

References

1. Fridman K.B., Lim T.E., Shustalov S.N. Conceptual model for assessment and management of human risk from transport pollution. *Gigiena i sanitariya*. 2011; 90 (3): 20–5. (in Russian)
2. Denisov E.I. Nonspecific effects of noise exposure. *Gigiena i sanitariya*. 2007; 86 (6): 54–7. (in Russian)
3. Denisov E.I., Il'kaeva E.N., Prokopenko L.V., Sivochalova O.V., Stepanyan I.V., Chesalin P.V. Logic and architecture of prognostic models construction in occupational health. *Acta Biomedica Scientifica*. 2009; (1): 20–9. (in Russian)
4. Noskov S.N., Fridman K.B., Sobolev V.Ya. Comparative assessment of health risk from exposure to transport noise in selected areas of St. Petersburg. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*. 2014; 4 (53): 10–4. (in Russian)

Поступила 15.03.17

Принята к печати 05.07.17

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 614.774:581.5

Мюльгаузен Д.С., Панкратова Л.А., Лесовая С.Н.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛАНДШАФТОВ ПО ДАННЫМ О ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», 199034, г. Санкт-Петербург, Россия

Добыча и переработка полезных ископаемых обуславливают техногенно инициированное воздействие на окружающую среду, в том числе растительный покров. С использованием данных полевых исследований проведена оценка продуктивности растительных сообществ на основании индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – показателя количества фотосинтетически активной биомассы. Выделены зоны по степени повреждения растительного покрова, отражающие влияние горно-металлургического комбината «Печенганикель» (Мурманская область). Для территории площадью 380 км², находящейся в непосредственной близости к горно-металлургическому комбинату, в программе MapInfo Professional 11.5 построена карта повреждения растительного покрова окрестностей г.т. Никель (масштаб 1:100 000). Выявлено, что наибольшее загрязнение наблюдается в северо-восточном, восточном и юго-восточном направлениях от комбината «Печенганикель», что обусловлено преобладанием южных и юго-западных ветров. Наличие возвышенностей со средними высотами 300–400 м в северных, восточных и южных окрестностях г.т. Никель обуславливает отклонение основного потока загрязнителей, переносимых ветром, в восточном направлении. Показано, что даже в зонах значительного повреждения существуют локальные участки, характеризующиеся значительно меньшей нарушенностью растительного покрова, чем окружающая территория. Растения на таких участках находятся в зоне интенсивного техногенного воздействия, аккумулируя тяжелые металлы в значительных количествах, что следует учитывать при выявлении детальной картины содержания загрязнителей в растениях, особенно используемых населением в пищу. Кроме того, при помощи индекса NDVI выявлено, что загрязнители распространяются на гораздо большие территории, чем можно установить визуально на основании только полевых исследований, т. е. внешние признаки реакции растительности на загрязнение не всегда обладают 100% достоверностью.

Ключевые слова: зонирование территории; индекс NDVI; аэротехногенное загрязнение; растительный покров.

Для цитирования: Мюльгаузен Д.С., Панкратова Л.А., Лесовая С.Н. Оценка экологического состояния ландшафтов по данным о продуктивности растительного покрова. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(8): 723-729. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-723-729>

Для корреспонденции: Мюльгаузен Дарья Сергеевна, магистр географии, инженер-исследователь, Институт наук о Земле СПбГУ. E-mail: darja_sergeevna22@rambler.ru, s.lesovaya@spbu.ru

Miulgauzen D.S., Pankratova L.A., Lesovaia S.N.

ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATUS OF LANDSCAPES ACCORDING TO THE PRODUCTIVITY OF VEGETATION

Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, 199034, Russian Federation

Mining and processing of mineral resources causes the technological environmental impact, including the vegetation. Using field findings, the productivity of plant communities was estimated according to NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – index of the amount of photosynthetically active biomass. Zones are outlined by the degree of damaged vegetation, characterizing the impact of Pechenganikel Mining and Metallurgical Combine (Murmansk Oblast). For the area of 380 km², located in the vicinity of combine, the map of the damaged vegetation in the environs of urban-type settlement Nikel (1:100 000) was created in the program MapInfo Professional 11.5. Analysis of the map have shown the greatest pollution to be appeared in the north-eastern, eastern and south-eastern directions from the Pechenganikel combine due to the prevalence of the south and south-west winds as well as the uplands with an average height of 300–400m in the northern, eastern and southern adjacencies of Nikel. For zones with the considerable deterioration of vegetation the existence conditions for local areas with fewer disturbances than the surrounding area is determined. Plants growing in the zone of intensive technogenic impact, accumulate heavy metals in significant quantities that should be considered in a detailed researching of pollutants' content in plants, especially for those used as food. Moreover, NDVI reveals pollutants to spread over a far larger area than can be visually find out only due to field studies, as the outward signs of vegetation response to pollution do not always give the 100% certainty.

Key words: area zoning; NDVI; aerotechnogenic pollution; vegetation.

For citation: Miulgauzen D.S., Pankratova L.A., Lesovaia S.N. Assessment of ecological status of landscapes according to the productivity of vegetation. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(8): 723-729. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-723-729>

For correspondence: Daria S. Miulgauzen, MD, master of geography, analyst, Institute of Earth sciences of the Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, 199034, Russian Federation. E-mail: darja_sergeevna22@rambler.ru and s.lesovaya@spbu.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The work was supported by the St. Petersburg State University (project No. 18.38.418.2015).

Received: 28.06.16

Accepted: 16.01.17

Введение

Добыча и переработка полезных ископаемых обуславливают техногенно инициированное воздействие на окружающую среду, что неизбежно сказывается на здоровье населения. Медно-никелевый металлургический комбинат ОАО «Горно-металлургический комбинат «Печенганикель» – пример многолетнего влияния промышленного предприятия на окружающую среду. Комбинат расположен в Печенгском районе Мурманской обл. в окрестностях пгт. Никель (рис. 1). Основанный в 1945 г. комбинат до настоящего времени является одним из важнейших металлургических объектов по добыче и переработке сульфидных медно-никелевых руд.

Наиболее интенсивное загрязнение природной среды произошло на 70-е годы прошлого столетия, когда на комбинате перерабатывалась в том числе и высокосернистая руда из Красноярского края с долей сернистого компонента 30% [2]. В 1970-е годы выбросы диоксида серы составляли 400 тыс. т/г, к 2010 г. они сократились до 108 тыс. т/г [3]. Тем не менее, по данным за 2010–2012 гг., на территории пгт. Никель загрязнение атмосферного воздуха составило 2–5 ПДК по диоксиду серы [4]. Хотя значения индексов суммарного загрязнения атмосферы при разном количестве вредных веществ и комплексного индекса загрязнения атмосферы ИЗА₂ (индекс учитывает примеси диоксидов серы и азота, оксида углерода, фенола и формальдегида) для пгт. Никель попадают в диапазон 0–5 [4], соответствующий низкому уровню загрязнения, в докладе международного экологического объединения Bellona однозначно говорится о негативном влиянии комбината на здоровье населения. Влияние загрязнения сказывается на: а) репродуктивной системе, б) росте количества и частоты заболеваний дыхательных путей, в) росте

онкологических заболеваний, г) ослаблении иммунной системы, д) росте детской заболеваемости, е) сокращении средней продолжительности жизни [2]. Также отмечается и негативное влияние предприятия на окружающую среду: как на почвы [4], так и на растения [5].

Известно, что экосистемы «холодного сектора» – одни из наиболее уязвимых по отношению к внешнему воздействию [6–9]. Однако масштаб их преобразования, инициированного промышленным воздействием, зависит в том числе и от способности экосистемы к самосохранению и регенерации. Одним из показателей, по которым можно судить о состоянии экосистемы, является продуктивность растительных сообществ (накопление органических веществ в процессе жизнедеятельности). Используя данные по этому показателю, можно выделить территории, различающиеся по продуктивности растительности в связи с техногенным воздействием, и выявить специфику пространственного распределения зон повреждения растительного покрова.

Цель данной работы – оценка техногенного воздействия на основании данных о продуктивности растительных сообществ (на примере ОАО «Горно-металлургический комбинат «Печенганикель»). В соответствии с целью решались следующие задачи: а) дать качественную оценку состояния растительного и почвенного покровов на основании полевых исследований; б) количественно оценить продуктивность растительных сообществ на основании индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – показателя количества фотосинтетически активной биомассы; в) построить карту повреждения растительного покрова (масштаб 1:100 000) на основании данных индекса NDVI и с учётом результатов полевых работ.

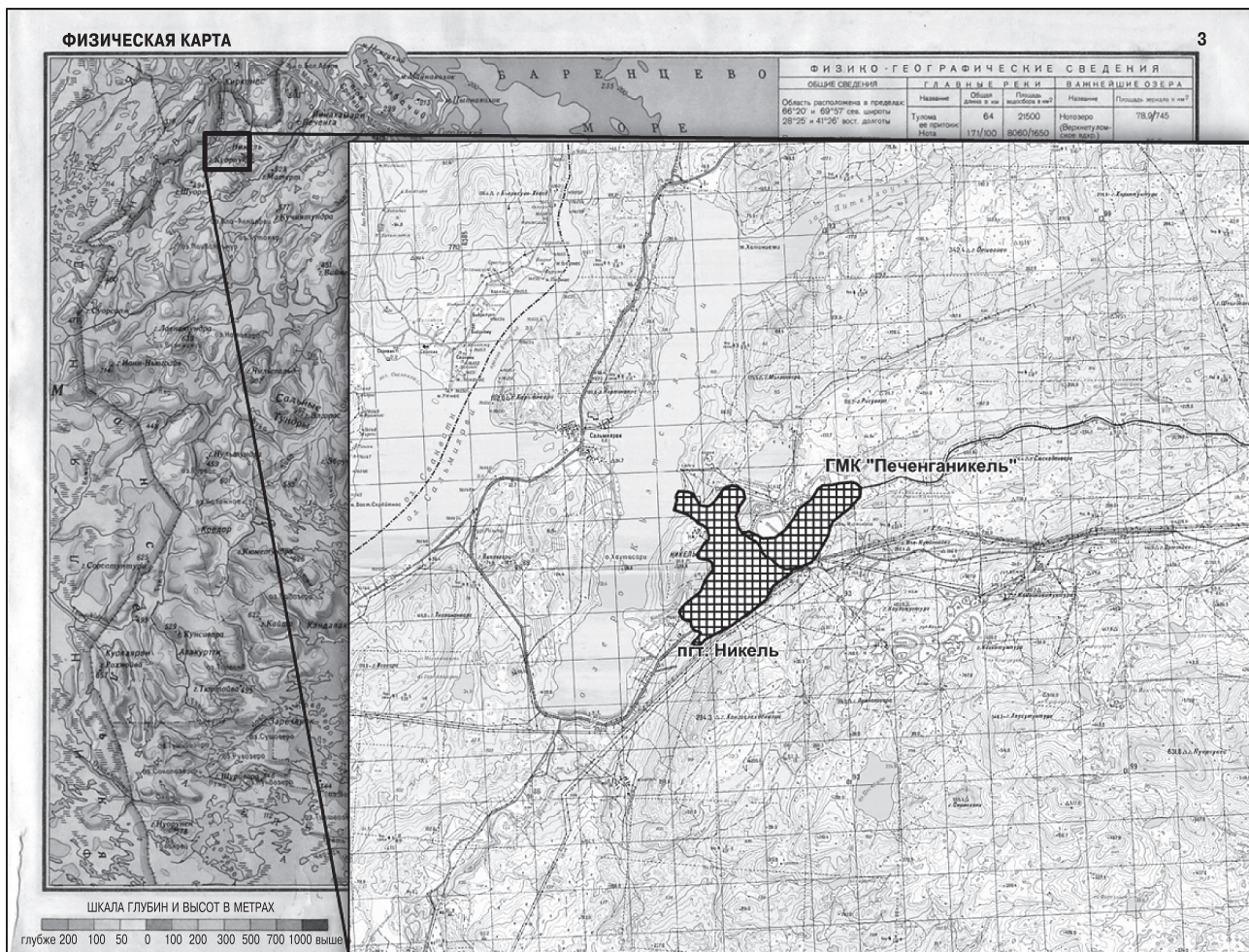


Рис. 1. Физическая карта Мурманской области [1] с увеличенным фрагментом района исследований.

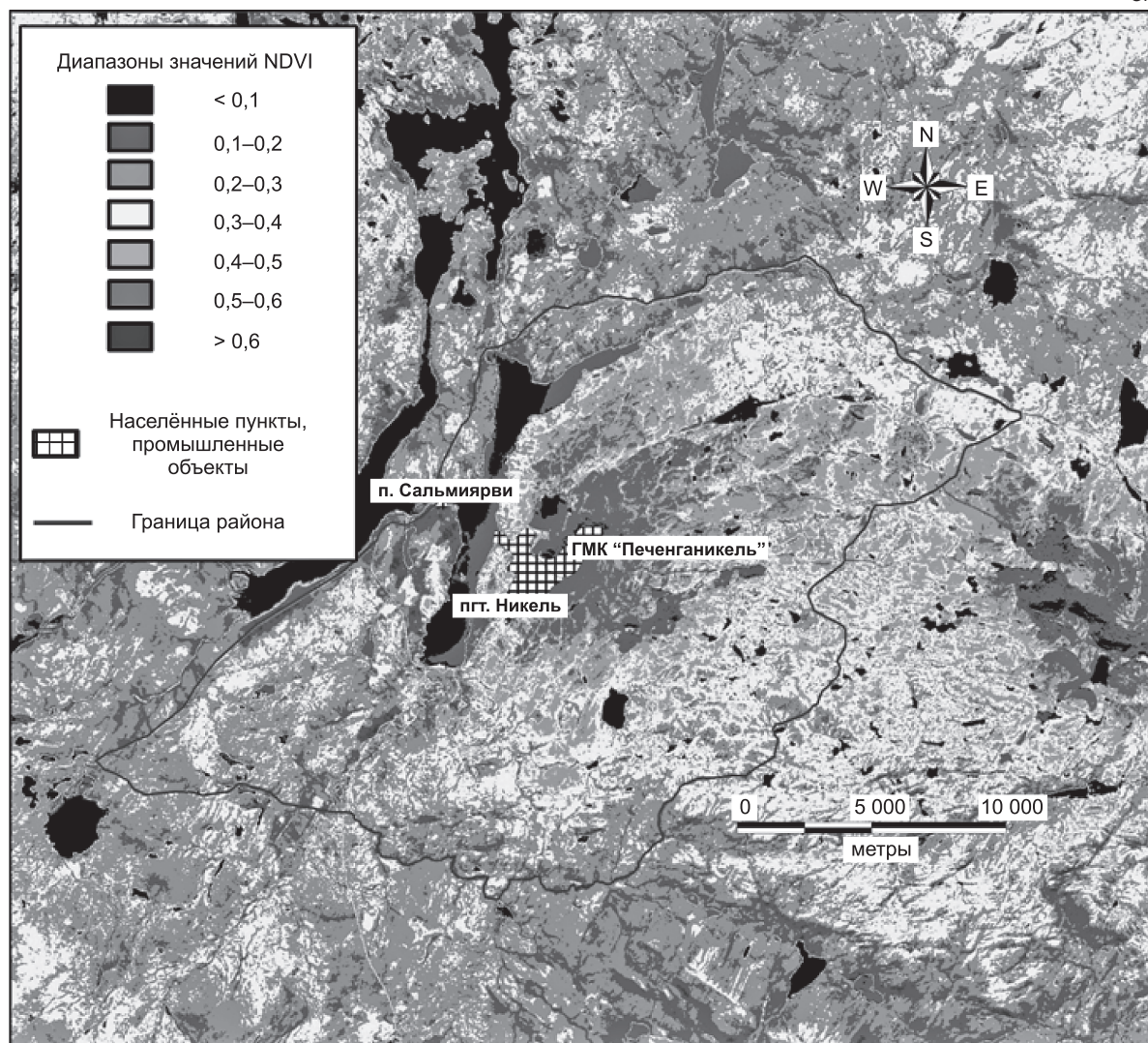


Рис. 2. Фрагмент спутникового снимка Landsat 8 на район исследований, реклассифицированного по значениям NDVI.

Материал и методы

Работа основывается на результатах полевых исследований – значительном количестве (167) ландшафтных описаний, проведённых в соответствии с методикой [10]. Для классификации почв использованы подходы Классификации и диагностики почв России [11].

Для количественной оценки продуктивности растительности исследуемой территории был использован индекс NDVI – нормализованный относительный вегетационный индекс. Индекс NDVI безразмерен, имеет значения от -1 до 1 , широко используется для количественной оценки продуктивности растительного покрова [12]. Индекс NDVI не является показателем загрязнения, но по его значениям можно косвенно судить о степени нарушенности растительных сообществ, исходя из того, насколько его значения близки к -1 или 1 (чем ниже показатель, тем меньше продуктивность). Использование этого индекса позволяет дать общую оценку обстановки, провести скрининговые исследования, что даёт возможность перейти от многочисленных точечных результатов полевых исследований на уровень площадных обобщений.

Индекс NDVI был рассчитан по разномасштабным снимкам, полученным со спутника Landsat 8 [13] в программе IDRISI Kilimanjaro. Продуктивность растительности (индекс NDVI) в определённой точке спутникового снимка выявляется по разнице интенсивностей отражённого света в красном и инфракрасном диапазонах, делённой на сумму их интенсивностей. Выявление территорий с более однородными значениями NDVI

проведено на основании реклассифицирования исходного снимка. Снимок был разбит по значениям NDVI по 7 укрупнённым диапазонам с шагом $0,1$ (рис. 2). На исследованной территории индекс варьирует от 0 (диапазон $0-0,1$ приходится только на водные объекты) до $0,7$ (ненарушенные леса с развитым напочвенным покровом и луга). Исследованная территория была разбита на части по аналогичным диапазонам значений NDVI. Каждый диапазон был соотнесён с данными полевых исследований о составе растительных сообществ, их состоянии, проективном покрытии. С учётом показателя NDVI и данных о растительности выделены зоны повреждения растительного покрова. На основании этих данных в программе MapInfo Professional 11.5 была построена карта повреждения растительного покрова окрестностей пгт. Никель (масштаб $1:100\,000$), охватывающая территорию площадью 380 км^2 (рис. 3).

Результаты

Проведённые полевые исследования позволили выявить несоответствия морфогенетических характеристик растительности и почв с таковыми в зональных, т. е. наиболее характерных для данной природной зоны, ландшафтах. На многих сильно нарушенных пробных площадках растительное сообщество полностью разрушено, а почвы отражают интенсивное антропогенное воздействие.

На основании анализа значений индекса NDVI и данных полевых исследований выявлены 4 зоны по степени повреждения растительного покрова (рис. 3).

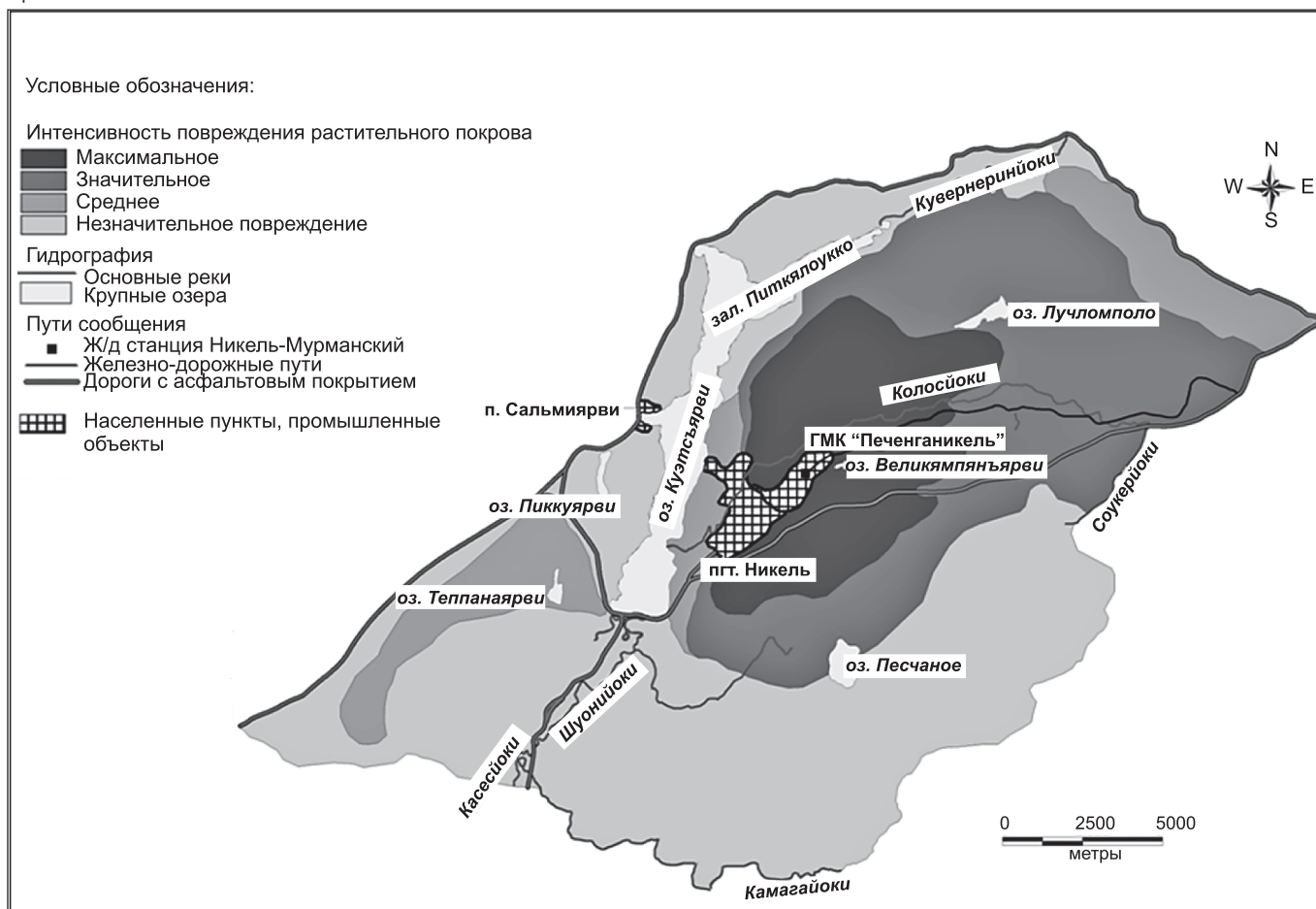


Рис. 3. Карта интенсивности повреждения растительного покрова в результате влияния комбината «Печенганикель» (масштаб 1:100 000).

1. Зона «максимального повреждения», вытянута с юга на северо-восток и охватывает наиболее близко расположенную к комбинату территорию. Значения NDVI составляют 0,1–0,2. Преобладают пустоши с полным отсутствием растительного покрова на сильно эродированных, местами горелых, песчанощебнистых субстратах. Сохранившиеся на горах единичные берёзы (*Betula pubescens Ehrh.*) сильно обожжены, искривлены, лишены вершин и низкорослы (высота 2–3 м). В микропонижениях встречаются зелёные мхи (проективное покрытие составляет < 5%). Почвенный покров сильно нарушен. Часто почвы перекрыты слоем техногенного грунта. В почвах практически отсутствуют верхние органогенные горизонты, а также нижележащие подзолистый и/или альфегумусовый. Из-за значительных нарушений почвы классифицированы как абразёмы альфегумусовые [11].

2. Зона «значительного повреждения» прилегает к предыдущей зоне практически по всему её периметру и вытянута с юго-запада на северо-восток и восток. Кроме того, участки, отвечающие по всем показателям этой зоне, выявлены в зоне «максимального повреждения» по долинам ручьёв и рек. Значения NDVI изменяется в пределах 0,2–0,4. Наветренные участки представляют собой сильно разреженное криволесье, где сохранились единичные угнетённые берёзы и кустарнички (черника (*Vaccinium myrtillus L.*), вороника (*Empetrum nigrum L.*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea L.*)). В отличие от них подветренные участки покрыты более густым криволесьем с проективным покрытием злаков, представленных луговиком извилистым (*Avenella flexuosa (L.) Drejer*), овсяницей овечьей (*Festuca ovina L.*)), и кустарничков до 40%. У деревьев часто отмечается суховершинность, искривление, низкорослость (высота до 3–5 м). Моховой покров фрагментарен. Почвенный покров не отличается от такового предыдущей зоны.

3. Зона «средней степени повреждения»: значения NDVI 0,3–0,4, на отдельных участках 0,4–0,5. Зона состоит из нескольких несомкнутых участков. На востоке разреженное криволесье соседствует с зоной «значительного повреждения». На западе сосновые и смешанные разреженные, часто переувлажнённые леса граничат с промплощадкой комбината. На юго-западе-западе находятся зарастающие гари. Именно в пределах этой зоны появляются первые на восточном направлении от комбината экземпляры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*). Высота деревьев до 8 м, характерны сухие вершины и ожоги хвои. Также впервые при движении от комбината на северо-восток и запад по периферии зоны встречаются лишайники, представленные кладонией бокальчатой (*Cladonia pyxidata (L.)*) и кладонией трубчатой (*Cladonia scabriuscula (Delise) Leight.*). Проективное покрытие зелёных мхов возрастает до 10%. Почвенный покров менее нарушен по сравнению с описанными выше зонами.

4. Зона «незначительного повреждения» прилегает к предыдущим зонам на западе. Значения NDVI находятся в диапазоне 0,4–0,6, местами > 0,6. Кроме того, фрагментарно участки этой зоны с показателем NDVI 0,5–0,6 выделены в зоне «значительного повреждения» по ложбинам. Здесь развиваются берёзово-сосновые или сосново-берёзовые кустарничковые, с доминированием брусники, леса. По долинам рек преобладают берёзовые кустарничково-травяные леса с брусничкой, багульниковым болотным (*Ledum palustre L.*), дёрном шведским (*Chamaepericlymenum suecicum (L.) Asch. & Graebn.*), луговиком извилистым. Проективное покрытие лишайников, преимущественно рода *Cladonia*, составляет 10%, мхов, среди которых и зелёные, и политриховые мхи – до 20%. В целом облик растительного покрова близок к «зональному». Почвенный покров также соответствует «зональному» и не имеет признаков нарушения.

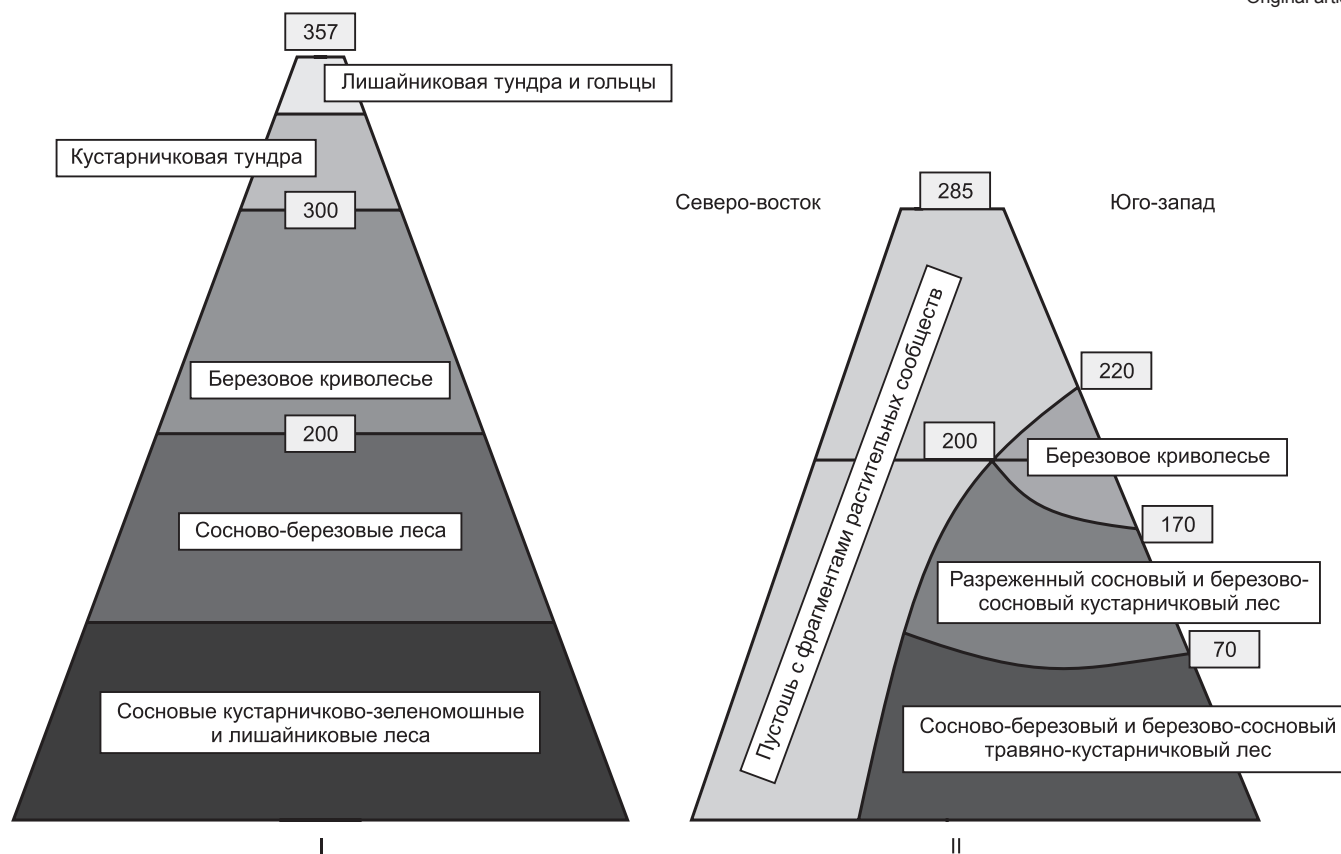


Рис. 4. Сопоставление высотно-зональной структуры растительного покрова ненарушенных (I) [18] и нарушенных (II) территорий в окрестностях пгт. Никель.

Обсуждение

На исследованной территории преобладают кислые щебнистые почвы, относящиеся к отделу альфегумусовых почв [11]. Закономерности их распространения, особенности морфогенетических характеристик соответствуют описанным ранее почвам Восточной Фенноскандии [14–17]. Помимо альфегумусовых почв, на возвышенностях также встречаются щебнистые почвы – литозёмы. Основные нарушения почвенного покрова отмечены в зонах «максимального» и «значительного повреждения», что обусловлено прежде всего механическим воздействием.

Выявленные закономерности распределения растительных группировок отражают региональную специфику [18]. Показано, что на ненарушенных выположенных территориях с абсолютными высотами до 200 м развиваются сосновые и берёзово-сосновые лишайниковые, зелёномошно-лишайниковые и кустарничково-зелёномошные леса. Выше 200 м произрастает берёзовое криволесье, которое на вершинах с высотами более 300 м сменяется кустарничковой и лишайниковой тундрой (рис. 4, I). Под влиянием аэротехногенного загрязнения происходит нарушение зональной картины, что обобщённо отражено на схеме (рис. 4, II). Наветренные склоны превращаются в пустоши с единичными угнетёнными экземплярами берёзы, черники, вороники, овсяницы овечьей. На подветренных склонах зонально-поясная структура растительности в целом сохраняется, однако практически полностью отсутствует мохово-лишайниковый покров, меняется состав травяно-кустарничкового покрова.

Поскольку сосна обыкновенная, мхи, лишайники чувствительны к загрязнению [19, 20], их можно рассматривать как индикаторы загрязнения [21]: их появление свидетельствует об улучшении экологической обстановки. Так, в зоне «максимального повреждения» с почти полным отсутствием растительного покрова разреженное берёзовое криволесье и наличие мхов отмечено на участках, укрытых от ветрового потока, и в микропонижениях. В зоне «значительного повреждения» менее подвер-

женные загрязнению подветренные участки характеризуются большей продуктивностью и разнообразием растительных сообществ, чем наветренные склоны. Таким образом, выявлено существование локальных участков, характеризующихся меньшей нарушенностью, чем окружающая территория. Существование таких участков, а также способность произрастающих на них растений аккумулировать тяжёлые металлы в значительных количествах следует учитывать при выявлении детальной картины содержания загрязнителей в растениях, особенно используемых населением в пищу.

Наибольшее загрязнение наблюдается в северо-восточном, восточном и юго-восточном направлениях от комбината «Печенганикель», что обусловлено преобладанием южных и юго-западных ветров, а также возвышенностей со средними высотами 300–400 м в северных, восточных и южных окрестностях пгт. Никель. Этим определяется протяженность и форма зон повреждения растительного покрова, прежде всего «максимального повреждения» и «значительного повреждения» (см. рис. 3). Наличие возвышенностей обуславливает отклонение основных потоков загрязнителей на севере зоны «максимального повреждения» к востоку, а в зоне «значительного повреждения» с юго-запада на восток, прилегающий с запада к промплощадке комбината участок в силу преобладающих юго-западных ветров, уносящих загрязнение в сторону, относится к зоне «средней степени повреждения».

Сопоставление выделенных зон повреждения растительности с литературными данными по содержанию загрязнителей в растениях [22] выявило, что негативное влияние комбината значительно шире, чем это можно предположить, исходя из морфогенетических характеристик растительности (таблица). Например, на расстоянии 10 км в юго-западном направлении от источника загрязнения (комбината), что соответствует зоне «незначительного повреждения», суммарные показатели превышения ПДК по селену, хрому, цинку, меди, никелю, мышьяку и железу превышены в чернике в 40–60 раз и в подосиновике в 100–150 раз [22].

Содержание тяжёлых металлов в растениях, по данным [3], в различных зонах повреждения растительного покрова

Направление и расстояние (км) от источника загрязнения	Содержание тяжёлых металлов, мг•кг ⁻¹ абс. сухого вещества (по данным ИППЭС КНЦ РАН [3])		Индекс NDVI	Оценка повреждения растительного покрова по индексу NDVI
	Ni	Cu		
<i>Vaccinium myrtillus L.</i>				
N 29	1,9	5,6	0,4–0,6	Незначительное
N 12	9,8	5,3	0,4–0,6	Незначительное
W 5	5,8	5,3	0,3–0,4	Средняя степень
S 14	4,9	4,6	0,4–0,6	Незначительное
S 44	3,2	6,4	0,4–0,6	Незначительное
Среднее содержание*	0,92 ± 0,12	8,39 ± 0,2		
<i>Vaccinium vitis-idaea L.</i>				
N 12	11,3	6,5	0,4–0,6	Незначительное
W 5	7,4	5,9	0,3–0,4	Средняя степень
S 14	3,3	4	0,4–0,6	Незначительное
S 44	2,7	5,1	0,4–0,6	Незначительное
Среднее содержание*	0,92 ± 0,26	6,07 ± 0,45		
<i>Empetrum hermaphroditum Hagerup.</i>				
N 29	5,6	7,5	0,4–0,6	Незначительное
N 12	15,2	11	0,4–0,6	Незначительное
W 5	11,2	9,5	0,3–0,4	Средняя степень
S 14	5,7	5,7	0,4–0,6	Незначительное
S 44	2,5	1,8	0,4–0,6	Незначительное
Среднее содержание*	1,11 ± 0,12	10,55 ± 0,5		
<i>Rubus chamaemorus L.</i>				
W 5	17	12,5	0,3–0,4	Средняя степень
S 14	12,7	7,7	0,4–0,6	Незначительное
S 44	4,8	7,9	0,4–0,6	Незначительное
Среднее содержание*	3,17 ± 0,95	7,46 ± 0,85		

Примечание. * – среднее содержание тяжёлых металлов в ягодах дикорастущих растений Мурманской обл., мг•кг⁻¹ абс. сухого вещества [3].

Для выделенных нами зон «средней степени повреждения» и «незначительного повреждения» характерны значительные превышения содержания никеля в чернике, бруснике, воронике и морошке (*Rubus chamaemorus L.*) и превышения содержания меди в морошке по сравнению со средним показателем для Мурманской обл. (см. таблицу). Обобщённые в таблице результаты позволяют говорить, что пространственная картина влияния комбината на окружающую среду загрязнения сложнее, чем можно ожидать, используя только данные по содержанию загрязнителей в ягодах в зависимости от расстояния от источника загрязнения. Даже на значительном удалении от комбината при практически полном отсутствии выраженности отклонений от зональных характеристик на морфологическом уровне, содержание загрязнителей в растениях может превышать ПДК. Кроме того, большое значение в пространственном распределении выбросов комбината имеют специфика мезорельефа и направление преобладающих ветровых потоков.

Таким образом, сопоставление литературных данных по загрязнению с данными полевых исследований о характере растительного и почвенного покрова, особенностях рельефа с учётом ветровой экспозиции и расчётах индекса NDVI на район исследований позволили выявить зоны различной степени поврежде-

ния растительных сообществ, обосновать их форму и частичное взаимопроникновение.

Заключение

Данные качественной оценки состояния растительного и почвенного покровов, полученные на основании полевых исследований, и результаты количественной оценки продуктивности растительных сообществ на основании индекса NDVI позволяют говорить о негативном влиянии аэротехногенного загрязнения комбината «Печенганикель» на окружающую среду.

Сопоставление полученных данных с опубликованными материалами о содержании тяжёлых металлов в растительности для окрестностей пгт. Никель выявило: загрязнители распространяются на гораздо большие территории, чем можно установить визуально на основании только полевых исследований, так как внешние признаки реакции растительности на загрязнение не всегда обладают 100% достоверностью; основную роль в распространении загрязнителей закономерно играют преобладающие юго-западные ветра и мезорельеф, в силу чего на северо-восток и восток переносится большее количество загрязнителей, что обуславливает увеличение протяжённости зон с низкими показателями NDVI в этом направлении.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Санкт-Петербургского государственного университета (проект № 18.38.418.2015).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература
(п.п. 6–9 см. References)

1. Атлас Мурманской области. М.; 1971.
2. Доклад объединения Bellona. Горно-металлургическая компания «Норильский никель» (влияние на окружающую среду и здоровье людей). Available at: http://bellona.org/assets/sites/4/fil_nikel-report-bellona-2010-ru.pdf
3. Хлебосолова О.А., ред. Кольская горно-металлургическая компания (промышленные площадки «Никель» и «Заполярье»): влияние на наземные экосистемы. Рязань: Голос губернии; 2012.
4. Лукичёва Л.А., ред. Доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Мурманской области в 2012 году». Мурманск; 2013.
5. Мюльгаузен Д.С., Панкратова Л.А. Проблема аэротехногенного загрязнения окрестностей поселка Никель (Мурманская область). В кн.: Сохранение природной среды и оптимизация ее использования в Балтийском регионе. Материалы IX Международной экологической школы-конференции в усадьбе «Сергиевка» – памятнике природного и культурного наследия. СПб.: ВВМ; 2014: 257–65.
10. Исаченко Г.А. Методы полевых ландшафтных исследований и ландшафтно-экологическое картографирование. СПб.; 1999.
11. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена; 2004.
12. NDVI – теория и практика. Available at: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>
13. EarthExplorer. Available at: <http://earthexplorer.usgs.gov/>
14. Никонов В.В. Почвообразование на северном пределе сосновых биогеоценозов. Ленинград: Наука; 1987.
15. Переверзев В.Н. Лесные почвы Кольского полуострова. М.: Наука; 2004.
16. Переверзев В.Н. Зональные особенности альфегумусового почвообразования на моренных породах Кольского полуострова. Почвоведение. 2007; (1): 5–11.
17. Лесовая С.Н., Горячкин С.В., Погожев Е.Ю., Полеховский Ю.С., Заварзин А.А., Заварзина А.Г. Химико-минералогические свойства, генезис, проблемы классификации почв на плотных породах северо-запада России. Почвоведение. 2008; (4): 406–20.
18. Хлебосолов Е.И., Макарова О.А., Хлебосолова О.А., Поликарпова Н.В., Зацаринный И.В. Птицы Пасвика. Рязань: Голос губернии; 2007.
19. Лукина Н.В., Сухарева Т.А., Исаева Л.Г. Техногенные дигрессии и восстановительные сукцессии в северотаежных лесах. М.: Наука; 2005.
20. Мэннинг У.Д., Федер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Ленинград: Гидрометеониздат; 1985.

21. Мюльгаузен Д.С., Панкратова Л.А. Зонирование нарушенных аэротехногенным загрязнением территорий на примере ГМК «Печенгникель». В кн.: *Сборник статей Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современной науки». Часть 2*. Уфа: Аэтерна; 2015: 241–6.
22. Мичурин А.Н., Татаринский В.Н., ред. *Экологическое состояние озера Куэтыярви и прилегающей территории*. СПб.; 2003.

References

1. Atlas of Murmansk region. Moscow; 1971. (in Russian)
2. Report of the Union Bellona. Mining and Metallurgical Company «Norilsk Nickel» (The impact on the environment and human health). Available at: http://bellona.org/assets/sites/4/fil_nikel-report-bellona-2010-ru.pdf (in Russian)
3. Khlebosolova O.A., ed. *Kola Mining and Metallurgical Company («Nickel») u «Zapolyarny» industrial sites: The Impact on the Land Ecosystems [Kol'skaya gorno-metallurgicheskaya kompaniya (promyshlennyye ploshchadki «Nikel») i «Zapolyarnyy»]: vliyaniye na nazemnyye ekosistemy*. Ryazan': Golos gubernii; 2012. (in Russian)
4. Lukicheva L.A., ed. *Report «On the sanitary-epidemiological situation in the Murmansk region in 2012»*. Murmansk; 2013. (in Russian)
5. Myul'gauzen D.S., Pankratova L.A. The problem of aerotechnogenic pollution in the vicinity of Nickel (Murmansk region). In: Conservation of the Environment and the optimization of its use in the baltic region. Proceedings of the IX International Ecological School Conference in the Estate «Sergievka» – a Monument of Natural and Cultural Heritage. SPb.: VVM; 2014: 257–65. (in Russian)
6. Dixon J.L., Heimsath A.M., Amundson R. The critical role of climate and saprolite weathering in landscape evolution. *Earth Surf. Proc. Land*. 2009; (34): 1507–21.
7. Hugelius G., Kuhry P. Landscape partitioning and environmental gradient analyses of soil organic carbon in a permafrost environment. *Global Biogeochem. Cycle*. 2009; 23 (3).
8. Tarnocai C., Canadell J.G., Schuur E.A.G., Kuhry P., Mazhitova G., Zimov S. Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region. *Global Biogeochem. Cycle*. 2009; 23 (3).
9. Sumina O., Lessovaia S.N. Clay Minerals in the Loose Substrate of Quarries Affected by Vegetation in the Cold Environment (Siberia, Russia). In: Frank-Kamenetskaya V., ed. *Biogenic–Abiogenic Interactions in Natural and Anthropogenic Systems. Lecture Notes in Earth System Sciences*. Switzerland: Springer International Publishing; 2016: 249–59.
10. Isachenko G.A. *The Methods of Field Landscape Research and Landscape-ecological Mapping [Metody polevykh landshaftnykh issledovaniy i landshaftno-ekologicheskoe kartografirovaniye]*. St. Petersburg; 1999.
11. *Classification and Diagnostic System of Russian Soils*. Smolensk: Oykumena; 2004. (in Russian)
12. NDVI – theory and practice. Available at: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (in Russian)
13. EarthExplorer. Available at: <http://earthexplorer.usgs.gov/>
14. Nikonov V.V. *Pedogenesis at the Northern Boundary of Pine Biogeocoenoses [Pochvoobrazovanie na severnom predele sosnovykh biogeotsenozov]*. Leningrad: Nauka; 1987. (in Russian)
15. Pereverzev V.N. *Forest soils of the Kola Peninsula [Lesnye pochvy Kol'skogo poluostrova]*. Moscow: Nauka; 2004. (in Russian)
16. Pereverzev V.N. *Zone features of pedogenesis on moraine on the Kola Peninsula. Pochvovedenie*. 2007; (1): 5–11. (in Russian)
17. Lesovaya S.N., Goryachkin S.V., Pogozhev E.Yu., Polekhovskiy Yu.S., Zavarzin A.A., Zavarzina A.G. Soils on Hard Rocks in the Northwest of Russia: Chemical and Mineralogical Properties, Genesis, and Classification Problems. *Pochvovedenie*. 2008; (4): 406–20. (in Russian)
18. Khlebosolov E.I., Makarova O.A., Khlebosolova O.A., Polikarpova N.V., Zatsarinnyy I.V. *The Birds of Pasvik [Ptitsy Pasvika]*. Ryazan': Golos gubernii; 2007. (in Russian)
19. Lukina N.V., Sukhareva T.A., Isaeva L.G. *Pollution-induced Digressions and Rehabilitation Successions in Northern Taiga Forests [Tekhnogennyye digressii i vosstanovitel'nyye suktsessii v severotaezhnykh lesakh]*. Moscow: Nauka; 2005. (in Russian)
20. Manning W.J., Feder W.A. *Biomonitoring Air Pollutants with Plants*. London: Applied Science Publishers; 1980.
21. Myul'gauzen D.S., Pankratova L.A. Zoning aerotechnogenically polluted areas with reference to Pechenganikel Mining and Metallurgical Combine. In: *Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference «Actual problems of modern science». Part 2 [Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye problemy sovremennoy nauki». Chast' 2]*. Ufa: Aeterna; 2015: 241–6. (in Russian)
22. Michurin A.N., Tatarinский V.N., eds. *Environmental state of Kuetsyarvi lake and Surrounding Area [Ekologicheskoe sostoyaniye ozera Kuetsyarvi i priliegayushchey territorii]*. St. Petersburg; 2003. (in Russian)

Поступила 28.06.16

Принята к печати 16.01.17

© СУЧКОВ В.В., СЕМАЕВА Е.А., 2017

УДК 614.72:612.014.4

Сучков В.В., Семаева Е.А.

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ САМАРЫ И НОВОКУЙБЫШЕВСКА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, 443099, г. Самара, Россия

Представлены результаты анализа риска здоровью населения Самары и Новокуйбышевска. Оценивали содержание вредных веществ в воздухе на стационарных постах, расположенных в городской черте на хорошо проветриваемой местности. Риск здоровью рассчитывали в соответствии с Р 2.1.10.1920–04. За 2014–2015 гг. нами зафиксированы концентрации примесей, превышающие среднесуточную ПДК, по канцерогенам 1-го и 2-го классов опасности (бенз(а)пирену и формальдегиду), а также по аммиаку, который обладает общетоксическим действием. Среднегодовые концентрации фенола и формальдегида находились в пределах среднесуточной ПДК на территории Новокуйбышевска. В атмосферном воздухе в пределах Самары зарегистрированы среднегодовые концентрации формальдегида, незначительно превышающие величину ПДК_{сс} в 1,39 раз за 2015 г. Суммарный канцерогенный риск здоровью населения Самары в целом за 2014–2015 гг. составил $2,77 \cdot 10^{-4}$, суммарный индекс опасности – 18,35. Для здоровья населения Новокуйбышевска уровень суммарного канцерогенного риска равен $1,37 \cdot 10^{-4}$, суммарного индекса опасности – 14,64. Основными поллютантами, формирующими уровень суммарного канцерогенного риска здоровью населения Самары и Новокуйбышевска, стали шестивалентный хром, формальдегид и бензол. Приоритетным химическим веществом, формирующим суммарный индекс опасности развития неканцерогенных эффектов у населения Самары и Новокуйбышевска, оказалась медь (I ранговое место), содержащаяся в больших количествах в выбросах предприятий цветной металлургии и нефтехимии. Значения суммарного канцерогенного риска и суммарного индекса опасности неприемлемы для здоровья населения Самары и Новокуйбышевска и требуют проведения плановых мероприятий, направленных на оздоровление среды обитания в ближайшее время.

Ключевые слова: риск здоровью; автотранспорт; промышленный центр; бенз(а)пирен; формальдегид; шестивалентный хром; среда обитания; загрязнение атмосферного воздуха.

Для цитирования: Сучков В.В., Семаева Е.А. Оценка риска здоровью населения Самары и Новокуйбышевска от загрязнения атмосферного воздуха. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(8): 729–733. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-729-733>

Для корреспонденции: Сучков Вячеслав Владимирович, канд. мед. наук, ассистент кафедры общей гигиены Самарского государственного медицинского университета. E-mail: slav-vok4us@mail.ru.