

6. Мещеряков, В.В. // Химия и жизнь. 1982. № 10. С. 35.
7. Козлов, С.С., Сорокин, В.А., Варламов, А.А. и др. // Геология месторождений калийных солей и их разведка: Тр. ВНИИГ. Л., 1973. Вып. 63. С. 72.
8. Андрейко, С.С. Газодинамические явления в калийных рудниках: генезис, прогноз, управление: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Пермь, 1999.

Поступила в редакцию 29.09.04.

Виталий Эдуардович Кутырло - аспирант кафедры динамической геологии. Научный руководитель - доктор геолого-минералогических наук, профессор Э.А. Высоцкий.

УДК 911.2+550.4+631.61

Г. И. МАРЦИНКЕВИЧ, А. Д. ШКАРУБО

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ г. МОГИЛЕВА

The paper looks at the results of previous geochemical study done in the city of Mahilyow (Belarus) from the perspectives of landscape geochemistry. It offers interpretation of indexes of local concentration calculated for Zn, Cu, Ni, Cr, Co, Pb, Mn, Fe, Cd and Sr in eight landscape-geochemical systems. Highest concentrations are found in super-aquatic, eluvial and transeluvial geochemical landscapes.

С середины 1970-х гг. города как территории особенно интенсивных и разнообразных проявлений техногенеза начали привлекать пристальное внимание геохимиков, что привело к формированию нового научного направления - поисковой геохимии и геохимии ландшафтов, которое возглавили ИМГРЭ АН СССР (затем РАН) и геофак МГУ [1-5]. В Беларуси экогеохимические исследования городов были инициированы в 1980-х гг. Институтом геохимии и геофизики АН БССР. В настоящее время Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси наиболее систематично и последовательно занимается разработкой данной тематики [6]. Несмотря на это, многие вопросы миграции и накопления химических элементов в ландшафтах городов остаются открытыми до сих пор, что подтверждает актуальность дальнейшего изучения проблемы.

Целью настоящей работы является анализ накопления тяжелых металлов в ландшафтно-геохимических системах (ЛГС) городской территории. Особое внимание уделяется элементарным геохимическим ландшафтам, обычно остающимся вне поля зрения исследователей экогеохимии городов. В основу данной работы положены результаты площадного геохимического картирования и профилирования по десяти трассам, проложенным через центр г. Могилева и вкрест простираения р. Днепр и долин малых рек для наибольшего охвата разнообразных ландшафтных ситуаций и функциональных зон.

Структура ПТК г. Могилева подробно описана в [7]. В соответствии с факторами миграции химических элементов на территории города было выделено 10 видов ЛГС (рис. 1). Наименьшую площадь занимают *аквальные* ЛГС, приуроченные к руслам р. Днепр и малых водотоков - рек Дубровенка, Дебра, Струшня, а также к прудам на р. Дубровенка и бессточному Святому озеру на надпойменной террасе Днепра. В пределах долины р. Днепр выделены также *трансупераквальные* ЛГС низкой поймы, высокой поймы, пойменных грив и прирусловых валов и *элювиально-аккумулятивные* речных террас. На водораздельных территориях находятся следующие виды ЛГС: *элювиальные*, распространенные в пределах вторично-моренных ПТК, *трансэлювиальные* плакоров, приуроченные к вторично-моренным и вторично-водноледниковым ПТК, а также *аккумулятивно-элювиальные* локальных депрессий, соответствующие озерно-элювиальным ландшафтам юго-восточной части города и замкнутым депрессиям на вторично-водноледниковых ландшафтах его западной окраины; в пределах плакора выделены *трансаккумулятивные* ЛГС оврагов, балок и долин малых рек и *трансэлювиально-аккумулятивные* конусов выноса.

Средние для ЛГС города концентрации подвижных форм металлов приведены в таблице. Накопление элементов иллюстрируют коэффициенты техноген-

ной концентрации ($K_{тк}$), рассчитанные как отношение концентрации (C) в данной точке (ЛГС) к средней по городу. Общую картину накопления элементов характеризует суммарный коэффициент техногенной концентрации по десяти элементам ($Z_{C(10)}$), рассчитанный по формуле:

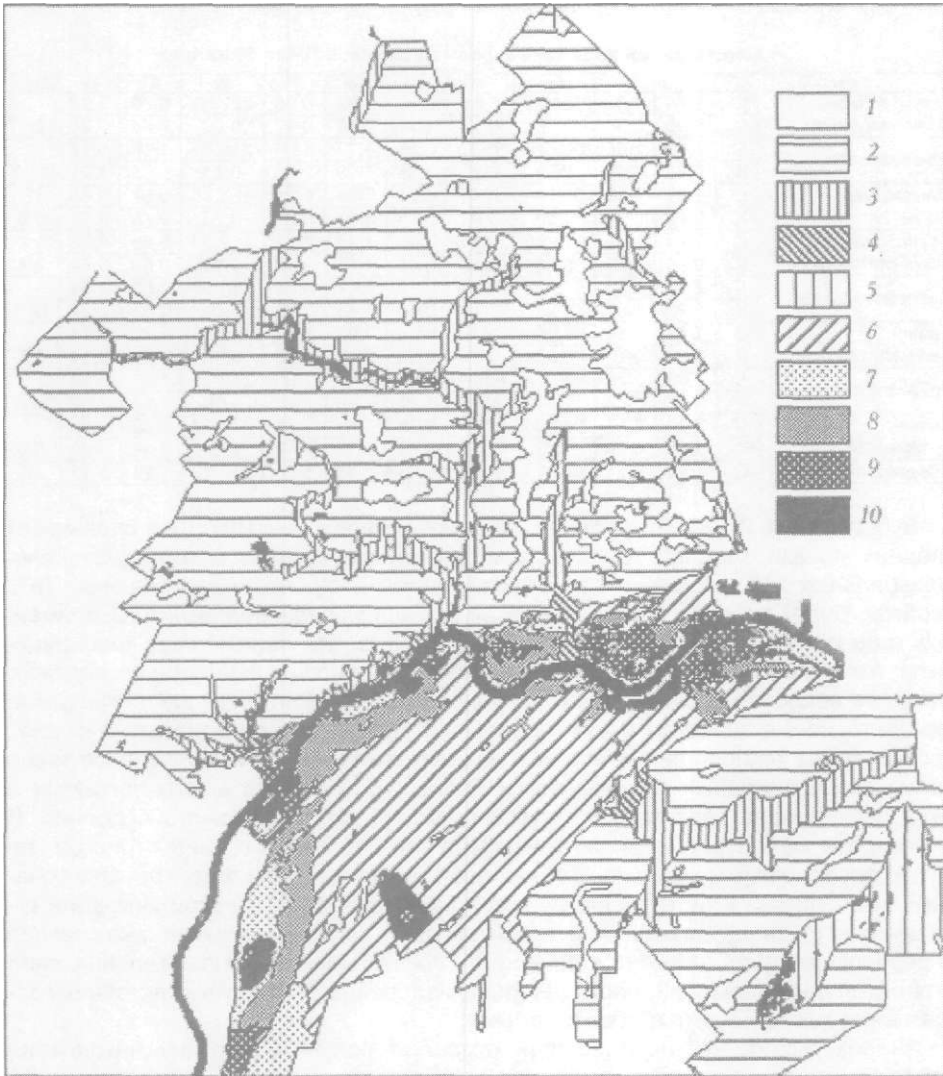


Рис. 1. Виды ландшафтно-геохимических систем г. Могилева:

1 - элювиальные, 2 - трансэлювиальные плакоров, 3 - трансаккумулятивные оврагов, балок и долин малых рек, 4 - трансэлювиально-аккумулятивные конусов выноса, 5 - аккумулятивно-элювиальные локальных депрессий, 6-элювиально-аккумулятивные речных *террас*, 7 - трансупераквальные пойменных грив и *прирусловых* валов, 8 - трансупераквальные *высокой поймы*, 9 - трансупераквальные *низкой поймы*, 10- аквальные

Согласно данным площадного опробования, наиболее высокое $Z_{C(10)}=12,7$ значение установлено для *трансупераквальных* ландшафтов низкой поймы р. Днепр, что, очевидно, связано с их подчиненным положением в ландшафтно-геохимических системах города, а также с ежегодным поступлением взвешенных и растворенных веществ с полыми водами. Показательно, что наиболее высокие коэффициенты техногенной концентрации дают Ni, Co, Cu и Sr, ассоциируемые с интенсивным техногенезом. Для *трансупераквальных* ЛГС. высокой поймы зафиксирован значительно более низкий суммарный показатель техногенной концентрации - 8,9. В этих ландшафтах накапливаются только Co, Fe, Mn и Sr (1,8 - наиболее высокий $K_{тк}$ для ЛГС города) - элементы, присутствующие обычно в техногенных потоках рассеяния.

В элювиальных и трансэлювиальных ЛГС зафиксированы почти одинаковые суммарные коэффициенты техногенной концентрации - 11,3 и 11,4 соответственно. Поэлементные показатели также сходны. Существенные различия установлены только для свинца, однако он является наиболее интенсивно накапливающимся металлом в обоих видах ЛГС. Высокие значения накопления фиксируются и для других технофильных элементов - Cd, Cu Sr.

Концентрации подвижных форм металлов в ЛГС г. Могилева

Виды ЛГС		Co	Ni	Fe	Zn	Cd	Cu	Pb	Mn	Cr	Sr	Z _{C(10)}
Аккумулятивно-элювиальные		1,74	1,38	924,88	6,51	0,49	0,92	0,95	223,19	0,70	1,10	6,1
	КТК	0,99	0,65	1,00	0,18	1,14	0,24	0,16	0,99	0,56	0,21	
Элювиальные	С	1,43	2,05	905,75	35,33	0,58	4,17	11,7	210,31	1,18	6,18	11,3
	КТК	0,82	0,97	0,98	0,97	1,35	1,09	2,00	0,94	0,95	1,21	
Элювиально-аккумулятивные	С	1,38	1,59	930,44	35,07	0,20	2,43	0,34	163,76	0,57	3,95	6,6
	КТК	0,79	0,75	1,00	0,97	0,47	0,63	0,06	0,73	0,46	0,77	
Трансэлювиально-аккумулятивные	С	1,74	1,88	913,55	31,07	0,41	4,48	0,11	219,30	0,86	4,28	8,4
	КТК	0,99	0,89	0,98	0,86	0,95	1,17	0,02	0,98	0,69	0,84	
Супераккумулятивные	С	2,23	4,18	1138,5	25,79	0,42	5,67	5,04	315,33	2,51	3,79	12,7
	КТК	1,27	1,97	1,23	0,71	0,98	1,48	0,86	1,41	2,02	0,74	
Транс-аккумулятивные	С	1,71	1,61	881,06	29,41	0,24	2,01	3,99	189,75	1,32	2,74	7,7
	КТК	0,98	0,76	0,95	0,81	0,56	0,52	0,68	0,85	1,06	0,54	
Трансэлювиальные	С	1,89	2,26	926,12	42,34	0,51	4,44	7,95	242,16	1,45	5,59	11,4
	КТК	1,08	1,07	1,00	1,17	1,19	1,16	1,36	1,08	1,17	1,09	
Транс-супераккумулятивные	С	2,08	2,07	960,25	16,66	0,28	1,47	2,75	272,17	0,85	9,23	8,9
	КТК	1,19	0,98	1,03	0,46	0,65	0,38	0,47	1,21	0,69	1,80	
Среднее по городу	С	1,75	2,12	928,13	36,27	0,43	3,83	5,86	224,42	1,24	5,12	10

В остальных ЛГС концентрация подвижных форм металлов не превышает средних показателей по городу, за исключением кадмия в *аккумулятивно-элювиальных* ЛГС локальных депрессий, хрома в *трансаккумулятивных* ЛГС оврагов, балок и долин малых рек, меди в *трансупераккумулятивных* ЛГС пойменных грив и прирусловых валов. Следует отметить, что пониженные коэффициенты техногенной концентрации, рассчитанные относительно общегородского фона, не свидетельствуют о благополучной эколого-геохимической ситуации. В городе фоновые значения могут значительно превышать региональные кларки, особенно для технофильных элементов. Полученная картина искажается также наличием техногенных геохимических барьеров, особенно многочисленных и разнообразных на территориях интенсивного градостроительного освоения. В г. Могилеве не застроены лишь северная и юго-восточная окраины (рис. 2), занятые лесопарковыми зонами, а также пойменные массивы в центре. Это означает, что близкий к естественному ход процессов геохимической миграции ограничивается лишь названными территориями. За их пределами техногенное перераспределение элементов приводит к возникновению положительных либо отрицательных аномалий, часто узлокализированных. Местные источники загрязнения также искажают общую картину.

Анализ геохимических профилей позволил получить картину накопления подвижных форм металлов в фациях г. Могилева. Всего было проложено 10 профилей (их трассы обозначены на рис. 2, для профилей 6 и 7 они не указаны). Профили 1, 2 и 3 располагаются в лесопарковой и водоохранной зонах долины р. Дубровенка и в массиве старой застройки в центре города соответственно. Профили 8 и 10 пересекают центр города, а 4, 5 и 9 - правобережную часть долины р. Днепр. На всех профилях плакорные участки относятся к вторично-моренным ПТК.

В *трансупераккумулятивных* ландшафтах поймы р. Дубровенка суммарный коэффициент техногенной концентрации закономерно возрастает от 4 в лесопарке (верхнее течение реки) до 7 в водоохранной зоне (среднее течение) и 19,1 в центре города (нижнее течение). Значения Z_{C(10)}, установленные для низкой поймы Днепра, колеблются от 11,3 до 27,7. В слабонарушенных фациях верхнего и среднего течения Дубровенки наиболее высокие показатели накопления (более 0,8 и 1 соответственно) установлены для литофильных железа и марганца, в то время как на находящихся в зоне интенсивного техногенеза поймах Днепра и в нижнем течении Дубровенки - для технофильных Cd, Pb, Zn, Cr (K_{ТК}>4).

В *элювиально-аккумулятивных* ландшафтах террас Днепра техногенез также является основным фактором вариации концентраций $Z_{C(10)}$, закономерно возрастающих от 7,8 на лугу, подверженному лишь пешеходной дигрессии, до 10,5 в огородном массиве и 12 в районе индивидуальной застройки. Аномальные концентрации, выявленные для отдельных технофильных элементов, также указывают на четкую зависимость геохимической ситуации от режима землепользования: коэффициенты техногенной концентрации более 1 в луговой фации зафиксированы лишь для цинка ($K_{ТК}=1,27$), что объясняется соседством крупной автомагистрали и наличием массива индивидуальной застройки выше по склону долины, в огородном массиве - для Zn и Cu (1,51 и 3,28) и в частном секторе - для Pb, Cr и Sr (2,78, 1,77 и 1,66 соответственно).

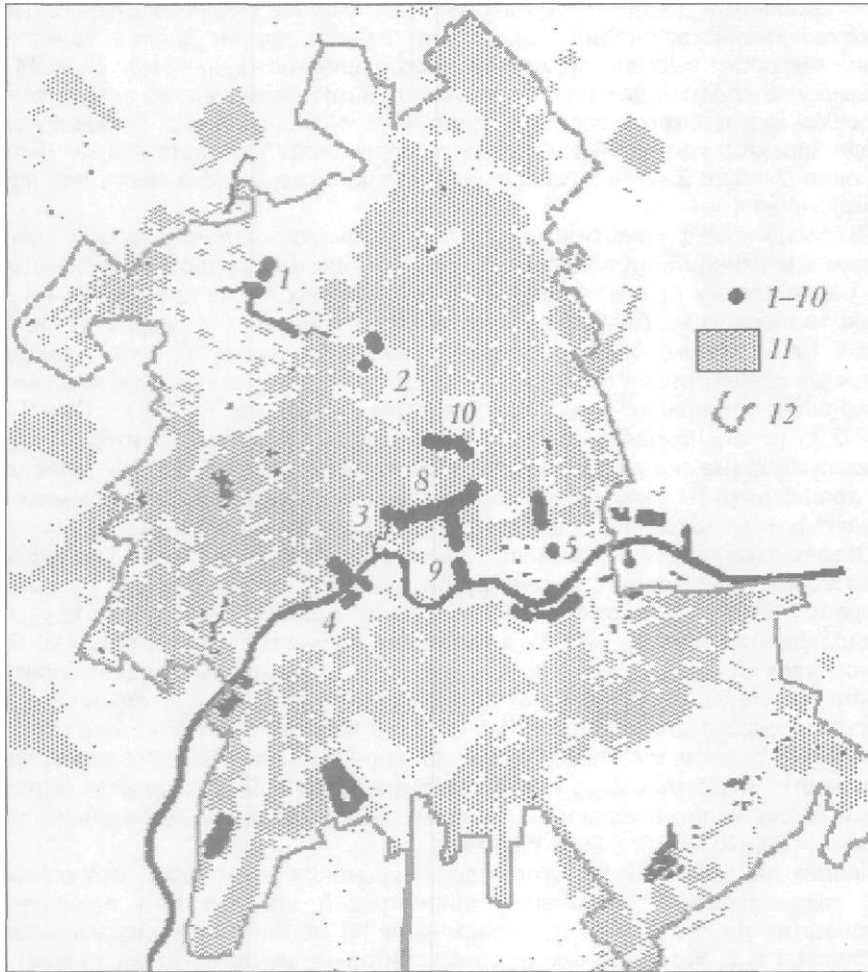


Рис. 2. Размещение геохимических профилей, 1-10 - геохимические профили, 11 - застроенные территории, 12 - границы города

Трансэлювиально-аккумулятивные фации делювиальных и пролювиальных шлейфов, окаймляющих коренной склон долины р. Днепр, имеют высокие суммарные коэффициенты техногенной концентрации: 17,2 в зоне индивидуальной застройки с расположенным выше по склону крупным микрорайоном и 13,1 в неухоженном кустарниковом массиве застройки центра города в вышележащем плакоре. В обеих фациях зафиксированы аномально высокие (более 1) значения коэффициентов техногенной концентрации для большинства технофильных элементов (Co, Ni, Fe, Cd, Cu, Cr, в частном секторе - также для стронция), в том числе 2,59 и 5,86 для Ni и Sr в первой фации и 2,09 и 2,91 для Cd и Cu во второй.

Значения суммарных коэффициентов концентрации, установленные для *трансэлювиальных* фаций верхних частей крутых (свыше 10°) склонов, колеблются от 4 до 28,3. Наиболее низкие значения - 4 и 4,2 зафиксированы в лесопарковой и водоохранной зонах в долине р. Дубровенка; в данных точках к средним по городу приближаются только показатели железа (0,81, лесопарк) и свинца (0,99, водоохранная зона). В фациях коренного склона р. Днепр суммарные значения концентрации достаточно закономерно увеличиваются от 4,7 на лугу напротив плакора с многоэтажным жилым массивом до 11,7 в кустарниковом массиве в центре города и 23,4 на профиле в районе индивидуальной застройки около центра города. Аномальные концентрации установлены для Со ниже микрорайона, для Ni, Fe, Zn, Cu, Mn и Sr - ниже центра города и для всех названных элементов - в частном секторе (в том числе 7,78 для хрома). На расположенном в центре города застроенном участке склона долины р. Дубровенка геохимическая ситуация аналогична фации в долине Днепра, занятой частным сектором: высокие суммарные коэффициенты ($Z_{C(10)}=21,5, 27$ и $28,3$) и превышение средних для города показателей для большинства элементов. На заросшем кустарником и сорными травами коренном склоне р. Дебра в центре города характер накопления металлов приближается к незастроенным фациям в долине Днепра: $Z_{C(10)}=6,5$, коэффициент концентрации всех металлов (кроме хрома) менее 1.

Согласно коэффициенту концентрации *трансэлювиальные* фации, приуроченные к верхней части пологих склонов (обычно непосредственно примыкающих к автономным ландшафтам), четко подразделяются на две группы - с $Z_{C(10)}$ менее 10 и более 10. Для первой группы характерны низкие суммарные показатели: 6,1 в лесопарке, 6,6 в водоохранной зоне и 5,5 в микрорайоне, а также пониженные концентрации отдельных элементов со следующими максимальными значениями, установленными в соответствующих фациях: Pb - 1,41, Cu - 1,64 и Ni - 0,9. Точки, находящиеся в центре города, относятся ко второй группе. Здесь суммарные показатели колеблются в пределах 11,3-54,8, индивидуальные коэффициенты техногенной концентрации в более чем 50 % случаев превышают 1, в том числе почти всегда (80-90 %) для Ni, Cd, Pb и Sr.

Охваченные профилированием *элювиальные* элементарные ландшафты также можно подразделить на две группы, однако с большей долей условности. К первому закономерно относятся элювиальные фации в лесопарке ($Z_{C(10)}=3,5$) и водоохранной зоне ($Z_{C(10)}=6,1$), а также две фации в центре города - в большом саду ($Z_{C(10)}=6,4$) и сквере ($Z_{C(10)}=6,5$). Коэффициенты концентрации технофильных металлов превышают общегородской фон лишь в единичных случаях: в лесопарке для кобальта ($K_{TK}=1,37$) и в водоохранной зоне для стронция ($K_{TK}=1,75$). Ко второму классу были отнесены элювиальные элементарные ландшафты, в которых $Z_{C(10)}$ колебался в пределах 9,6-37. Для всех образцов фаций данного класса характерны высокие индивидуальные значения K_{TK} , в том числе для Fe, Cd, Pb, Sr в 80 % случаев.

Анализ данных геохимического профилирования показывает, что классическая закономерность увеличения концентраций элементов в подчиненных ландшафтах по сравнению с автономными [8] обычно не выдерживается. В профилях 1 и 2, проложенных через относительно ненарушенные участки (лесопарк и водоохранная зона), значения концентраций увеличиваются от автономных к трансэлювиальным ЛГС, затем уменьшаются на крутых склонах долин и вновь увеличиваются в супераквальных ландшафтах (рис. 3 а). Во всех остальных случаях накопление подвижных форм металлов определяется условиями техногенеза, причем факторам местного землепользования, по-видимому, принадлежит главенствующая роль. Так, на профиле 4, расположенном вкост долины р. Днепр, самое высокое значение $Z_{C(10)}$ зафиксировано в трансэлювиальном элементарном ландшафте, приуроченном к крутому коренному склону (рис. 3 б, точка № 75), где интенсивный вынос вещества с избытком компенсируется его поступлением из хозяйств частного сектора.

Однако для большинства профилей наибольшие значения $Z_{C(10)}$ установлены в трансэлювиальных с пологими склонами, а также в автономных фациях. Помимо воздействия факторов локального техногенеза (влияние индивидуаль-

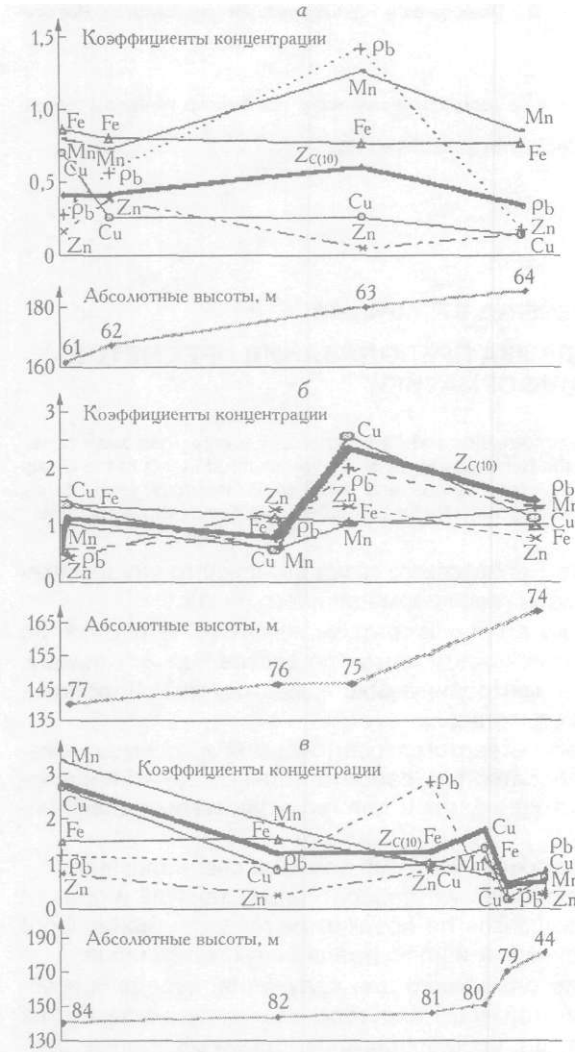


Рис. 3. Накопление подвижных форм металлов вдоль катен: а (профиль № 1) – долина р. Дубровенка в Печерском лесопарке, б (профиль № 4) – долина р. Днепр в районе Быховского рынка, в (профиль № 5) – долина р. Днепр в районе микрорайона Юбилейный (значения $Z_{C(10)}$ уменьшены в 10 раз)

ной застройки, промплощадок, очистных сооружений, транспортных узлов, свалок), повышение концентраций тяжелых металлов в элювиальных и трансэлювиальных ландшафтах можно объяснить более высокой сорбирующей способностью слагающих их глин и лессовидных суглинков по сравнению с песками и супесями ЛГС долины Днепра или подчиненных фаций долин малых рек. Для городов Беларуси данная закономерность отмечается в [6].

В трансупераквальных ландшафтах низких пойм концентрации элементов достигают самых высоких средних значений, по данным площадного опробования, даже по сравнению с террасами или высокими поймами, заливаемыми не каждый год (рис. 3 в). Это дает основание полагать, что геохимические аномалии в трансупераквальных ландшафтах формируются главным образом в результате поступления элементов из водотоков и в меньшей степени за счет транспорта из автономных и транзитных ЛГС или, как отмечается в [9], трансупераквальные ландшафты обогащаются за счет вторичного перераспределения элементов, в то время как автономные - за счет первичного.

Данное положение также иллюстрируют низкие значения $Z_{C(10)}$ в трансупераквальных фациях верхнего и среднего течения Дубровенки, где гидрохимический режим водотока слабо преобразован, в противоположность загрязненным рекам Днепр, Дебра и нижнему течению р. Дубровенка, в поймах которых зафиксированы полиметаллические аномалии.

Работа выполнена при поддержке Швейцарского национального фонда научных исследований (SCOPES, проект № 7BYPJ062303).

1. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды / Под ред. С.В. Григоряна. М., 1982.
2. Эколого-геохимические исследования в районах интенсивного техногенного воздействия. М., 1990.
3. Перельман, А.И., Мырлян, Н. Ф. // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер. геогр. 1984. № 2. С. 44.
4. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саев, В.А. Ревич, Е.П. Янин и др. М., 1990.
5. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. М., 1995.
6. Хомич, В.С., Какарека, С.В., Кухарчик, Т. И. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси. Мн., 2004.
7. Тупицына, Н. Б. // География Могилевской области. Могилев, 2004. С. 180.
8. Глазовская, М. А. // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. М., 1981. С. 7.

9. Волкова, В. Г., Давыдова, Н. Д. Техногенез и трансформация ландшафтов, Новосибирск, 1987.

Поступила в редакцию 13.03.05.

Галина Иосифовна Марцинкевич - доктор географических наук, профессор кафедры географической экологии.

Антон Дмитриевич Шкарубо - научный сотрудник ЦНИИКИВР.

УДК 378.016:55:681.3

И. С. ВОЙТЕШЕНКО, В. Б. ТАРАНЧУ К

МУЛЬТИМЕДИЙНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРЕПОДАВАНИЯ ПРЕДМЕТОВ ГЕОИНФОРМАТИКИ*

A system of multi-media support of geoinformatics and GIS-technology training has been considered. The system has been developed at the Byelorussian State University for students of the Geography Department and includes computer presentations and additional resources for lectures, laboratory work and independent study as well as software for computer tests and other components.

На географическом факультете Белорусского государственного университета преподаются следующие предметы геоинформационного цикла:

- геоинформатика. Изучается на втором и третьем курсах (с четвертого по шестой семестр); учебная нагрузка в каждом семестре составляет 8 ч лекций, 16 ч лабораторных занятий, 6 ч контролируемой самостоятельной работы; форма контроля - зачет в каждом семестре;

- ГИС-технологии. Изучаются на четвертом курсе (седьмой и восьмой семестры). Количество лекционных, лабораторных, самостоятельных занятий и форма контроля в каждом семестре такие же, как и для геоинформатики, дополнительно - компьютерный тест;

- специальные курсы в соответствии с учебными планами специализаций.

На лекциях, при проведении практических (лабораторных) занятий и организации самостоятельной работы студентов по предметам геоинформационного цикла требуется применение графических и иллюстрационных материалов:

- фотоснимки оборудования, используемого для получения, передачи и обработки геоинформационных данных (сканеры, дигитайзеры, плоттеры, технические средства дистанционного зондирования и т. д.), рабочих органов, организационные диаграммы и схемы, поясняющие принципы действия этого оборудования;

- карты различного масштаба и содержания, карты-схемы, планы, чертежи, графики и диаграммы;

- исходные и сведенные (агрегированные) статистические материалы;

- элементы интерфейсов программных комплексов и систем и т. д.

Поэтому активное использование информационных, в частности мультимедийных, технологий ориентировано на повышение качества учебного процесса и уровня усвоения студентами знаний. Обязательным при проведении лекции становится использование персонального компьютера и мультимедийного проектора.

Разработанная на кафедре геоинформационного и программно-математического обеспечения автоматизированных производств БГУ система мультимедийной поддержки преподавания предметов геоинформационного цикла включает:

- компьютерные презентации (слайд-шоу), являющиеся иллюстрационным материалом к каждой лекции учебного предмета;

- дополнительные текстовые (.doc, .pdf, .html-документы) и графические (.jpeg, .bmp, .png, .avi-документы) материалы, расширяющие кругозор студентов, которые размещаются в специально отведенной зоне Интранет и доступны студентам во время самостоятельных занятий в компьютерном классе, могут копироваться;

печения автоматизированных производств.