

**ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ,
ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**
**NATUREMANAGEMENT,
ECOLOGICALLY SAFE AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES**
**ПРЫРОДАКАРЫСТАННЕ,
ЭКОЛАГАБЯСПЕЧНЫЯ І РЭСУРСАЗБЕРАГАЛЬНЫЯ ТЭХНАЛОГІІ**

УДК 550.4:550.424:631.4 (476)

М. П. Оношко¹, А. С. Глаз², Л. И. Смыкович³, М. А. Подружая¹

¹Филиал «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь,
e-mail: onoshko@geology.org.by,

²Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: alex_glas@nature.basnet.by

³Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: geosmykovich@gmail.com

**ЛАНДШАФТНО- И ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИИ В РАЙОНЕ
РАЗМЕЩЕНИЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС**

По материалам геохимической съемки масштабов 1:100 000 и 1:50 000 выявлены ландшафтно-геохимические особенности территории в районе размещения Белорусской АЭС. Дана эколого-геохимическая оценка состояния современных покровных отложений на начало строительства АЭС. Оценка ландшафтов и эколого-геохимического состояния территории проведена по почвенному покрову на основе интегрального показателя Z_c . По отношению к кларку почв Беларуси почвенный покров территории в 1,4–3,9 раза обогащен Pb, Mn, Cu, Cr, на уровне кларка Co, Ni, Zr. По территории исследования преобладает минимальный и низкий уровень загрязнения. Это относится как к заповедным территориям Национального парка «Нарочанский», заказников – «Сорочанские озера», «Голубые озера», «Швакшты», так и к водосборным территории р. Вилии, занятых природными ландшафтами в пределах Островецкого, Ошмянского и Сморгонского районов, и к лесным массивам у границы с Литвой. Экологическую обстановку территории можно считать благоприятной. Современные покровные отложения природных ландшафтов на изученной территории в связи с невысокими на текущий момент техногенными нагрузками по уровню загрязнения почти не отличаются: показатель Z_c лежит в близких пределах: 2,7–5,0. Элементарные ландшафты в пределах исследованной территории относятся к категории ландшафтов устойчивых к химическому загрязнению, за исключением отложений трансэлювиального ландшафта мелко- и среднехолмистой моренной возвышенности и супераквального ландшафта холмисто-грядовой моренной равнины, являющиеся среднеустойчивыми. Оценка существующего состояния современных отложений, в том числе почвенного покрова, послужит отправной точкой при последующих экологических исследованиях данной территории.

Ключевые слова: геохимическое картирование, почвы, эколого-геохимическая оценка территории, природные и элементарные ландшафты

M. P. Onoshko¹, A. S. Glaz², L. I. Smykovich³, M. A. Podrzhaya¹

¹Branch "Institute of Geology" of the State Enterprise "SPC for geology", Minsk, Belarus, e-mail: onoshko@geology.org.by,

²Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: alex_glas@nature.basnet.by

³Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: geosmykovich@gmail.com

**LANDSCAPE- AND ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL ASSESSMENT TERRITORY IN THE AREA OF LOCATION
OF THE BELARUSIAN NUCLEAR POWER PLANT**

Due to data of geochemical prospecting on a scale of 1:100 000 and 1:50 000 landscape geochemical features of the territory in the area of location of Belarusian NPP were revealed. An ecological geochemical assessment of the existing condition of recent sediments, including soil cover, for the territory in the area of location of the Belarusian Nuclear Power Plant on the beginning of construction of the station is given. The assessment of landscapes and ecological geochemical condition of the territory is made for the soil covering based on Z_c integrated value. In relation to percentage abundance of soils in Belarus, soil covering of the investigated area is in 1.4–3.9 times more enriched in Pb, Mn, Cu, Cr, on the level of Co, Ni, Zr. Minimum and low contam-

ination level is prevailed within investigated area. It refers to conservation areas of "Narochansky National Park", reserved areas of "Sorochansky lakes", "Blue lakes", "Shvakshty", and to the catchment basin areas of Viliya River occupied by landscapes within the borders of Ostrovetsky, Oshmyansky and Smorgonsky regions to the forestry at the boarder of Lithuania. The ecological situation of the surveyed territory can be considered favorable. Modern cover deposits of natural landscapes within investigated territory in connection with low technogenic loads at the current time in terms of pollution are almost indistinguishable. Z_c value is ranging within 2.7–5.0. Elementary landscapes within investigated area belong to the category of landscapes resistant to chemical pollution, with the exception of sedimentation of areas along the downslope landscape of the fine and middle-hilly moraine upland and the superagual landscape of the hilly-ridge morainic plain, which are medium-stable. The assessment of the current state of modern sediments, including soil cover, will serve as a starting point for subsequent environmental studies of this territory.

Keywords: geochemical map, the soil, Ecological and geochemical assessment of the territory, natural and elementary landscapes

М.П. Аношка¹, А.С. Глаз², Л.І. Смыковіч³, М.А. Падружая¹

¹Філіял «Інстытут геалогіі» Дзяржаўнага прадпрыемства «НВЦ па геалогіі», Мінск, Беларусь,
e-mail: onoshko@geology.org.by,

²Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,
e-mail: alex_glas@nature.basnet.by

³Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь,
e-mail: geosmykovich@gmail.com

ЛАНДШАФТНА-І ЭКОЛАГА-ГЕАХІМІЧНЫЯ АЦЭНКІ ТЭРЫТОРЫІ Ў РАЁНЕ РАЗМЯШЧЭННЯ БЕЛАРУСКОЙ АЭС

Па матэрыялах геахімічнай здымкі маштабў 1:100 000 і 1:50 000 выяўлены ландшафтна-геахімічныя асаблівасці тэрыторыі ў раёне размяшчэння Беларускай АЭС. Дана экалага-геахімічная ацэнка стану сучасных покрывных адкладаў на пачатак будаўніцтва АЭС. Ацэнка ландшафтаў і экалага-геахімічнага стану тэрыторыі праведзена па глебаваму покрыву на аснове інтэгральнага паказчыка Z_c . У адносінах да кларку глеб Беларусі глебавы покрыв тэрыторыі ў 1,4–3,9 разы ўзбагачаны Pb, Mn, Cu, Cr, на ўзроўні кларка ўтрыманне Co, Ni, Zr. На тэрыторыі даследавання пераважае мінімальны і нізкі ўзровень забруджвання. Гэта адносіцца як да запаведных тэрыторыяў Нацыянальнага парка «Нарачанскі», заказнікаў – «Сарачанскія азёры», «Блакiтныя азёры», «Швакшты», так і да вадазборнай тэрыторыі р. Віліі, занятай прыроднымі ландшафтамi ў межах Астравецкага, Ашмянскага і Смаргонскага раёнаў і да лясных масіваў ля мяжы з Літвой. Экалагічную абстаноўку тэрыторыі можна лічыць спрыяльнай. Сучасныя покрывныя адклады прыродных ландшафтаў на вывучанай тэрыторыі ў сувязі з невысокімі на бягучы момант тэхнагеннымі нагрузкамі па ўзроўню забруджвання амаль не адрозніваюцца: паказчык Z_c знаходзіцца ў межах: 2,7–5,0. Элементарныя ландшафты ў межах даследаванай тэрыторыі адносяцца да катэгорыі ландшафтаў, устойлівых да хімічнага забруджвання, за выключэннем адкладаў транслювіяльнага ландшафту дробна- і сярэднеўзгорыстага марэннага ўзвышша і супераквальнага ландшафту ўзгорыста-градавай марэннай раўніны, якія з'яўляюцца сярэднеўстойлівымі. Ацэнка існуючага стану сучасных адкладаў, у тым ліку глебавага покрыва, паслужыць адпраўным пунктам пры наступных экалагічных даследаваннях данай тэрыторыі.

Ключавыя словы: геахімічная карта, глеба, экалага-геахімічная ацэнка тэрыторыі, прыродныя і элементарныя ландшафты

Введение

Антропогенное преобразование окружающей среды в процессе деятельности человека усиливается с каждым годом. Развитие промышленности, энергетики, сельского хозяйства, транспорта, расширение урбанизированных зон вызывают существенные изменения окружающей среды. Энергетические объекты по степени влияния принадлежат к числу наиболее интенсивно воздействующих на биосферу промышленных объектов. Они оказывают влияние на различные компоненты природной среды: атмосферу, гидросферу, литосферу, почвы [1, 2]. Для регулирования отношения АЭС с окружающей средой необходимо знать ее исходное состояние, проведение мониторинга, результаты которого позволят выявить изменения под влиянием антропогенной деятельности.

Цель данной работы – эколого-геохимическая оценка существующего состояния современных покровных отложений, в том числе почв, на начало строительства Белорусской АЭС. Данная оценка послужит отправной точкой при последующих экологических исследованиях этой территории.

Материалы и методы исследований

В основу работы положены данные геохимической съемки изучаемой территории масштабов 1:100 000 и 1:50 000, проводившейся в летнее время 2012–2015 гг. в рамках мероприятия 32 Программы освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырье-

вой базы Республики Беларусь на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г. Съёмка выполнялась с использованием технологии многоцелевого геохимического картирования [3, 4] с плотностью опробования 1 пункт на 1 см² карты. Система опробования подчинялась основным направлениям миграции элементов и местам сопряжения элювиальных, супераквальных и субаквальных ландшафтов. Опробование велось по профилям, различающимися особенностями геологического строения территории и спецификой поведения химических элементов при современных геологических и геохимических процессах.

Анализ валового содержания микроэлементов в почвах и породах (Pb, Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu, Ba, Nb, Zn, B, Ga, Y, Yb, La, Mo) выполнялся в государственном предприятии «НПЦ по геологии» эмиссионным спектральным методом на приборе PGS-2 по методике [5]. С учетом того, что содержание ряда микроэлементов находится в очень низких количествах, в пределах ошибки прибора, варьирует в незначительных пределах или было определено в небольшом количестве образцов, для более детальной эколого-геохимической характеристики отложений и сравнительной оценки ландшафтов по степени загрязнения представлены материалы по девяти микроэлементам (Pb, Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu). Проведена аналитическая обработка геохимических данных по 657 пробам пород, из них 560 почвенных проб с глубины 0,10–0,15 м.

Представленные в работе карты построены в масштабе 1:100 000 в цифровом формате с использованием программ Arc View и Corel Draw.

Результаты и их обсуждение

Территория исследований находится в области развития четвертичных отложений, представленных ледниковыми, водно-ледниковыми, аллювиальными, озерно-ледниковыми и болотными отложениями.

Район изучения расположен в подзоне бореальных подтаежных (смешанно-лесных) ландшафтов в пределах Поозерской ландшафтной провинции озерно-ледниковых, моренно- и холмисто-моренно-озерных ландшафтов и Свенцянского-Нарочанского холмисто-моренно-озерного и водно-ледникового ландшафтного района. По своему высотному положению ландшафты региона относятся ко всем трем имеющимся на территории Беларуси группам ландшафтов: возвышенным (абсолютные отметки > 200 м), средневысотным (150–200 м) и низменным (100–150 м). Возвышенные ландшафты занимают окраинные части изучаемой территории – северо-восточную и юго-западную. При движении к центру они сменяются средневысотными и низменными.

В пределах изученной территории, согласно легенде к ландшафтной карте Беларуси [6, 7, 8], выделены следующие роды и подроды ландшафтов: холмисто-моренно-озерный ландшафт с поверхностным залеганием супесчано-суглинистой морены, моренно-озерный с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей, водно-ледниковый с озерами с поверхностным залеганием водно-ледниковых песков и этот же род ландшафта с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей.

В их пределах выделены виды ландшафтов, при определении которых ведущим фактором служит мезорельеф, дополнительными – характер растительности на уровне групп ассоциаций и виды почв. Всего выделено 12 видов ландшафтов. Химические результаты по каждому природному ландшафту статистически обработаны с выделением в них естественного (природного) фона. В качестве фона взяты условно чистые природные места для каждого конкретного ландшафта.

Оценка ландшафтов и эколого-геохимического состояния территории проведена по почвенному покрову, его верхнему гумусовому горизонту на основе интегрального показателя Z_c [9], который отражает общий вклад микроэлементов в загрязнение почв или других компонентов природно-геологической среды, и выражается формулой:

$$Z_c = \sum K_c - (n - 1),$$

где K_c – коэффициент концентрации вещества; n – число анализируемых элементов-загрязнителей.

Коэффициент концентрации вещества K_c определяется по формуле:

$$K_c = C_x / C_p$$

где C_x , C_p – среднее содержание микроэлементов в почвах природного ландшафта и фоновых почвах для данного ландшафта соответственно.

В наших расчетах учитывались только элементы с $K_c > 1,1$.

В количественной эколого-геохимической оценке территории использованы три уровня загрязнения по значениям Z_c : $< 8,0$ – минимальный; $8–16,0$ – низкий, $16–32$ – средний [9–11]. Все расчеты проводились в пределах каждого выделенного вида природного ландшафта.

По химическому составу почвенный покров обследованной территории в 1,4–3,9 раза обогащен Pb, Mn, Cu, Cr по отношению к кларку почв Беларуси [12]. На уровне кларка почв содержание Co, Ni, Zr. Геохимический индекс исследованных минеральных отложений по отношению к кларку почв Беларуси имеет следующее выражение:

$$\text{Co, Ni, Zr}(0,9–1,1) \frac{\text{Cr}(3,9), \text{Cu}(1,8), \text{Mn}(1,5), \text{Pb}(1,4), \text{Ti}(1,2)}{\text{V}(0,7)}.$$

Превышения предельно-допустимых концентраций элементов, которые установлены для почв Беларуси [13], в целом по изученной территории не выявлено, за исключением хрома (в 1,4 раза выше ПДК).

Сопоставление уровня содержания химических элементов в почвенном покрове разных видов ландшафтов показывает, что среди фоновых значений в целом резких различий нет (табл. 1). Несколько повышены по отношению к кларку почв Беларуси фоновые концентрации Pb, Cu в отложениях пологоволнистой моренной равнины с ложбинами (в 2,3 и 3,3 раза соответственно) и содержание Cr в поймах рек (выше кларка почв в 6 и более раз).

Возможным фактором значительного содержания хрома в покровных отложениях данной территории (пределы содержания от 2,6 до 450 мг/кг при среднем значении для территории в целом 139 мг/кг) может быть литологический. Это молодые поозерские моренные отложения. В моренных суглинках последнего оледенения, по литературным данным [14], содержание элемента составляет 116,2–128,0 мг/кг при среднем значении 122,0.

Расчеты по суммарному показателю загрязнения Z_c свидетельствуют о минимальном уровне загрязнения почв ($Z_c < 8$) во всех исследованных видах ландшафтов. Только для почв волнистой моренно-зандровой равнины этот показатель немного выше ($Z_c = 9,1$) при оценке уровня загрязнения по Сауту [9] как «низкий». Коэффициент концентрации всех элементов для этого ландшафта за исключением Cr выше фоновых значений в 1,2–4,7 раза. Данный ландшафт расположен в пределах Островецкого и Сморгонского районов по левобережью р. Страча в ее низовье.

Одной из причин повышенного содержания элементов загрязнителей в отложениях может быть литологический фактор. Все аномальные участки с максимальными значениями K_c

Т а б л и ц а 1. Содержание химических элементов в почвах различных ландшафтов в районе размещения Белорусской АЭС, 2012–2014 гг., мг/кг

Показатель, количество проб	Pb	Ni	Co	Cr	V	Mn	Ti	Zr	Cu	сумма $K_c > 1,1$	Z_c
Возвышенные ландшафты, холмисто-моренные:											
Средне- и крупнохолмистая каменно-моренная возвышенность											
Фоновое значение, 10	18,6	17,1	5,3	61,4	9,6	343	2571	129	20,7		
Среднее содержание по ландшафту, 22	16,9	17,9	5,4	61,0	9,2	313	2968	136	22,7		
Соотношение с фоном K_c	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2
Средне- и крупнохолмистая камовая возвышенность с ложбинами расчленения											
Фоновое значение, 7	15,0	16,7	4,3	70,0	11,7	433	2667	267	23,3		
Среднее содержание по ландшафту, 7.	16,7	23,8	6,3	65,0	14,2	583	3000	258	30,9		
Соотношение с фоном K_c	1,1	1,4	1,5	0,9	1,2	1,4	1,1	1,0	1,3	6,8	2,8

Окончание табл. 1

Показатель, количество проб	Pb	Ni	Co	Cr	V	Mn	Ti	Zr	Cu	сумма $K_c > 1,1$	Z_c
Мелко- и среднехолмисто-грядовая моренная возвышенность с камами, замкнутыми котловинами и ложбинами											
Фоновое значение, 3	15,0	15,0	5,0	50,0	5,0	300	3000	200	30,0		
Среднее содержание по ландшафту, 7	15,0	15,0	5,0	50,0	6,00	300	3000	150	30,0		
Соотношение с фоном K_c	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	0,8	1,0	1,2	1,2
Мелко- и среднехолмисто-грядовая моренная возвышенность с камами, озами, термокарстовыми западинами, ледниковыми озерами в глубоких ложбинах											
Фоновое значение, 7	12,3	20,3	4,4	117	24,7	225	977	353	17,6		
Среднее содержание по ландшафту, 31	15,9	22,3	6,6	182	33,0	352	1594	396	18,8		
Соотношение с фоном K_c	1,3	1,1	1,5	1,6	1,3	1,6	1,6	1,1	1,1	8,9	3,9
Мелко- и среднехолмистая моренная возвышенность с камами, озами, западинами											
Фоновое значение, 7	9,9	16,7	4,3	239	19,7	203	1383	284	12,4		
Среднее содержание по ландшафту, 24	17,5	21,0	6,4	229	27,6	369	1546	416	17,4		
Соотношение с фоном K_c	1,8	1,3	1,5	1,0	1,4	1,8	1,1	1,5	1,4	10,7	4,7
Средневысотные ландшафты, моренно-озерные:											
Холмисто-грядовая моренная равнина с ложбинами расчленения, озерами, котловинами											
Фоновое значение, 37	12,5	19,4	3,6	121	27,1	212	860	300	18,1		
Среднее содержание по ландшафту, 142	16,6	22,5	5,2	132	27,6	387	1826	453	24,3		
Соотношение с фоном K_c	1,3	1,2	1,5	1,1	1,0	1,8	2,1	1,5	1,4	10,8	4,8
Волнистая моренно-зандровая равнина с ложбинами стока											
Фоновое значение, 12	13,9	14,1	1,1	174	15,0	208	875	257	13,2		
Среднее содержание по ландшафту, 26	16,9	21,7	5,4	145	24,2	366	1713	397	24,2		
Соотношение с фоном K_c	1,2	1,5	4,7	0,8	1,6	1,8	2,0	1,5	1,8	16,1	9,1
Пологоволнистая моренная равнина с ложбинами											
Фоновое значение, 5	28,3	15,0	2,7	63,3	10,7	300	2000	267	43,3		
Среднее содержание по ландшафту, 8	25,3	18,1	6,1	66,9	12,1	469	2538	277	43,9		
Соотношение с фоном K_c	0,9	1,2	2,3	1,1	1,1	1,6	1,3	1,0	1,0	6,4	3,4
Водно-ледниковые ландшафты:											
Холмисто-волнистая водно-ледниковая равнина с камами, останцами моренной равнины, ложбинами стока											
Фоновое значение, 5	16,3	13,8	4,0	55	9,3	250	3000	200	32,5		
Среднее содержание по ландшафту, 20	17,8	18,0	5,4	64	10,2	404	3870	178	31,7		
Соотношение с фоном K_c	1,1	1,3	1,3	1,2	1,1	1,6	1,3	0,9	1,0	6,7	2,7
Волнистая водно-ледниковая равнина с ложбинами расчленения, древними озерными котловинами с озерами, останцами моренной равнины											
Фоновое значение, 10	11,9	18,2	0,0	130	24,8	169	998	271	15,1		
Среднее содержание по ландшафту, 55	17,1	19,6	4,7	113	18,0	366	2275	376	26,0		
Соотношение с фоном K_c	1,4	1,1	0	0,9	0,7	2,2	2,3	1,4	1,7	9,0	5,0
Волнистая водно-ледниковая равнина с камами, озами, глубокими ложбинами стока, занятыми озерами											
Фоновое значение, 14	13,4	16,3	2,6	137	20,2	239	1026	363	12,6		
Среднее содержание по ландшафту, 51	15,1	18,2	4,3	226	23,5	282	1298	390	18,8		
Соотношение с фоном K_c	1,1	1,1	1,7	1,8	1,2	1,2	1,3	1,1	1,5	8,7	3,7
Поймы рек											
Фоновое значение, 5	15,7	12,4	2,5	233	19,7	352	830	400	8,5		
Среднее содержание по ландшафту, 43	16,4	20,7	5,1	155	25,4	497	1635	366	22,3		
Соотношение с фоном K_c	1,0	1,7	2,0	0,7	1,3	1,4	2,0	0,9	2,6	11,0	5,0

приурочены к территориям с моренными отложениями. Почвы здесь представлены суглинками и супесями, почвообразующая порода – моренные суглинки. Вторым фактором может быть сельскохозяйственная нагрузка на территории. Все участки с более высоким уровнем загрязнения по функциональному зонированию территории и визуальному осмотру заняты пашней.

Таким образом, расчеты показали, что по территории исследования преобладают минимальный и низкий уровни загрязнения. Это относится как к заповедным территориям Национального парка «Нарочанский», заказников – «Сорочанские озера», «Голубые озера», «Швакшты», так и к водосборным территориям р. Вилии, занятых природными ненарушенными ландшафтами в пределах Островецкого, Ошмянского и Сморгонского районов, к лесным массивам у границы с Литвой.

На территории левобережья р. Вилии (Островецкий район) в пределах холмисто-грядовой моренной равнины и на отдельных участках Сморгонского района (волнистая моренно-зандровая равнина) отмечаются небольшие участки, занятые пашней, с уровнем загрязнения 8–16. Среди природных ландшафтов в пределах заповедных территорий также выделены участки с таким же уровнем загрязнения. Это распаханые участки в пределах заповедника «Сорочанские озера» (в районе деревень Буйки, Белая вода, Жукойни, Большое Туровье) и Национального парка «Нарочанский» в районе д. Комарово. На этих территориях необходимо проводить периодические наблюдения за уровнем загрязнения.

На обследованных участках Ошмянского района преобладает низкий уровень загрязнения отложений.

Исходя из вышеизложенного, согласно [4], экологическая обстановка территории в районе размещения Белорусской АЭС благоприятная ($Z_c < 8,0$). Только в тех местах, где уровень загрязнения несколько выше (8–16), обстановка относительно благоприятная. Участков с уровнями Z_c 16–32 и выше на изучаемой территории на время исследования не выявлено. Полученные материалы легли в основу эколого-геохимической карты территории в районе размещения АЭС (рис. 1).

Для исследованной территории построена ландшафтно-геохимическая карта (рис. 2). Теоретической и методической основой карты служит учение о ландшафтно-геохимических системах, о составляющих их элементарных ландшафтах, а также о геохимических барьерах [15–19].

С учетом рельефа местности в пределах природных ландшафтов выделены элементарные ландшафты с наложением на них путей миграции вещества. На карте выделено и охарактеризовано 5 типов элементарных ландшафтов: элювиальный со слабым выносом химических элементов, аккумулятивно-элювиальный с преобладанием слабой аккумуляции, трансэлювиальный с преобладанием транзита вещества, трансэлювиально-аккумулятивный с переносом вещества по уклону и его аккумуляция и супераккумулятивный с преобладанием сильной аккумуляции. Примерно 50 % общей площади территории приходится на долю элювиальных ландшафтов, на элювиально-аккумулятивные вместе с аккумулятивными – около 7 %. Каждый из элементарных ландшафтов на карте отражен условным знаком с определенной штриховкой. Показаны границы и индексы (цифровые) природных ландшафтов. Цветом отображена степень устойчивости ландшафтов к химическому загрязнению. Степень устойчивости покровных отложений к химическому загрязнению устанавливалась на основании суммарного показателя концентрации (СПК), который рассчитывался аналогично показателю Z_c . Согласно [20], для карты установлена шкала градации по СПК: 1–5 – устойчивые; 5–10 – среднеустойчивые; 10–15 – слабоустойчивые; > 15 – неустойчивые. Дополнительно к вышеназванным условным обозначениям на самой карте к ней прилагается экспликация в виде таблицы (табл. 2). В шапку таблицы включены название элементарного ландшафта, индекс природного ландшафта, тип почв, условия миграции химических элементов, оценка геохимических условий среды, ряды накапливающихся элементов и суммирующий показатель – степень устойчивости ландшафтов к химическому загрязнению. Отложения пойм рек, которые на ландшафтной карте выделены в самостоятельный вид, при работе над ландшафтно-геохимической картой были отнесены к тому ландшафту, на котором они территориально расположены.

Современные покровные отложения природных ландшафтов на изученной территории в связи с невысокими на текущий момент техногенными нагрузками по уровню загрязнения почти не отличаются: показатель Z_c лежит в близких пределах: 2,7–5,0. По элементарным ландшафтам некоторые различия имеются (рис. 3).

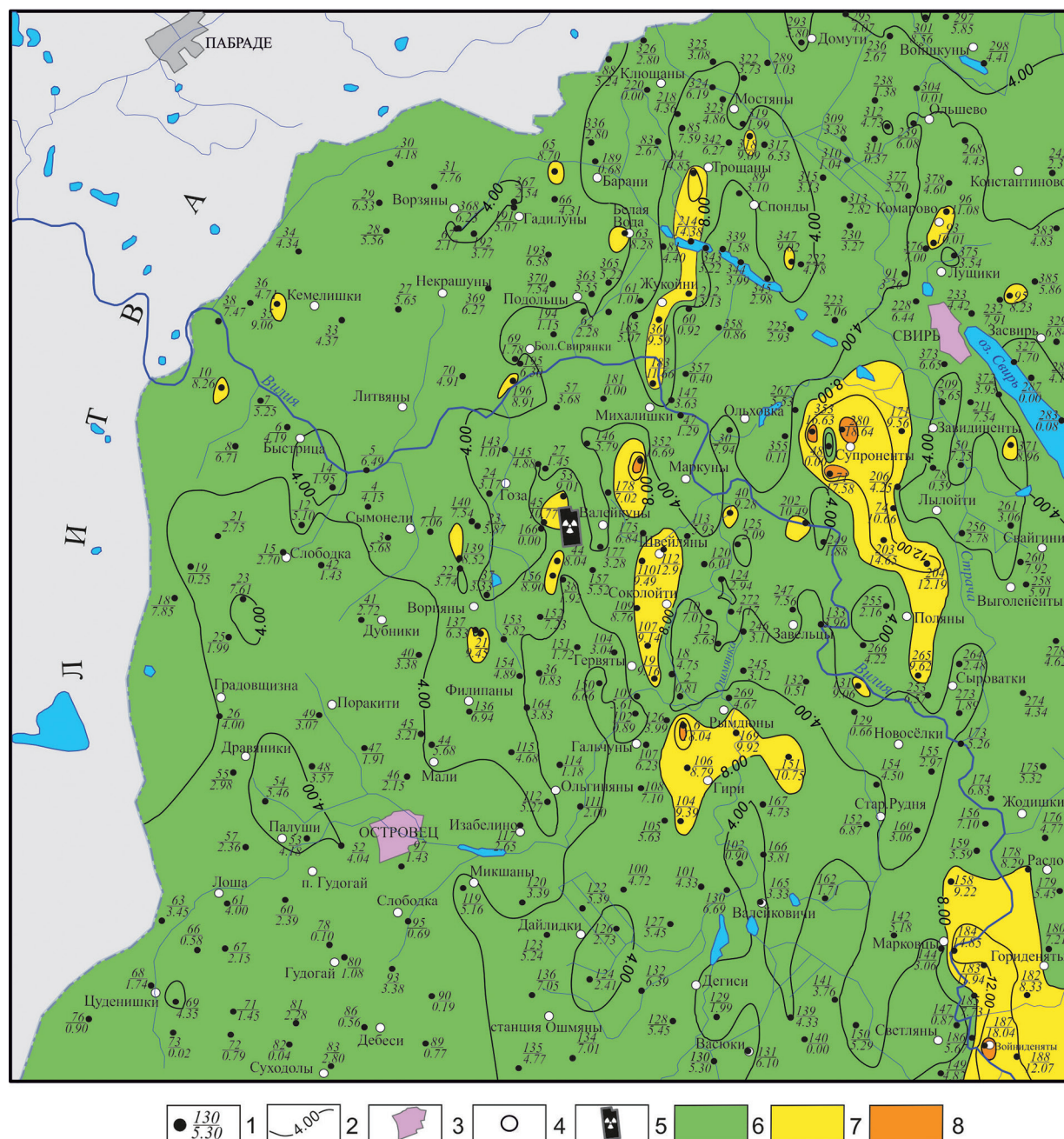


Рис. 1. Эколого-геохимическая карта территории в районе размещения Белорусской АЭС.

Условные обозначения: 1 – точки опробования: числитель – номер точки, знаменатель – значение Z_c в точке; 2 – изолинии значений Z_c ; 3 – поселки городского типа; 4 – поселки сельского типа; 5 – площадка АЭС. Экологическая обстановка: 6 – благоприятная ($Z_c < 8$), 7 – относительно благоприятная ($Z_c = 8-16$), 8 – неблагоприятная ($Z_c = 16-32$)

Среди элювиальных ландшафтов выше уровень загрязнения у отложений волнистой водно-ледниковой равнины с камами, озами, глубокими ложбинами стока, занятыми озерами (СПК 4,88). О загрязнении этого ландшафта указывает и эколого-геохимическая карта территории. Среди элементарных ландшафтов данного вида ландшафта наименьшее загрязнение отмечено у отложений трансэлювиального ландшафта (1,83).

Среди трансэлювиальных ландшафтов более значительное загрязнение имеют отложения мелко- и среднехолмистой моренной возвышенности с камами, озами, западинами (5,52). Ряд накапливающихся элементов здесь очень большой и представлен следующим видом:



Рис. 2. Ландшафтно-геохимическая карта территории в районе размещения Белорусской АЭС

Элементарные ландшафты: 1 – элювиальный (слабая вертикальная миграция, вынос с поверхностным плоскостным стоком), 2 – транзэлювиальный (максимальный вынос с поверхностным и линейным стоком, транзит по линейным путям миграции), 3 – супераквальный (аккумуляция и транзит с паводковыми водами). *Степень устойчивости ландшафта к химическому загрязнению:* 4 – устойчивый, 5 – среднеустойчивый, 6 – природные ландшафты (контуры и их индексы): 1 – мелко- и среднехолмисто-грядовая моренная возвышенность с камами, озами, термокарстовыми западинами, ледниковыми озерами в глубоких ложбинах; 2 – мелко- и среднехолмистая моренная возвышенность с камами, озами, западинами; 3 – холмисто-грядовая моренная равнина с ложбинами расчленения, озерами, котловинами; 4 – волнистая моренно-зандровая равнина с ложбинами стока; 5 – волнистая водно-ледниковая равнина с ложбинами расчленения, древними озерными котловинами с озерами, останцами моренной равнины; 6 – волнистая водно-ледниковая равнина с камами, озами, глубокими ложбинами стока, занятыми озерами; 7 – границы административных районов; 8 – площадка Белорусской АЭС

Т а б л и ц а 2. Экспликация к ландшафтно-геохимической карте территории в районе размещения Белорусской АЭС

элементарный ландшафт, условия выноса и аккумуляции вещества, окислительно-восстановительные условия	индекс природного ландшафта	почва	условия поверхностной миграции	pH _{КС}	C _{ср} , %	ряд накапливающихся элементов в гумусовом горизонте (превышение над фоном соответствующего ландшафта)	суммарный показатель концентрации элементов (СТК)	Степень устойчивости ландшафта к химическому загрязнению
Элювиальный ландшафт с промывным режимом. Окислительная среда	1	Дерново-подзолистые супесчано-суглинистые	Вынос с поверхностным плоскостным стоком	5,4–7,3	0,9–2,1	Co (1,7), Mn (1,6), Ti (1,5), Pb, V (1,3), Zr, Cu (1,2)	4,0	Устойчивый
	2	Дерново-подзолистые супесчано-суглинистые		5,5–5,6	1,2	Zr (2,0), Mn (1,5), V, Ti (1,4), Cu (1,3), Pb, Ni (1,2)	4,0	Устойчивый
	3	Дерново-подзолистые супесчано-суглинистые		4,3–6,3	0,7–1,3	Co (1,8), Zr (1,6), Mn, Ti (1,5), Cr, Pb (1,2)	3,6	Устойчивый
	4	Дерново-подзолистые супесчано-суглинистые		6,5–7,0	1,3	Co (1,5), V, Mn (1,4), Ti (1,3), Cr (1,2)	3,2	Устойчивый
	5	Дерново-подзолистые супесчано-песчаные		3,8–6,5	1,8	Mn (1,9), Zr (1,6), Pb, Ni, Ti, Cu (1,3), Cr, V (1,2)	4,2	Устойчивый
	6	Дерново-подзолистые супесчано-песчаные		7,0–7,1	1,1	Co (2,3), V, Ti, Cu (1,5), Pb, Ni (1,3), Mn (1,2)	4,9	Устойчивый
Транслювиальный ландшафт с промывным режимом. Окислительная среда	1	Дерново-подзолистые супесчано-песчаные	Максимальный вынос с поверхностным и линейным стоком, транзит по линейным путям миграции	5,7–7,1	1,0–1,2	Ti (1,7), Co, V, Mn (1,4), Pb, Cr (1,3), Ni (1,2)	4,0	Устойчивый
	2	Дерново-подзолистые супесчано-песчаные		4,6–6,7	0,5–1,4	Zr (2,0), V (1,8), Mn (1,6), Ni, Ti, Cu (1,5), Cr (1,3), Pb, Co (1,2)	5,5	Средне-устойчивый
	3	Дерново-подзолистые супесчано-песчаные		3,8–7,1	0,5–3,1	Co (2,1), Ti (1,7), Mn, Zr (1,4), Pb, Ni, Cr, V (1,2)	4,5	Устойчивый
	4	Дерново-подзолистые супесчано-песчаные		5,5–6,8	1,7–2,5	Ti (1,7), Mn (1,6), Co (1,5), V (1,4), Pb (1,3), Cu (1,2)	3,8	Устойчивый
	5	Дерново-подзолистые супесчано-песчаные		3,3–7,0	1,2–3,1	Zr (1,8), Mn (1,6), Ti, Cu (1,3), Pb (1,2)	3,4	Устойчивый
	6	Дерново-подзолистые супесчано-песчаные		4,3–6,9	1,7–2,1	Co (1,6), V (1,5), Cu (1,4), Ni, Ti (1,3), Mn (1,2)	3,5	Устойчивый

Окончание табл. 2

Современные ландшафто-геохимические условия миграции элементов в покровных отложениях различных элементарных ландшафтов									
элементарный ландшафт, условия выноса и аккумуляции вещества, окислительно-восстановительные условия	индекс природного ландшафта	почва	условия поверхностной миграции	pH _{KCl}	C _{орг} , %	ряд накапливающихся элементов в гумусовом горизонте (превышение над фоном соответствующего ландшафта)	суммарный показатель концентрации элементов (СПК)	Степень устойчивости ландшафта к химическому загрязнению	
Суперактивный ландшафт с периодическим или постоянным переувлажнением. Восстановительная и окислительно-восстановительная среда	1	Аллювиальные дерново-глебовые, глеевые, торфяно-болотные	Аккумуляция и транзит с паводковыми водами	6,2–6,9	36,6	Mn (1,3)	0,0	Устойчивый	
	2	Аллювиальные дерново-глебовые, глеевые, торфяно-болотные		6,8	–	Mn (1,6), V (1,7), Zr, Cu (1,4), Ni (1,2)	3,8	Устойчивый	
	3	Аллювиальные дерново-глебовые, глеевые, торфяно-болотные		6,2–7,2	2,0 – 15,6	Co (2,4), Mn, Ti (1,8), Cr (1,6), Zr (1,5), Pb (1,4), Ni, V, Cu (1,2)	6,3	Средне-устойчивый	
	4	Аллювиальные дерново-глебовые, глеевые, торфяно-болотные		6,2	3,4	V, Mn (1,8), Co (1,5), Pb, Ti (1,2)	3,5	Устойчивый	
	5	Аллювиальные дерново-глебовые, глеевые, торфяно-болотные		5,7	1,2	–	0,0	Устойчивый	
	6	Аллювиальные дерново-глебовые, глеевые, торфяно-болотные		2,6–6,8	–	Cu (1,3)	0,4	Устойчивый	
Субактивный ландшафт	1	–	Аккумуляция и транзит вниз по течению	–	–	Cr (1,9)	0,0	Устойчивый	
	2	–		–	–	Cr (1,4)	0,0	Устойчивый	
	3	–		–	–	Cr (1,4), Co, Ti (1,2)	0,6	Устойчивый	
	4	–		–	–	–	1,0	Устойчивый	
	5	–		–	–	Ti (4,4), Cu (1,3), Pb, Ni, Cr (1,2)	3,9	Устойчивый	
	6	–		–	–	Cr (2,0), Co (1,4), Ni, Cu (1,3)	1,8	Устойчивый	

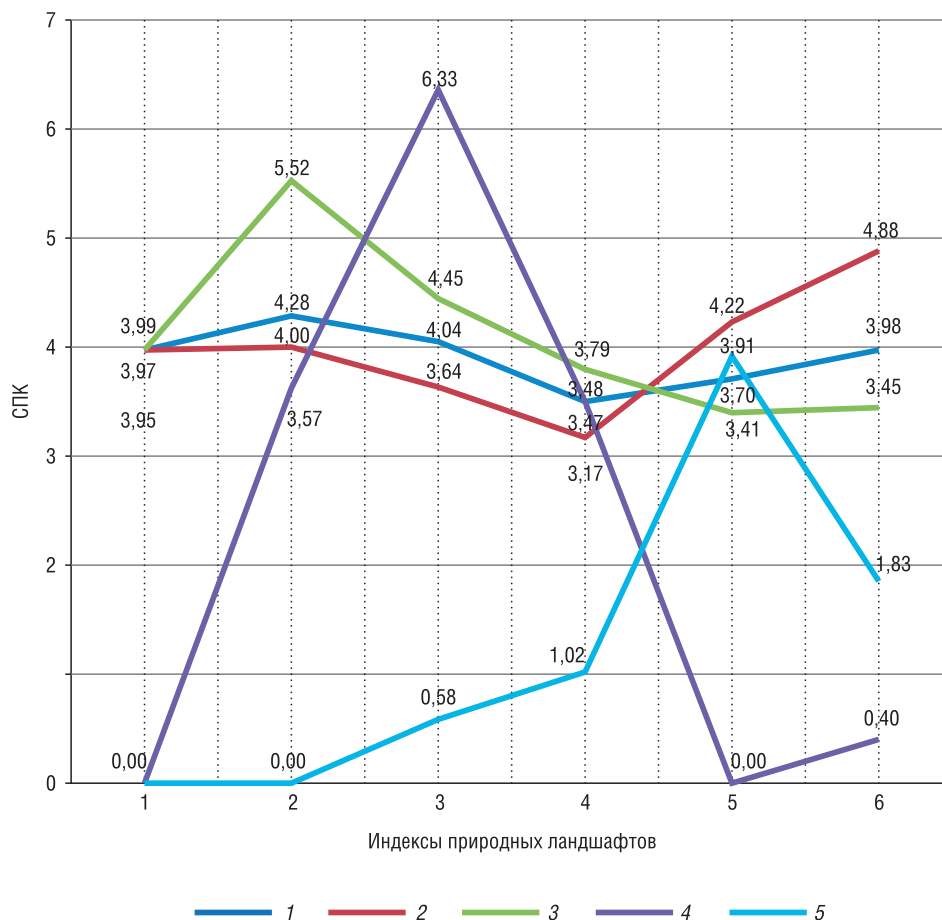


Рис. 3. Сопоставление уровней загрязнения по природным и элементарным ландшафтам: 1 – среднее по природному ландшафту; элементарные ландшафты: 2 – элювиальный, 3 – трансэлювиальный, 4 – супераквальный, 5 – субаквальный. Индексы природных ландшафтов см. на рис. 2

Zr (2,0), V (1,8), Mn (1,6), Ni, Ti, Cu (1,5), Cr (1,3), Pb, Co (1,2). Отложения этого элементарного ландшафта являются среднеустойчивыми к химическому загрязнению.

На фоне всех ландшафтов по холмисто-грядовой моренной равнине с ложбинами расчленения, озерами, котловинами (индекс ландшафта – 3) отмечен самый высокий показатель загрязнения в отложениях супераквального ландшафта (6,33), в гумусовом горизонте которого накапливается ряд элементов Co (2,4), Mn, Ti (1,8), Cr (1,6), Zr (1,5), Pb (1,4), Ni, V, Cu (1,2). По степени устойчивости данный элементарный ландшафт является среднеустойчивым. Пойменные отложения здесь формируются в пределах распаханых территорий. Сельскохозяйственное использование земель является причиной повышенного содержания элементов в этих отложениях.

Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать, что эколого-геохимическая оценка существующего состояния современных покровных отложений, в том числе почв, на начало строительства Белорусской АЭС по уровню загрязнения низкая. Участков со средним и высоким уровнями загрязнения по показателю суммарного загрязнения не выявлено. Экологическая обстановка территории – благоприятная. Элементарные ландшафты в пределах исследованной территории относятся к категории ландшафтов, устойчивых к химическому загрязнению, за исключением отложений по трансэлювиальному ландшафту мелко- и среднехолмистой моренной возвышенности и супераквальному ландшафту холмисто-грядовой моренной равнины, являющихся среднеустойчивыми.

Список использованных источников

1. *Бадев, В.В.* Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС/ В.В. Бадев, Ю.А. Егоров, С.В. Казаков. – М., Энергоатомиздат, 1990. – 346 с.
2. *Израэль, Ю.А.* Проблемы всестороннего анализа окружающей среды и принципы комплексного мониторинга / Ю.А. Израэль. – Ленинград, 1988. – 408 с.
3. *Буренков, Э.К.* Комплексное геохимическое картирование: Основы технологии / Э.К. Буренков, А.А. Головин, Е.И. Филатов // Прикладная геохимия. Вып. 1. Геохимическое картирование. – М.: ИМГРЭ, 2000. – С. 28–46.
4. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200 000. Приложения. – М., 2002. – 177 с.
5. *Зырин, Н.Г.* Спектральный анализ почв, растений и других биологических материалов / Н.Г. Зырин, А.И. Обухов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 334 с.
6. *Клицунова, Н.К.* Методы географических исследований: пособие для студентов спец. 1-31-01 «География» / Н.К. Клицунова // Методы физико-географических исследований. В 2 ч. – Ч. 1. – Минск: БГУ, 2008. – 124 с.
7. Ландшафты Беларуси / Г.И. Марцинкевич [и др.]; под ред. Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицуновой. – Мн.: Университетское, 1989. – 239 с.
8. Нацыянальны атлас Беларусі. – Мінск: Белкартаграфія, 2002. – С. 38–40, 41–43, 46–47, 54–55, 66–67, 144–145, 166.
9. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт [и др.]. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
10. Учет и оценка природных ресурсов и экологического состояния территорий различного функционального использования. Метод. реком. М.: ИМГРЭ, 1996. – 88 с.
11. Инструкция 2.1.7.11-12-5-2004 «Гигиеническая оценка почвы населенных мест»/ Постан. главн. санитар. врача Республики Беларуси №32 от 3 марта 2004 г. – 42 с.
12. *Петухова, Н.Н.* К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н.Н. Петухова, В.А. Кузнецов // Докл. акад. наук Беларуси. – 1992. – Т. 36, №5. – С. 461–465.
13. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве / Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004. Постан. главн. сан. врача Респ. Беларусь, №28 от 25 сентября 2004 г. – 26 с.
14. *Медведева, С.Г.* Геохимия четвертичных отложений при оценке техногенного воздействия / С.Г. Медведева // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений: материалы VIII Универ. геол. чтений, 3–4 апр. 2014 г., Минск, Беларусь / редкол. А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. В 2-х ч. – Минск: Цифр. печать, 2014. – Ч. 2. – С. 62–64.
15. *Полынов, Б.Б.* Учение о ландшафтах / Б.Б. Полынов // Вопросы географии. Сб. 33. – М., 1953. – С. 30–44.
16. *Глазовская, М.А.* Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов / М.А. Глазовская. – М., 1964. – 283 с.
17. *Глазовская, М.А.* Ландшафтно-геохимические системы и их устойчивость к техногенезу / М.А. Глазовская // Биогеохимические циклы в биосфере. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – С. 99–118.
18. *Глазовская, М.А.* Основные понятия геохимии ландшафтов, существенные для фонового мониторинга / М.А. Глазовская, Н.С. Касимов, А.И. Перельман // Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды. М., 1989. – С. 8–25.
19. *Перельман, А.И.* Геохимия ландшафта / А.И. Перельман. – М.: Высш. шк., 1975. – 342 с.
20. *Петухова, Н.Н.* Ландшафтно-геохимическая карта как основа рационального природопользования / Н.Н. Петухова, Я.И. Аношко, С.Л. Романов // Природные ресурсы. – 1998. – №1. – С. 84–97.

Поступила 10.11.2017