

# ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В НИКОЛАЕВСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

## GEOECOLOGICAL APPROACHES TO THE STUDY OF HEAVY METALS IN MYKOLAIV CITY AGGLOMERATION

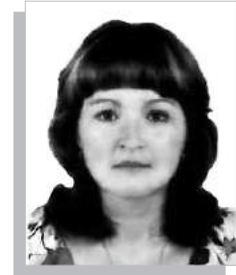


**Виктор ДОЛИН,**  
доктор геологических наук,  
Институт геохимии окружающей  
среды НАН Украины, Киев

**Victor DOLIN,**  
PhD Geology,  
Institute of Environmental  
Geochemistry, NAS of Ukraine, Kyiv

**Светлана СМЕРНОВА,**  
Институт геохимии окружающей  
среды НАН Украины, Киев

**Svitlana SMYRNOVA,**  
Institute of Environmental  
Geochemistry, NAS of Ukraine, Kyiv



Формирование загрязнения почвенного покрова Николаевской городской агломерации характеризуется динамичным многолетним непрерывным поступлением тяжелых металлов, закономерностью пространственного рассеяния атмосферных выбросов с учетом физико-географических и климатических условий региона.

Основные параметры по содержанию тяжелых металлов в почвах и снежном покрове Николаевской городской агломерации проанализированы в работах [1; 2]. В указанных исследованиях нами также обращалось внимание на несовершенство отечественной нормативной базы, основывающейся на Государственных стандартах и нормативах СССР 1982-1988 годов. Поэтому в настоящей работе авторы главным образом использовали эколого-геохимические критерии – коэффициенты концентрации тяжелых металлов (Кс).

Применение методов пространственной интерполяции позволяет выявить характер загрязнения почвенного покрова, охарактеризовать совпадения, соответствие / несоответствие современного привноса со сформировавшимся загрязнением почв. Загрязнение снега отражает современный привнос тяжелых металлов [4].

При анализе карт суммарных показателей загрязнения почвы и снегового покрова возможно выделение на территории участков с устойчивым, реликтовым и современным загрязнением [6].

**Цинк.** Пространственное распределение и интенсивность поступления цинковых загрязнений в почвенный покров города характеризуются неоднородностью. Преимущественное накопление загрязнения локализовано в Заводском районе в зоне влияния предприятий судостроительной и портовой инфраструктуры, а также в зоне расположения Международного аэропорта «Николаев». Ареалы современного цинкового загрязнения формируются вблизи ОАО Завод «Металлист» в микрорайоне «Северный». В пределах картированных ареалов уровень загрязнения почвенного покрова составляет до 2 фоновых порядков, а аэротехногенное поступление металлов составляет 2-3 Кс. Устойчивое загрязнение сформировано вблизи ГП НПКГ «Зоря-Машпроект», процессы поступления и накопления цинковых загрязнений сравнимы по интенсивности и составляют два-три фоновых показателя (рис. 1а).

**Свинец.** Современный привнос свинцовых загрязнений в почвенный покров

не зафиксирован. Техногенные аномалии покрывают большую часть (около 64%) городских площадей, они сформированы ранее в процессе хозяйственной деятельности и относятся к реликтовому загрязнению. Некоторое несоответствие распределения свинцовых загрязнений в почвенном покрове источникам выбросов, вероятно, обусловлено как масштабным промышленным и бытовым использованием, так и климатическими особенностями рассеяния аэротехногенных выбросов (рис. 1б).

**Никель.** В Ленинском районе вблизи ГП «Судостроительный завод им. 61 коммунара» и ОАО «Завод Металлист» формируются техногенные ареалы современного загрязнения, что сопровождается привносом никелевых загрязнений с атмосферными выпадениями до 3Кс. Почвенный покров загрязнен на большей части городской агломерации до двух фоновых порядков. Аналогичная ситуация наблюдается в Корабельном районе, где накопление металлов в почвенном покрове также носит прогрессирующий характер.

Высокий центр реликтового загрязнения сформирован в районе дислокации ГП НПКГ «Зоря-Машпроект», удельный выброс которого в составе предприятий города составляет 84%. В почвенном покрове идентифицируются превышения фоновых показателей в интервале 2-6 Кс при современных поступлениях никелевых загрязнений до трех фоновых порядков.

Устойчивое загрязнение соединениями никеля сформировано на 74% городской территории. Процессы поступления и накопления никелевых загрязнений соответствуют допустимым уровням и не превышают двух фоновых показателей (рис. 1в).

**Медь.** Устойчивое загрязнение по одинаковой интенсивности накопления медных загрязнений в почве и снеговом покрове локализовано практически на 90% городской площади. Привнос металлов с атмосферными выпадениями сопровождается интенсивным накоплением в почве на уровне до двух фоновых порядков. Вероятно, это обусловлено физико-географическими и гидрометеорологическими условиями региона.

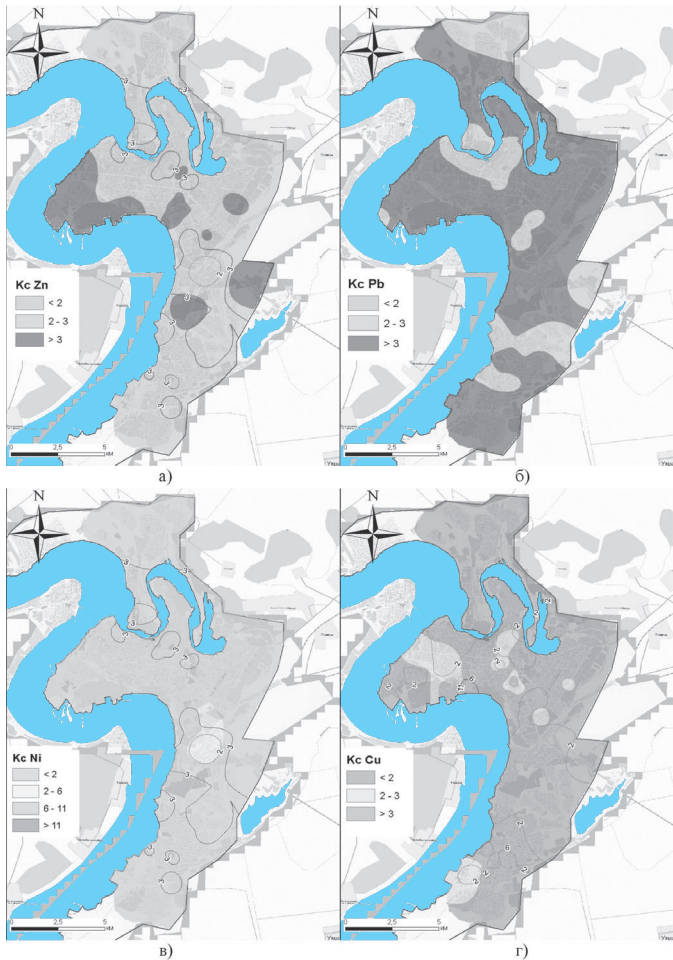
Ареалы современного загрязнения расположены в районе локализации предприятий ГАХК «Черноморский судостроительный завод» (ЧСЗ), Николаевский морской торговый порт, ООО

*Проанализированы процессы формирования и выявлено пространственное распределение тяжелых металлов (Zn, Pb, Ni, Cu) в почвенном покрове с учетом накопления аэротехногенных поступлений. посредством корреляционного анализа проанализировано загрязнение почвенного покрова зон обслуживания детских поликлиник Николаева по средневзвешенным показателям, выявлены геоэкологически обусловленные классы заболеваний.*

*It is analyzed the forming processes and the spatial distributing of heavy metals (Zn, Pb, Ni, Cu) is exposed in a soil cover taking into account the accumulation of aerotechnogenic receipts. By means of cross-correlation analysis contamination of soil cover of areas of maintenance of child's polyclinics of Mykolaiv is analysed on weighted-mean indices and it is geologically exposed the conditioned classes of diseases.*



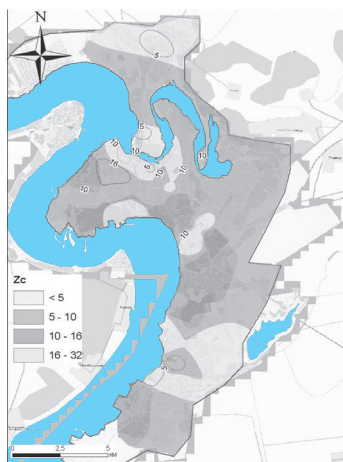
Рис. 1. Пространственная интерполяция наложения коэффициента концентрации почвенных и снежных отложений:  
а) цинк, б) свинец, в) никель, г) медь



Примечание: основа – Кс элементов в почвах, изолиниями показано Кс в снегу

«Нибулон». Здесь наблюдается интенсивный характер накопления (до 6-11 Кс) металлов в снеговом покрове по сравнению с почвой (Кс>3). Менее 3% городской территории следует отнести к городским площадям с формированием современного загрязнения геологической среды.

Рис. 2. Пространственная интерполяция наложения коэффициента концентрации почвенных снежных отложений по суммарному показателю загрязнения



Антропогенные геохимические зональности реликтового загрязнения формируются в Заводском районе в северо-западном направлении от эпицентра формирования современного загрязнения. Аналогично ареал реликтового загрязнения сформирован в окрестностях ПАО «Николаевский судостроительный завод «Океан» и ООО Сервисный центр «Металлург» в Корабельном районе. В пределах картированных ареалов уровень загрязнения почвенного покрова составляет 2-3 Кс, а аэротехногенное поступление металлов составляет до 2 фоновых порядков (рис. 1г).

Суммарный показатель загрязнения демонстрирует пространственную неоднородность поступления и формирования

загрязнения почвенного покрова. Северную часть Корабельного района следует отнести к устойчивым ареалам загрязнения: здесь поступление и накопление тяжелых металлов варьирует на уровне до 5 фоновых порядков. Ареал современного загрязнения локализован в окрестностях ГП «Судостроительный завод им. 61 коммунара», где наблюдается интенсивный характер накопления (до 5-10 Кс) металлов в снеговом покрове по сравнению с почвой (до 5 фоновых порядков). Реликтовое загрязнение сформировано в районе локализации таких предприятий: ГАХК «Черноморский судостроительный завод» (ЧСЗ), Николаевский морской торговый порт, ООО «Нибулон». Эта местность характеризуется высоким содержанием тяжелых металлов в почвенном покрове при умеренном привносе современных загрязнений (рис. 2).

Николаевская городская агломерация определена как территориальная целостная система, которая характеризуется однородными климатическими условиями (температура, влажность, почвенный покров, количество осадков и т.д.). Однако неоднородная техногенная нагрузка (состав и количество выбросов от предприятий, выбросы от передвижных источников с разной интенсивностью движения) на геологическую среду является важнейшим показателем здоровья населения Николаевской городской агломерации, которая, как в фокусе, отражает воздействие факторов техногенно-загрязненного почвенного покрова. При этом следует учитывать, что состояние здоровья населения и техногенное загрязнение почвенного покрова обусловлено геопространственной неоднородностью, что позволяет применить дифференцированный подход к оценке здоровья населения по районам принадлежности к городским поликлиникам.

При оценке воздействия окружающей среды на здоровье населения наиболее подходящим объектом экологических исследований является детское население. Детский контингент – своеобразная индикаторная группа, отражающая реакцию коренного населения на вредные воздействия факторов среды. Дети проживают на данной территории постоянно, не соприкасаясь непосредственно с вредным для здоровья производством, они не имеют ранее приобретенных профессиональных заболеваний и ведут сравнительно здоровый образ жизни, что исключает влияние дополнительных вредных факторов (переедание, курение, алкоголь), повышающих риск возникновения и развития многих заболеваний. Кроме того, из-за анатомо-физиологических особенностей дети более чувствительны к качеству среды обитания, а сроки проявления неблагоприятных эффектов у них короче. Это повышает достоверность медико-статистических исследований, позволяя делать более объективные выводы об экологической обусловленности заболеваний.

Проанализировано загрязнение почвенного покрова зон обслуживания поликлиник Николаева по средневзвешенным значениям, которые рассчитаны с использованием аналитического модуля *Spatial Analyst* методом *Zonal Statistic* программы *ArcGIS 9.3.1* (рис. 3, 4).

Выявлена пространственная обусловленность формирования загрязнений почвенного покрова в зонах обслуживания детских городских поликлиник. Основные уровни накопления тяжелых металлов в зоне

Рис. 3. Средневзвешенные значения коэффициентов концентрации в почвах территории, обслуживаемой детскими поликлиниками Николаева

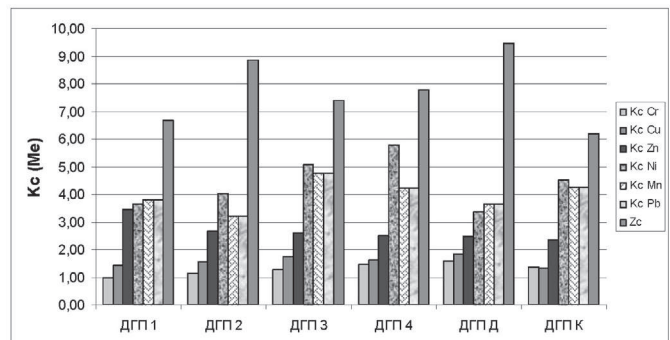
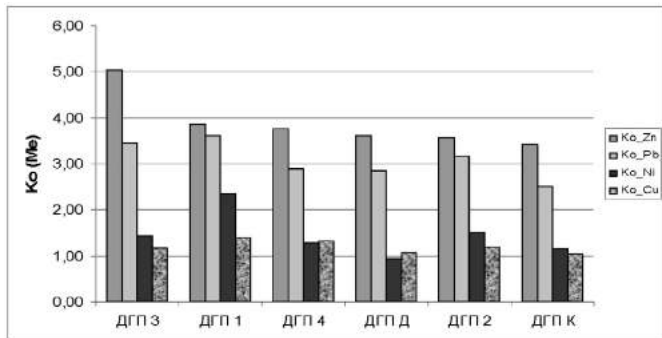


Рис. 4. Средневзвешенные значения коэффициентов опасности в почвах территории, обслуживаемой детскими поликлиниками Николаева



обслуживания ДГП 1 составляют Zn, Pb, Cr, Cu (по Kc), Pb, Cr, Ni (по Ko); для ДГП 2 – Cr (по Kc) и в меньшей степени Ni (по Ko); для ДГП 3 – Pb (по Kc), Zn (по Ko); для ДГП 4 – Cu, Mn (по Kc), Pb (по Ko); для ДГП Д – умеренное содержание Mn (по Kc), Pb, Cr (по Ko); для ДГП К – Mn (по Kc), умеренное накопление Ni (по Ko).

Взаимосвязи между средневзвешенными параметрами загрязнения почвенного покрова городской агломерации (Kc и Ko) и средневзвешенными показателями детской заболеваемости Николаева проанализированы методами статистического анализа (корреляционным,

Таблица. Корреляционные взаимосвязи между средневзвешенными параметрами загрязнения почвенного покрова Николаева и средневзвешенными показателями первичной детской заболеваемости

Наименование параметра	Значение коэффициентов корреляции							
	Положительные				Отрицательные			
	0,5-0,65	0,65-0,75	0,75-0,85	0,85-1	-(1-0,85)	-(0,85-0,75)	-(0,75-0,65)	-(0,65-0,5)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Новообразования (Novoobr)		Cu(Kc)R Cu(Ko)R						Pb(Kc) Pb(Ko)
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения с вовлечением иммунного механизма (Blood)	Zn(Ko)	Ni(Kc)	Mn(Kc)					
Болезни нервной системы (Nerv)							Cr(Kc)	Ni(Kc) Mn(Kc) Cr(Kc)R
Болезни системы кровообращения (Blood-run)							Pb(Kc) Pb(Ko)	Zc(n) Cu(Ko) Cu(Kc)
Болезни системы дыхания (Breath)	Zn(Kc) Pb(Kc)							Cr(Kc)R Cu(Ko)R
Болезни органов пищеварения (Food)	Cr(Kc)R Cu(Kc)R Cu(Ko)R	Mn(Kc)				Pb(Kc) Pb(Ko)	Zn(Kc)	Zc(n)
Болезни кожи и подкожной клетчатки (Strin)						Pb(Kc) Pb(Ko) Cu(Kc) Cu(Ko)		Zc(n)
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (Bone)	Mn(Kc) Zn(Kc)R	Zn(Ko)						
Болезни мочевыделительной системы (Moch)	Zn(Ko)R	Cu(Ko)R	Cu(Kc)R	Pb(Kc)R Ni(Kc)R Mn(Kc)R		Ni(Ko) Cr(Kc) Zc(n)	Pb(Ko) Pb(Kc)	Cu(Kc) Cu(Ko) Ni(Ko)R

Примечание: условные обозначения коэффициента концентрации металлов в почвенном покрове Me(Ko), коэффициента опасности металлов в почвенном покрове Me(Kc), суммарный коэффициент загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова Zc(n), Me(Ko)R и Me(Kc)R – показатели, которые отражают дифференциацию показателей загрязнения Ko и Kc на территории зон обслуживания детских поликлиник

регрессионным) с использованием стандартных средств программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel 7.0.

**Новообразования (Novoobr).** Положительные корреляционные связи первичной заболеваемости детей с достоверностью 66 и 67 % проявляются к показателям Cu(Kc)R и Cu(Ko)R, которые отражают дифференциацию медных загрязнений в районах обслуживания детских поликлиник. Повышенные концентрации меди в городской среде провоцируют развитие патологических процессов и новообразований, вызывают поражение слизистых оболочек почек и печени [7]. Отрицательные корреляционные взаимосвязи (0,55-0,61) проявляются к свинцовым соединениям Pb(Kc) и Pb(Ko) (см. табл.).

**Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения с вовлечением иммунного механизма (Blood).** Обнаружена значительная зависимость (77%) между возникновением заболеваемости крови у детей и коэффициентом концентрации марганцевых загрязнений. С меньшей достоверностью (72%) обнаружена корреляционная взаимосвязь к коэффициенту концентрации никелевых загрязнений. По мнению автора [8], никель оказывает прямое действие на процессы кроветворения, одновременно усиливая усвоение меди, от избытка которых возникают анемии и перерождение печени.

Аналогично положительная корреляционная взаимосвязь проявляется к коэффициенту концентрации цинковых загрязнений с достоверностью 60% (табл.).

**Болезни эндокринной системы, расстройство питания и нарушения обмена веществ (Endokr).** Значительных корреляционных связей к возникновению болезней эндокринной системы не обнаружено (табл.).

**Болезни нервной системы (Nerv).** Отрицательная корреляционная взаимосвязь проявляется к коэффициенту концентрации хромовых загрязнений в почвенном покрове Cr(Kc) с вероятностью 75%.

Отрицательная зависимость (0,62) аналогично проявляется к показателю Cr(Kc)R и отражает варьирование содержания хромовых загрязнений в районах проживания детей.

С меньшей вероятностью выявлена отрицательная зависимость к коэффициентам концентрации никелевых (0,50) и марганцевых (0,62) загрязнений в почвенном покрове (табл.).

**Болезни системы кровообращения (Blood-run).** Значительных корреляционных связей к возникновению болезней системы кровообращения не обнаружено.

Высокие отрицательные корреляционные взаимосвязи (0,68-0,71) проявляются к показателям загрязнения свинцовых соединений Pb(Ko) и Pb(Kc)

Вероятность отрицательной взаимосвязи между первичной заболеваемостью детского населения и коэффициентом концентрации медных загрязнений в почвенном покрове Cu(Kc) составила 64%, в меньшей степени (61%) проявляется сродство к коэффициенту опасности медных загрязнений Cu(Ko).

Суммарный показатель загрязнения в почвенном покрове Zc(n) проявляет отрицательную корреляционную связь с достоверностью 60% (табл.).

**Болезни системы дыхания (Breath).** Первичная заболеваемость органов дыхания в значительной мере обусловлена цинковым загрязнением почвенного покрова, коэффициент концентрации Zn(Kc) коррелирует с вероятностью 57%. Коэффициент концентрации свинцовых соединений в почвенном покрове проявляет взаимосвязь к детской заболеваемости органов дыхания с достоверностью 50%.

Отрицательные взаимосвязи проявляются к вариативности содержания хромовых и медных загрязнений в почвенном покрове в районах обслуживания детских поликлиник: дифференциация хромовых и медных загрязнений в почвенном покрове проявляется с достоверностью



50% к коэффициенту концентрации хромовых соединений  $\text{Cr}(\text{Kc})\text{R}$  и к коэффициенту опасности  $\text{Cu}(\text{Ko})\text{R}$  медных загрязнений (табл.).

**Болезни органов пищеварения (Food).** Вероятность возникновения первично-обусловленной патологии органов пищеварения у детей взаимосвязана с коэффициентом концентрации марганцевых загрязнений  $\text{Mn}(\text{Kc})$  с достоверностью 67%. Достоверная корреляция проявляется к неоднородному распределению в почвенном покрове хромовых  $\text{Cr}(\text{Kc})\text{R}$  (64%) и медных  $\text{Cu}(\text{Kc})\text{R}$  (53%) и  $\text{Cu}(\text{Ko})\text{R}$  (52%) загрязнений.

Высокие уровни отрицательной взаимосвязи проявляются к показателям содержания свинцовых загрязнений  $\text{Pb}(\text{Kc})$  (81%) и  $\text{Pb}(\text{Ko})$  (76%). Отмечена отрицательная корреляция первичной заболеваемости органов пищеварения к коэффициенту концентрации  $\text{Zn}(\text{Kc})$  (0,66). Также установлена отрицательная взаимосвязь (64%) с суммарным показателем загрязнения почвенного покрова (табл.).

**Болезни кожи и подкожной клетчатки (Srin).** Высокая степень отрицательной корреляции (0,76-0,81) проявляется между первичной заболеваемостью кожных покровов детей и показателями свинцовых загрязнений почвенного покрова  $\text{Pb}(\text{Kc})$  и  $\text{Pb}(\text{Ko})$ . Показатели содержания медных загрязнений  $\text{Cu}(\text{Kc})$  и  $\text{Cu}(\text{Ko})$  в почвенном покрове городской среды отрицательно коррелируют с заболеваниями кожных покровов детей и составляют 74 и 72% соответственно. Суммарный показатель загрязнения проявляет обратную взаимосвязь с вероятностью 59% (табл.).

**Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (Vone).** Прямая корреляционная взаимосвязь проявляется к коэффициенту опасности  $\text{Zn}(\text{Ko})$  цинковых загрязнений (0,70) в почвенном покрове. Одновременно проявляется взаимосвязь с показателем  $\text{Zn}(\text{Kc})\text{R}$  с вероятностью 59%, который характеризует неоднородное содержание загрязнителя в почвах зон обслуживания детских поликлиник. Аналогично корреляционное сродство проявляется к коэффициенту концентрации марганцевых загрязнений в почвенном покрове с достоверностью 63% (табл.).

**Болезни мочевыделительной системы (Moch).** Заболеваемость мочевыделительной системы детей находится в прямой зависимости от варьирования содержания никелевых (0,92), марганцевых (0,92) и свинцовых (0,87) загрязнений в районах проживания детей; в меньшей степени – от дифференциации медных (0,73-0,78) и цинковых (0,51) загрязнений.

Данный класс заболевания проявляет высокие отрицательные корреляции к коэффициенту опасности никелевых загрязнений (82%), коэффициенту концентрации хромовых загрязнений (76%) и суммарному показателю загрязнения (76%) городских почв. В меньшей мере отрицательные взаимосвязи обусловлены свинцовыми (0,66-0,70) и медными (0,51) соединениями. Достоверно установлена отрицательная взаимосвязь (0,55) к распределению никелевых загрязнений в почвенном покрове  $\text{Ni}(\text{Ko})\text{R}$  (табл.).

## ВЫВОДЫ

Формирование загрязнения почвенного покрова Николаевской городской агломерации свидетельствует о преимущественном накоплении тяжелых металлов в зоне локализации промышленных предприятий. Аномальное загрязнение почвенного покрова по коэффициенту концентрации с превышением более трех фоновых порядков для цинковых загрязнений составляет 17,3% территории города, для медных – менее 2%; по коэффициенту опасности к «опасной категории» загрязнения цинком следует отнести 65% городских площадей, свинцом – 41%, никелем – около 7%, медью – 3,2%. По суммарному показателю загрязнения более 98% городской территории классифицируется как «допустимая» категория загрязнения тяжелыми металлами.

Проанализированы процессы формирования загрязнения почвенного покрова и накопления аэротехногенных поступлений. Применение методов пространственной интерполяции позволило выявить характер загрязнения почвенного покрова. Выявлены участки современного загрязнения цинком и никелем вблизи ОАО «Завод Металлист» в

микрорайоне «Северный»; медью в районе локализации предприятий: ГАХК «Черноморский судостроительный завод» (ЧСЗ), Николаевский морской торговый порт, ООО «Нибулон». Современный привнос свинцовых загрязнений в почвенный покров не зафиксирован. Около 64% свинцовых загрязнений городских площадей сформированы ранее в процессе хозяйственной деятельности и относятся к реликтовому загрязнению. Высокий центр цинковых, никелевых реликтовых загрязнений сформирован в районе дислокации ГП НПКГ «Зоря–Машпроект», медных загрязнений – в окрестностях ПАО «Николаевский судостроительный завод «Океан» и ООО Сервисный центр «Металлург» в Корабельном районе. Устойчивое загрязнение сформировано вблизи ГП НПКГ «Зоря–Машпроект».

Выявлена пространственная обусловленность формирования загрязнений почвенного покрова в зонах обслуживания детских городских поликлиник: в зоне обслуживания ДПП 1 составляют  $\text{Zn}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Cu}$  (по  $\text{Kc}$ ),  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Ni}$  (по  $\text{Ko}$ ); для ДПП 2 –  $\text{Cr}$  (по  $\text{Kc}$ ), и в меньшей степени  $\text{Ni}$  (по  $\text{Ko}$ ); для ДПП 3 –  $\text{Pb}$  (по  $\text{Kc}$ ),  $\text{Zn}$  (по  $\text{Ko}$ ); для ДПП 4 –  $\text{Cu}$ ,  $\text{Mn}$  (по  $\text{Kc}$ ),  $\text{Pb}$  (по  $\text{Ko}$ ); для ДПП Д – умеренное содержание  $\text{Mn}$  (по  $\text{Kc}$ ),  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cr}$  (по  $\text{Ko}$ ); для ДПП К –  $\text{Mn}$  (по  $\text{Kc}$ ), умеренное накопление  $\text{Ni}$  (по  $\text{Ko}$ ).

Положительные корреляционные связи проявляются: по новообразованиям – к медным загрязнениям, по болезням крови – к цинковым, никелевым и марганцевым, по болезням системы дыхания – по цинковым и свинцовым, по болезням органов пищеварения – к марганцевым, хромовым и медным, по болезням костно-мышечной системы – к цинковым и марганцевым, по болезням мочевыделительной системы – к цинковым, медным, свинцовым, никелевым, марганцевым загрязнениям.

Данные обстоятельства свидетельствуют о необходимости обоснования системы мониторинга «геологическая среда – здоровье» с применением зонирования городского пространства, которое позволит рационально организовать систему оптимизации городского ландшафта по степени техногенной нагрузки тяжелыми металлами с достижением максимального оздоровительного эффекта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнова С.М., Долин В.В. Содержание тяжелых металлов в почвах Николаевской городской агломерации // *Зб. наук. праць Ін-ту геології навколишнього середовища НАН та МНС України.* – К., 2009. – Вип. 17. – С. 36-44.
2. Смирнова С.М., Долин В.В. Тяжелые металлы в снежном покрове г. Николаева // *Зб. наук. праць Ін-ту геології навколишнього середовища НАН та МНС України.* – К., 2011. – Вип. 19. – С. 115-124.
3. Саєт Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е.Саєт, Б.А.Ревич, Е.П.Янин. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
4. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. – М.: ИМГРЭ, 1990. – 9 с.
5. Летнева О.М., Обухов А.И. Поступление загрязняющих веществ в снежный покров и почвы городских газонов // *Вестн. МГУ. Сер. 17. Почвоведение.* – 1988. – № 3. – С. 17-20.
6. Ивлиева О.В., Гирькуша Д.Н., Лукьяченко А.Д. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Геоэкологический мониторинг». – Ростов-на-Дону, 2005. – 34 с.
7. Сусликов В.Л. Геохимическая экология элементов. Том №1. – М.: Гелиос АРВ, 1999. – 409 с.
8. Шудин В.В. Триггерная роль никеля в этиологии возросших аутоиммунных заболеваний // *Врач-астирант.* – 2006. – №4/13. – С. 306-319.