011 года в шести районах города Санкт-Петербурга (Центральном, Василеостровском, Приморском, Красногвардейском, в Пушкине и Павловске). В соответствии с розой ветров, с близостью возможных источников загрязнения была построена плотная сеть точек пробоотбора (50–60 точек по району), также большое внимание при составлении сети уделялось «зеленым зонам» районов. Для получения данных о загрязнении снега за весь зимний период бралась полная колонка снега. В целом все пробы отбирались «точечным» методом. В парках и скверах сборные пробы отбирались способом «конверта», а точки вблизи дорог — способом линейной разграфки. Общий объем талой воды от пробы, как правило, составлял 1,5–2 литра. Для координатной привязки проб использовался GPS-навигатор Garmin 76. В дальнейшем 250 мл талой воды каждой пробы пропускать через фильтр «синяя лента», который высушивался и использовался для анализа твердой составляющей снежного покрова.

Важным фактором воздействия на организм человека является дисперсный состав пыли. Крупные частицы пыли задерживаются на слизистой оболочке верхних дыхательных путей, частицы же с размерами менее 10 мкм могут проникать в альвеолы легких, где и задерживается основная их часть [3]. Пылевой осадок рассматриваемых нами проб — полидисперсен. Для проведения анализа дисперсного состава пыли использовался метод морфометрии. В ходе анализа было выяснено, что пылевой осадок исследуемых образцов состоит из:

- крупнодисперсной фракции — пористых сферических частиц размером 100–240 микрон, гладких пластинчатых частиц размером 80–100 микрон, четко ограниченных остроугольных частиц неправильной формы размером 80–120 микрон (рис. 1);
- мелкодисперсных частиц пластинчатой и зернистой формы размером от 8 до 30 микрон, а также гладких светлых сферических частиц размером 30 микрон (рис. 2).



a)



б)

Рис. 1. Фотографии пылевого осадка с фильтра, сделанные с помощью микронзонда:

- a* — пористые сферические частицы (масштаб 1 см — 300 микрон);
- б* — гладкая сферическая частица размером 30 микрон

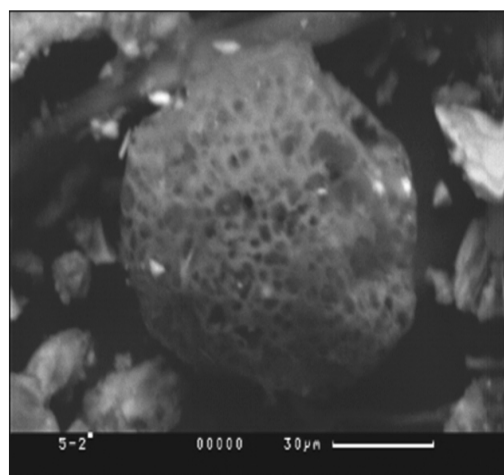
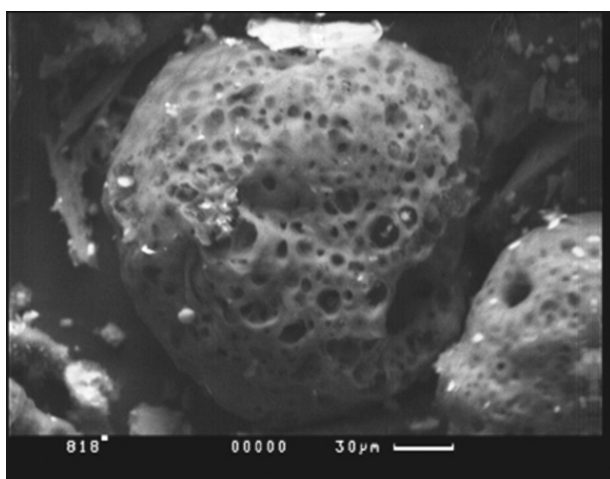


Рис. 2. Фотографии «шариков», богатых серой пылевого осадка с фильтра, сделанные с помощью микронзонда (масштаб: 1 см — 30 микрон)

Причем пористые сферические частицы характерны только для образцов Павловска и Пушкина, а также для нескольких проб Красногвардейского района и составляют основную массу образцов.

В соответствии с полученными процентными содержаниями окислов в пылевом осадке по районам исследования следует отметить высокие процентные содержания SO_3 по большинству точек в Пушкине и Павловске. Во время анализа на микрозонде в данных точках были обнаружены пористые «шарики», богатые серой, уже упомянутые выше (рис. 2), причем их доля по отношению к общей массе проанализированного пылевого осадка составляет чуть больше половины. Наличие в пробах Пушкина и Павловска «шариков», богатых серой, значительно снижает на общем фоне пробы долю SiO_2 , что подтверждается качественным спектральным анализом.

В образцах Центрального, Красногвардейского и Приморского районов были обнаружены частицы, в состав которых входит Zn, Cr, Ni, Cu, но на общем фоне образца пыли их количество оказалось незначительным. Также следует отметить наличие V в пылевом осадке: в основном, он характерен для «шариков», богатых серой, найденных в образцах Павловска, Пушкина и в нескольких образцах Красногвардейского района.

Результаты анализа пылевого осадка на микрозонде стоит рассматривать как полуколичественные, поэтому для получения более точных данных по процентному содержанию окислов в пылевом осадке шести районов исследования был применен метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

Из табл. 1 видно, что основу твердой массы снегового покрова составляет алюмосиликатное вещество, содержащее такие породообразующие элементы, как Fe, Mg, Na, Ca, K, Mn и P. Полученные результаты анализов сравнивались с таблицей процентных содержаний окислов в осадочных породах Русской плиты [7]. Таким образом, нами было выяснено, что твердый (пылевой) осадок снегового покрова по составу близок к суглинкам и глинам, сформированным из частиц полевых шпатов и пород гранитоидного ряда, характерных для осадочного чехла Ленинградской области. Высокие концентрации Fe объясняются наличием в пылевом осадке пластинчатых частиц слюды биотита, а также частиц техногенного происхождения. Также стоит отметить наличие большого количества органики в образцах.

Таблица 1

Процентное содержание окислов в пылевом осадке (результаты ICP)

Номер точки	Окислы, %									
	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3
ВР-36.1	1,6	2,7	9,6	38,9	0,3	1,6	4,4	1,3	0,1	9,1
ВР-37.1	1,8	2,6	10,8	49,5	0,3	1,9	3,9	1,0	0,1	8,1
КР-17.1	2,0	2,4	10,6	50,9	0,2	1,7	7,3	1,0	0,1	7,4
КР-8.3	1,6	1,6	9,4	51,9	0,4	2,0	3,3	0,8	0,1	5,5
Павл-41.2		2,7	8,7	44,5	2,8	1,4	4,5	0,7		5,1
ПР-59.5	1,1	1,1	7,0	40,6	0,9	1,7	4,1	0,4	0,1	4,9
ПР-67.3	1,4	2,0	8,5	39,1	0,3	1,4	3,7	0,8	0,1	6,8
Пушк-20.3		1,8	9,5	25,1		1,0	2,5	1,3		5,3
ЦР-33	0,8	0,8	7,6	39,2	0,4	2,0	1,9	0,5	0,1	3,6
ЦР-19	1,7	1,7	10,6	51,6	0,4	2,8	3,5	0,8	0,1	7,3

Важную роль в пространственном распределении твердой фракции снегового покрова играют воздушные массы. Частицы, обнаруженные в пылевом осадке, — легкие и с помощью воздушных масс могут быть перенесены на большие расстояния. В соответствии с розой ветров на территории Санкт-Петербурга в зимний период преобладают ветры южного и юго-западного направления, а для зимнего периода 2011 года в некоторые месяцы также были характерны ветры северо-восточного направления.

Сравнивая концентрации ТМ в пылевом осадке с их кларками в осадочных породах Русской плиты (табл. 2), следует отметить превышения концентраций по всем точкам в 1,5–2 раза у V, в 2–5 раз — у Cu и Zn, в 1,5–2 раза — у Cr и Pb по некоторым точкам (Центральный и Василеостровский районы). Основываясь на полученных результатах и кластерном анализе элементов, можно отметить, что в загрязнении территории ТМ главенствующую роль играет техногенный фактор.

Таблица 2

**Концентрации тяжелых металлов и мышьяка
в пылевом осадке по районам исследования (результаты ICP)**

Номер образца	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Pb
ЦР-33	63,3	57	9,13	23,5	37,5	206	2,2	102	7,33
ВР-36.1	202	125	17,1	7,39	17,3	6,22	26,5	5,84	28,6
ВР-37.1	236	174	22,7	70,9	170	519	1,8	197	22,1
КР-17.1	200	84,7	22	51,5	98,6	355	1,89	216	19,5
КР-8.3	137	96,6	14,4	43,3	154	438	2,77	174	31
ПР-59.5	117	136	12,2	58,7	152	503	5,95	129	25,9
ПР-67.2	172	88,8	23	43,9	144	420	1,37	157	11
ЦР-19	138	110	15,7	55	136	354	3,94	166	47
Ск	95	80	16	44	30	74	12	236	18

Примечание: Ск — региональный кларк в осадочном чехле Русской плиты

Для более полного анализа всей совокупности данных и для выяснения более тонкой структуры взаимосвязей между районами был применен метод кластерного анализа на основе алгоритма расчета евклидова расстояния в многомерном пространстве нормализованных параметров (рис. 3).

В соответствии с дендрограммой по характеру источника загрязнения можно выделить два основных кластера: первый — Павловск и Пушкин; второй — Приморский, Красногвардейский, Василеостровский и Центральный районы. Во второй группе более тесные взаимосвязи наблюдаются между Приморским и Красногвардейским районами и Центральным и Василеостровским районами.

Рассматривая полученные результаты, можно сделать вывод, что на территории исследования наблюдается смешанный характер источников загрязнения. Природная компонента преимущественно состоит из частиц терригенного и биогенного происхождения. Она хорошо выражена минеральной составляющей, представленной полевыми шпатами, частицами гранита, биотитом, кварцевым песком и занимает большую часть по площади от общей массы пылевого осадка.

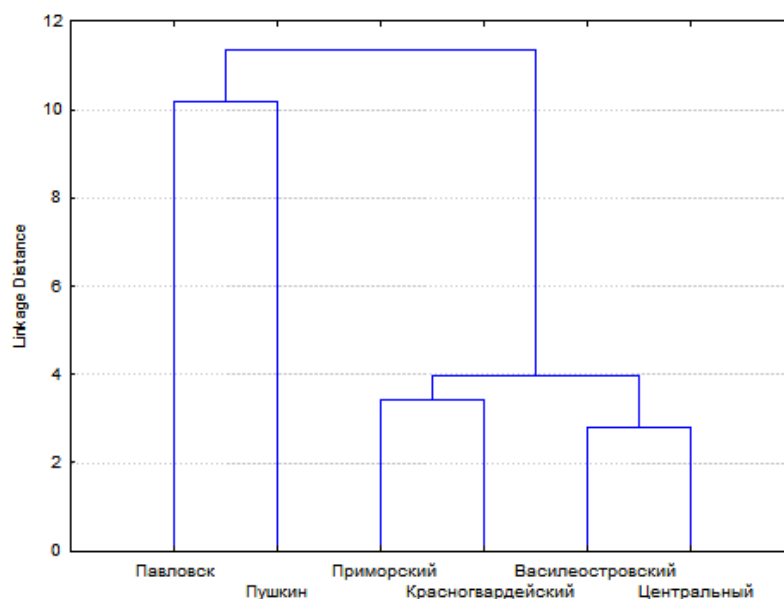


Рис. 3. Дендрограмма результатов кластерного анализа средних значений по районам химического состава пылевого осадка

Техногенная компонента пылевого осадка состоит из частиц пыли, обусловленной, в первую очередь, автотранспортом, деятельностью ТЭЦ, сжиганием бытового мусора, производственными процессами. Она представлена, в основном, крупнодисперсными частицами с соединениями тяжелых металлов, пористыми сферическими частицами серы с примесями тяжелых металлов. Таким образом, стоит отметить, что на территории исследуемых районов наблюдается процесс загрязнения, находящийся на разных стадиях и распространяющийся по районам неравномерно. Наиболее высокая техногенная нагрузка накладывается на Пушкин и Павловск, в которых был обнаружен источник загрязнения, не характерный для остальных четырех районов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белозерова О. Ю., Королева Г. П., Павлова Л. А. Рентгеноспектральный электронно-зондовый микроанализ твердых осадков снежного покрова как индикатор загрязнения окружающей среды // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6. № 4.
2. Бояркина А. П., Байковский В. В., Васильев М. В., Глухов Г. Г., Медведев М. А. Аэрозоли в природных планшетах Сибири. Томск: Изд-во Томского университета, 1993.
3. Иванова И. А., Манохин В. Я. Оценка дисперсного состава пыли участка черного литья // Вестник ДГТУ. 2010. Т. 10. № 2 (45).
4. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленной пыли и измельченных материалов. 3-е изд., перераб. Л.: Химия, 1987. 264 с.
5. Маликов Ю. И. Подготовка препаратов для анализа на микрозонде: Методические рекомендации. Новосибирск: ИГиГ СО СССР, 1983. 36 с.
6. Нестеров Е. М., Грачева И. В., Зарина Л. М. Об информативности показателей общей минерализации и кислотно-щелочных свойств при определении степени загрязненности снежного покрова урбанизированных территорий // Экология урбанизированных территорий. 2012. № 3. С. 81–88.
7. Панова Е. Г., Гавриленко В. В. Введение в геохимию осадочных пород: Учеб. пособ. СПб., 2007. 36 с.

8. *Nesterov E. M., Mocin V. G.* Geoecology of urban areas // Journal of International Scientific Publications: Educational Alternatives (www.science-journals.eu), Bulgaria. 2010. Vol. 8. Part 1. P. 89–95.

REFERENCES

1. *Belozerova O. Ju., Koroleva G. P., Pavlova L. A.* Rentgenospektral'nyj elektronno-zondovyy mikro-analiz tverdyh osadkov snegovogo pokrova kak idikator zagriznenija okruzhajushchej sredy // Analitika i kontrol'. 2002. T. 6. № 4.

2. *Bojarkina A. P., Bajkovskij V. V., Vasil'ev M. V., Gluhov G. G., Medvedev M. A.* Ajerozoli v prirodnyh planshetah Sibiri. Tomsk: Izd-vo Tomskogo universiteta, 1993.

3. *Ivanova I. A., Manohin V. Ja.* Otsenka dispersnogo sostava pyli uchastka chernogo lit'ja // Vestnik DGTU. 2010. T. 10. № 2 (45).

4. *Kouzov P. A.* Osnovy analiza dispersnogo sostava promyshlennoj pyli i izmel'chennyh materialov. 3-e izd., pererab. L.: Himija, 1987. 264 s.

5. *Malikov Ju. I.* Podgotovka preparatov dlja analiza na mikrozonde: Metod. rekomendatsii. Novosibirsk: IGI SO SSSR, 1983. 36 s.

6. *Nesterov E. M., Gracheva I. V., Zarina L. M.* Ob informativnosti pokazatelej obshchej mineralizatsii i kislotno-shchelochnyh svoystv pri opredelenii stepeni zagriznennosti snegovogo pokrova urbanizirovannyh territorij // Ekologija urbanizirovannyh territorij. 2012. № 3. S. 81–88.

7. *Panova E. G., Gavrilenko V. V.* Vvedenie v geohimiju osadochnyh porod: Ucheb. posob. SPb., 2007. 36 s.

8. *Nesterov E. M., Mocin V. G.* Geoecology of urban areas // Journal of International Scientific Publications: Educational Alternatives (www.science-journals.eu), Bulgaria. 2010. Vol. 8. Part 1. P. 89–95.

E. Гунтнер, И. Столбова, И. П. Махова

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕТЕРБУРГСКОГО РЕГИОНА

[Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития
РГПУ им. А. И. Герцена (проект 2.3.1)].

Отмечается объективная необходимость ускоренного развития транспортно-логистической инфраструктуры Петербургского региона в связи с расширением мирохозяйственных связей со странами Европейского Союза. Устанавливается связь развития транспорта с экологическими условиями мегаполиса и с экологической безопасностью населения. Особое внимание уделяется проблеме шума, строительства и реконструкции шумозащитных сооружений.

Ключевые слова: мегаполис, транспортно-логистическая система, трансформация, геоэкологические условия, мониторинг, экологическая безопасность, инновации.

E. Guntner, I. Stolbova, I. Mahova

Geoecological Conditions of the Transformation of the Transport-logistic System of Saint Petersburg Region

There is an objective necessity of speed-up the development of transport and logistics system infrastructure of Saint Petersburg region in connection with the expansion of economic connections with the countries of the European Union. It is argued that there is an interrelation between the development of transport with the ecological conditions of Saint Petersburg and the