

Грунты по содержанию сульфатов для бетонов на портландцементе по ГОСТ 10178-85 сильноагрессивны при воздействии на бетон любой марки. Грунты по содержанию сульфатов для бетонов на портландцементе по ГОСТ 10178-85 с содержанием  $C_2S$  не более 65 %,  $C_3A$  не более 7 %,  $C_3A + C_4AF$  не более 22 % и шлакопортландцементе слабоагрессивны при воздействии на бетон любой марки. Грунты по содержанию сульфатов для бетонов на сульфатостойких цементах по ГОСТ 22266-76 неагрессивны при воздействии на бетон любой марки. Грунты по содержанию хлоридов в пересчёте на  $Cl^-$  для железобетонных конструкций на портландцементе, шлакопортландцементе по ГОСТ 10178-85 и сульфатостойких цементах по ГОСТ 22266-76 среднеагрессивные при воздействии на бетон любой марки. Инженерно-геологические условия площадки для строительства на естественных фундаментах, что предусмотрено техническим заданием, ограниченно благоприятны. Осложняющие факторы: 1) слабое дренирование территории и затрудненные условия поверхностного стока, во влажные периоды года приводят к неглубокому залеганию подземных вод и скоплению поверхностных вод; 2) зафиксированный уровень подземных вод расположен выше глубины заложения фундамента; 3) агрессивные свойства подземных вод; 4) агрессивные свойства грунтов; 4) способность аллювиальных суглинков (ИГЭ-3) к тиксотропному разупрочнению при динамическом воздействии на него (переход в текучепластичное и текучее состояние, ухудшение прочностных и деформационных свойств).

Насыпной грунт залегает выше глубины заложения фундамента. Естественным основанием фундаментов будут служить грунты ИГЭ-2. При проектировании необходимо предусмотреть строительное водопонижение, гидроизоляцию и антикоррозийную защиту бетонных конструкций подземных частей здания [1].

#### Библиографические ссылки

1. Архив ОАО «Гомельгеосервис». Технический отчёт по инженерно-геологическим изысканиям для объекта № 63/08 ГС.
2. Захаров М. С. Инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания. СПб., 2014.
3. Коркин С. Е., Коркина Е. А. Инженерно-геологические изыскания. Нижневартовск, 2015.
4. Никитенко М. И. Инженерные изыскания в строительстве. Минск : БНТУ, 2005.

УДК 550.4:551.4(476)

## ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

М. П. Оношко<sup>1</sup>, Н. В. Жуковская<sup>2</sup>, Л. И. Смыкович<sup>2</sup>,  
А. Н. Бурко<sup>1</sup>, М. А. Подружая<sup>1</sup>, В. А. Крошинский<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Научно-производственный центр по геологии, филиал «Институт геологии»,  
ул. Купревича 7, 220141 Минск, Республика Беларусь; onoshko\_m44@mail.ru

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики,  
пр. Независимости 4, 220030 Минск, Республика Беларусь; natazhuk@gmail.com

Дана геохимическая оценка современных покровных отложений северной части Беларуси. Оценены основные статистические параметры распределения макро- и микроэлементов. В масштабе 1 : 200 000 составлена геохимическая полиэлементная карта территории. На основе анализа геохимических данных, в т. ч. коэффициентов концентрации и их дифференциации, определены ассоциации элементов, ранжированные по убыванию  $K_k$ . Выделены геохимические ассоциации для группы накапливающихся элементов с  $K_k \geq 1,5$  и группы дефицита с  $K_k < 0,7$ .

**Ключевые слова:** покровные отложения; макроэлементы; микроэлементы; коэффициенты концентрации; геохимическая карта.

A geochemical assessment of modern cover deposits of the northern part of Belarus is given. The main statistical parameters of the distribution of the considered macro- and trace elements have been estimated. A geochemical poly-elemental map of the territory has been plotted on the scale of 1:200 000. Based on the analysis of geochemical data, including the concentration coefficients ( $K_c$ ) and their differentiation, the associations of elements were determined, ranked in decreasing  $K_c$ . Geochemical associations were identified for the group of accumulating elements with  $K_c \geq 1,5$  and the deficit group with  $K_c < 0,7$ .

**Key words:** cover deposits; macroelements; trace elements; concentration coefficients; geochemical map.

Геохимические методы исследований являются неотъемлемой частью геолого-съёмочных работ. С их помощью решаются различные геологические задачи: корреляция и расчленение литолого-стратиграфических комплексов, реконструкция элементов литолого-фациальной и палеогеографической обстановок, оценка перспектив территории в отношении поисков месторождений полезных ископаемых. Эффективны геохимические методы также для выявления участков техногенного загрязнения и охраны недр, для медико-геохимических оценок природной среды и др. Без геохимической информации в настоящее время невозможно обеспечить, научно обоснованно планировать и проводить конкретные работы во многих областях хозяйственной деятельности. В Беларуси решение задач построения геохимических карт началось в 1950-х гг. под руководством академика К. И. Лукашёва, когда развернулись геохимические исследования покровных отложений республики.

Под понятием «покровные отложения» в данной работе понимаются поверхностные отложения с глубины 0,10–0,40 м. Исходными данными при выполнении работы явились результаты аналитических определений собственных научных исследований авторов, полученные в предыдущие годы. Всего обработано 235 проб отложений с глубины 0,15–0,40 м. В процессе работы использованы также опубликованные данные и данные, имеющиеся в фондовой литературе по геохимическому изучению покровных пород территории Беларуси.

Топографически изучаемая территория соответствует полным листам разграфки 1 : 200 000 с номенклатурой N-35-V (Полоцк), N-35-VI (Городок), N-35-XI (Лепель), N-35-XII (Чашники), N-36-I (Сураж), N-36-VII (Витебск) и не полным листам – N-35-IV (Краслава), N-35-III (Давгалпилс), N-35-IX (Поставы), N-35-X (Глубокое), N-35-XVIII (Толочин), N-36-XIII (Орша).

Основную роль в формировании поверхности территории северной части страны сыграла деятельность ледников, проявившаяся в образовании форм рельефа и накоплений отложений ледникового генезиса. Основные генетические типы четвертичных отложений – моренные, конечно-моренные, водно-ледниковые, озёрно-ледниковые, озёрные, лёссовидные, аллювиальные, болотные.

В геохимическом отношении исследуемая территории – северная геохимическая провинция, занимающая Белорусское Поозерье и прилегающие районы [1]. Провинция выделяется повышенным по отношению к кларкам элементов в покровных породах Беларуси содержанием глинозёма, окислов железа, магния, микроэлементов и пониженным содержанием кремнезёма.

По данным [2], за последние годы фоновые валовые концентрации ряда химических элементов в покровных отложениях участков, характеризующих территорию северной части республики (Белорусское Поозерье), не всегда согласуются со значениями, установленными предшествующими исследованиями для территории северной геохимической провинции в целом. Получены значительно меньшие концентрации V, Cr, Mn, Ni. В отличие от исследований 1960-х гг., Pb в настоящее время фиксируется во всех пробах. Содержание Ti и Cu, в общем, согласуется со значениями, установленными раньше для территории северной геохимической провинции в целом. По сравнению с кларком для почв Беларуси в целом, в поверхно-

стном горизонте дерново-подзолистых почв Белорусского Поозерья заметно ниже концентрации V (в 3,2 раза), Cr (в 4,4), Ni (в 2,1 раза).

По фоновым площадкам, входящим в систему мониторинга земель по Витебской обл., установлено следующее содержание микроэлементов (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание определяемых ингредиентов в отложениях на пунктах наблюдений (ПН) фоновых территорий, мг/кг [3, 4]

ПН	Ближайший пункт	Cd	Zn	Pb	Cu	Ni	Cr	Hg
2017 г.								
Ф-2/12	–	0,1	9,4	5,5	3,1	3,0	1,7	<п. о.
Ф-2/13	–	0,09	8,9	4,8	2,9	2,6	2,0	<п. о.
2018 г.								
Ф-2/1	д. Богино	0,11	9,6	4,4	5,7	2,9	1,4	0,9
Ф-2/2	д. Ловцы	0,06	8,4	1,6	1,7	1,9	0,8	0,8
Ф-2/3	п. Крулевщина	0,06	8,3	1,5	2,6	3,0	0,9	0,8

В сравнении с фоновыми площадками, входящими в систему мониторинга земель по Витебской области, в покровных отложениях исследуемой территории содержание химических элементов значительно выше, что видно по результатам, полученными авторами (табл. 2, 3).

Содержание макроэлементов и микроэлементов в покровных отложениях исследованной территории варьирует в незначительных пределах.

Для микроэлементов (Pb, Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu, Ba, Nb, Zn, B) коэффициент вариации (V, %) колеблется от 37 % у Ba до 77,5 % у Co. Значительное колебание в содержании Cr, что сказалось на увеличении его коэффициента вариации до 149,3 % (табл. 2).

Сравнение содержаний микроэлементов в покровных отложениях по исследуемой территории с кларками четвертичных пород Беларуси [5], показало, что концентрации Ni, Cr, Zr и Ba превышают кларк по Беларуси в 1,4–2,6 раза. По макроэлементному составу выше кларка концентрации у P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (в 2,1 раза), в пределах кларка содержание SiO<sub>2</sub> и K<sub>2</sub>O, концентрации остальных макроэлементов ниже кларка.

Геохимический индекс отложений по отношению к кларку четвертичных отложений Беларуси имеет следующее выражение:

$$Pb, Cu, Si, Nb, K(0,9 - 1,1) \frac{Ba(2,6), Zr, Cr, P(2,1), Ni(1,4), B(1,2)}{Zn(0,3), Co, Ca, Fe, Mg(0,6), Ti, V, Al(0,7), Mn(0,8)}$$

По отношению к почвам Беларуси [6], покровные отложения обследованной территории в 1,2–2,0 раза обогащены Al, K, Ca, P, Cr. На уровне кларка почв содержание Si, Ba, Ti, Pb, Cu, Zr, ниже – у Co, Ni, Fe, V и Zn. Геохимический индекс исследованных минеральных отложений по отношению к кларку почв Беларуси имеет следующее выражение:

$$Si, Ba, Ti, Pb, Cu, Zr(0,9 - 1,1) \frac{Cr(2,0), Ca, P(1,6), Al, K(1,2)}{Zn(0,1), V(0,6), Fe(0,7), Co, Ni(0,8)}$$

Рассчитанные содержания химических элементов в покровных отложениях с глубины отбора 0,15–0,40 м послужили исходным материалом для построения соответствующих моноэлементных карт и полиэлементной геохимической карты (рис.). С учётом того, что содержание ряда элементов варьирует незначительно (Nb, Be, Zn, Ga, Y, Yb), а в ряде случаев находится ниже чувствительности метода определения (Sn, La, Mo), для построения карты, были использованы данные по 13 элементам (Pb, Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu, Ba, Nb, Zn, B).

Среди макроэлементов (SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>...) коэффициент вариации изменяется от 19 % у SiO<sub>2</sub> до 93,6 % у CaO (табл. 3).

Таблица 2 – Статистические показатели микроэлементного состава покровных отложений Витебской обл., мг/кг (глубина отбора 0,15–0,40 м)

Показатели/элемент	Pb	Ni	Co	Cr	V	Mn	Ti
x	12,9	16,6	4,8	70,7	21,1	303	1 561
Me	11,3	12,8	4,7	19,8	17,9	256	1 359
+/-m	0,4	0,7	0,3	6,9	0,9	14,1	61,2
n	235	235	120	234	228	229	228
min	7,0	8,0	7,0	7,0	8,0	80,0	580
max	50,0	48,8	18,7	450,0	73,4	1 651	4 895
S	5,7	10,9	3,7	105,5	13,7	213	924
V, %	44,5	65,7	77,5	149,3	64,8	70,4	59,2
Кк к четвертичным отложениям [5]	0,86	1,40	0,62	<b>2,07</b>	0,73	0,82	0,72
Кк к почвам [6]	1,07	0,83	0,80	<b>1,96</b>	0,62	1,23	1,00
Показатели	Zr	Cu	Ba	Nb	Zn	B	
x	382	13,8	278	6,6	9,6	21,7	
Me	376	11,7	285	6,7	9,7	20,6	
+/-m	11,6	0,5	8,2	0,4	0,7	0,7	
n	227	235	158	71	77	155	
min	196	8,5	0,0	8,0	0,0	18,0	
max	969	58,0	493	17,3	30,8	53,7	
S	175	8,2	103	3,3	6,0	9,0	
V, %	45,7	59,4	37,0	49,8	62,1	41,3	
Кк к четвертичным отложениям [5]	<b>2,10</b>	0,85	<b>2,60</b>	1,06	0,26	1,17	
Кк к почвам [6]	1,14	1,06	0,99	–	0,10	–	

*Примечание.* Полужирным шрифтом выделена ассоциация накапливающихся элементов с Кк  $\geq 1,5$ , курсивом – группа элементов дефицита с Кк  $< 0,7$ .

Таблица 3 – Статистические показатели макроэлементного состава покровных отложений Витебской обл., % (глубина отбора 0,40 м)

Показатели	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O
x	77,86	2,38	1,63	0,84	0,25	7,33	2,12
Me	81,37	2,16	0,90	0,78	0,21	7,46	2,17
+/-m	1,51	0,12	0,16	0,04	0,02	0,24	0,06
n	96	96	96	95	96	96	96
min	7,60	0,71	0,32	0,08	0,04	1,61	0,39
max	91,84	6,31	6,65	2,70	1,26	14,94	3,51
S	14,82	1,20	1,52	0,42	0,18	2,38	0,55
V, %	19,03	50,58	93,58	49,74	72,25	32,44	26,09
Кк к четвертичным отложениям [12]	1,07	0,55	0,63	0,60	<b>2,09</b>	0,67	0,97
Кк к почвам [4]	0,94	0,70	<b>1,66</b>	<b>1,56</b>	<b>1,57</b>	1,16	1,21

*Примечание.* Полужирным шрифтом выделена ассоциация накапливающихся элементов с Кк  $\geq 1,5$ , курсивом – группа элементов дефицита с Кк  $< 0,7$ .

По данным [7], в юго-западной части изучаемой территории (Поставский р-н) концентрации Ni, Zr, Nb, Ba, B превышают кларк по Беларуси от 1,6 до 3,2 раза. Особенно значительное превышение кларка у Cr – в 4,4 раза. У Cr и B с глубиной кларки концентрации возросли – с 4,4 до 4,6 и с 1,9 до 2,5 соответственно. В пределах кларка содержание Pb, V, Mn. Ниже кларка концентрации Co, Ti, Zn, Be, Y, Yb. По макроэлементному составу выше кларка концентрации у Na (в 1,3 раза), в пределах кларка содержание SiO<sub>2</sub>, концентрации остальных макроэлементов ниже кларка (у MgO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,74, у Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,58, у CaO и K<sub>2</sub>O – соответственно 0,32 и 0,25).

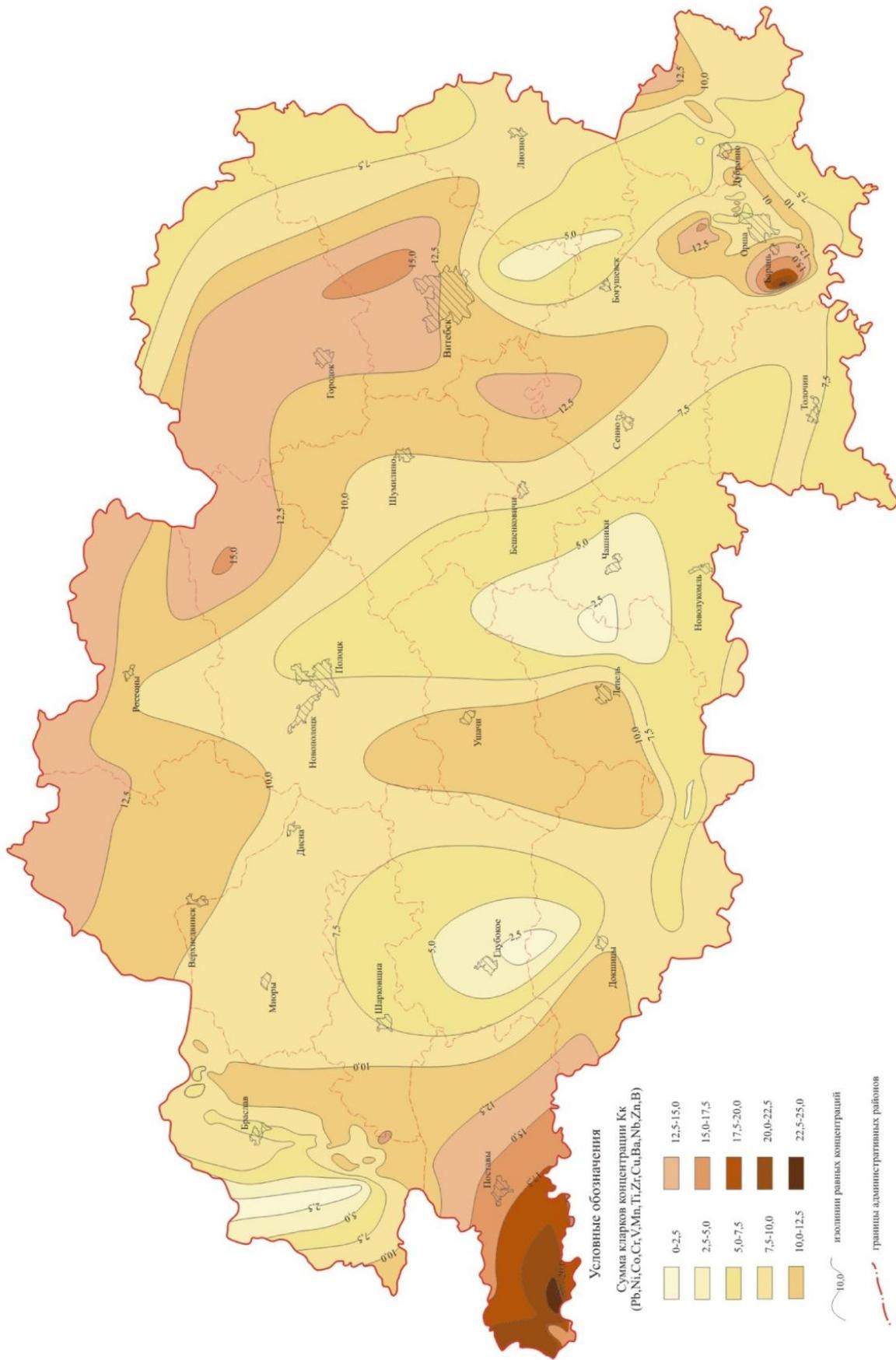


Рисунок – Геохимическая полиэлементная карта покровных отложений (0,15–0,40 м) Витебской обл.

В восточной части изучаемой территории (Дубровенский, Оршанский р-ны), по данным [8], формирование речных осадков в верховье р. Днепр связано, главным образом, с размывом отложений зоны краевых образований оршанской стадии поозёрского оледенения, лёссовидных пород, а также дочетвертичных отложений – девонских известняков в районе г. Орши. В отложениях отмечается понижение концентраций Ca, Mg, Pb. Содержание Si и Zr на всех участках в пределах или выше региональных кларков четвертичных пород. В зоне распространения лёссовидных суглинков в отложениях установлены вышекларковые концентрации Cu и Mn.

Исходя из выше изложенного, на основе анализа геохимических данных, в т. ч. коэффициентов концентрации и их дифференциации, определены ассоциации элементов, ранжированные по убыванию Kк. Выделены геохимические ассоциации для группы накапливающихся элементов с  $K_k \geq 1,5$  и группы дефицита с  $K_k < 0,7$ . Ассоциация накапливающихся элементов представлена Ba, Zr, Cr, P, а группа дефицита включает Co, Zn, Ca, Fe, Mg.

### Библиографические ссылки

1. Геохимические провинции покровных отложений БССР / Под ред. К. И. Лукашёва. Минск : Наука и техника, 1969.
2. Лукашёв О. В., Жуковская Н. В., Лукашёва Н. Г., Савченко С. В. Фоновое содержание химических элементов в почвах и растительности особо охраняемых природных территорий Белорусского Поозерья // Природопользование. 2009. Вып. 16. С. 57–63.
3. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2018 год / Под общей ред. Е. П. Богодяж. Минск : Республик. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактив. загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2019.
4. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2019 год / Под общей ред. Е. П. Богодяж. Минск : Республик. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактив. загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2020.
5. Матвеев А. В., Бордон В. Е. Геохимия четвертичных отложений Беларуси. Минск : Беларус. наука, 2013.
6. Петухова Н. Н., Кузнецов В. А. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси // Докл. АН Беларуси. 1992. Т. 36, № 5. С. 461–465.
7. Разработка и внедрение методики геохимического картирования покровных отложений Беларуси с составлением опытного образца геохимической карты масштаба 1 : 100 000 / Отчёт гос. предприятия «НПЦ по геологии». Рег. № 20122875. В 2 ч. Минск, 2013.
8. Геохимия седиментогенеза речных бассейнов в голоцене Беларуси (экологический аспект) / Отчёт Ин-та геохимии и геофизики НАН Беларуси. Рег. № 2002787. Минск, 2005.

УДК 502.65+628.381.1+631.4

## ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ИЛОВЫХ ПЛОЩАДОК

Е. Н. Басалай<sup>1</sup>, В. С. Хомич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси,  
ул. Советских Пограничников 41, 224030 Брест; basalaiekaterina@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт природопользования НАН Беларуси,  
ул. Ф. Скорины 10, 220114 Минск, Республика Беларусь; valery\_khomich@mail.ru

Рассмотрены результаты исследований состояния почвенного покрова в зонах воздействия очистных сооружений гг. Кобрин, Берёза и Малорита (Беларусь). Изучены агрохимические свойства почв, содержание подвижных форм тяжёлых металлов (Pb, Zn, Cu и Ni) и водорастворимых веществ в