

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Д. Ю. Шишкина, Н. В. Коханистая

ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям по курсу
для студентов III курса направления подготовки
05.03.06 «Экология и природопользование»

Ростов-на-Дону
2016

УДК [550.4:504](075.8)

ББК 26.30я73

Ш655

*Рассмотрено, одобрено и рекомендовано для издания
на заседании кафедры геоэкологии и прикладной геохимии
(протокол № 5 от 4 февраля 2016 г.)*

Авторы:

доцент кафедры геоэкологии и прикладной геохимии Института наук
о Земле, кандидат географических наук *Д. Ю. Шишкина*;
преподаватель кафедры геоэкологии и прикладной геохимии Института наук
о Земле *Н. В. Коханистая*

Редактор

заведующий кафедрой геоэкологии и прикладной геохимии, доктор геолого-
минералогических наук, профессор *В. Е. Закруткин*

Шишкина, Д. Ю.

Ш655

Геохимия окружающей среды : учебно-методическое пособие
/ Д. Ю. Шишкина, Н. В. Коханистая. – Ростов-на-Дону, 2016. – 56 с.

УДК [550.4:504](075.8)

ББК 26.30я73

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по курсу «Геохимия окружающей среды» предназначено, главным образом, для студентов, обучающихся по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование». Некоторые задания будут полезны при выполнении практических работ по дисциплинам «Учение о биосфере» и «Эколого-геохимическая оценка территории». Кроме того, пособие может быть использовано студентами направления подготовки 05.03.01 «Геология» и специальности 21.05.02 «Прикладная геология» при изучении предметов «Геохимия» и «Общая геохимия». Методические указания состоят из одиннадцати тем практических занятий, для выполнения которых учебным планом предусмотрено 13 часов.

Основная цель практических занятий – углубленная проработка отдельных разделов курса, знакомство и освоение понятийного аппарата этой дисциплины, овладение практическими приёмами обработки аналитических данных, расчёта геохимических показателей и коэффициентов, графического изображения геохимической информации.

Структура учебно-методического пособия соответствует последовательности изложения лекционного материала. Тематически выполняемые работы объединены в три блока, первый из которых посвящён изучению наиболее общих понятий геохимии окружающей среды. Рассматривается распространённость химических элементов в различных объектах окружающей среды; латеральная и радиальная структура ландшафтов.

Особенности миграции химических элементов (водной, биогенной и атмосферной) рассматриваются во втором блоке. Сюда входит определение коэффициента водной миграции, коэффициента биологического поглощения, а также показателей поступления химических элементов в ландшафты воздушным путем. Третий раздел, посвящённый техногенному воздействию на окружающую среду, включает определение

технофильности и деструкционной активности элементов. Здесь сгруппированы работы, связанные с различными аспектами эколого-геохимической оценки техногенных ландшафтов. При выполнении работ студенты знакомятся с методикой расчета суммарного показателя загрязнения и районирования территории по его величине; определения временного характера загрязнения; принципами оценки экологического состояния водных объектов по коэффициенту донной аккумуляции.

В качестве исходных данных использованы литературные источники и материалы, полученные в результате многолетних исследований, проводимых кафедрой геоэкологии и прикладной геохимии ЮФУ.

Основным принципом проведения занятий является индивидуальный характер их выполнения. По всем темам аналитические данные представлены в виде нескольких вариантов; таким образом, каждый студент получает индивидуальное задание. Все практические работы завершаются самостоятельным анализом полученных результатов, который дается в виде кратких выводов или заключения.

Практическая работа № 1

КЛАРКИ КОНЦЕНТРАЦИИ И РАССЕЯНИЯ.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ

Кларк концентрации (КК) – показатель, введенный в 1937 г. В.И. Вернадским для количественной характеристики степени отличия содержания химического элемента в той или иной конкретной природной системе или её части от кларка литосферы.

В отечественной геохимии для литосферы, в основном, применяются кларки земной коры А.П. Виноградова (1962), за рубежом более популярны оценки К.Х. Ведеполя (Wedepohl, 1995), С.Р. Тэйлора и С.М. Макленнана (Taylor, McLennan, 1985). Происходит постоянное уточнение среднего состава земной коры, поэтому в настоящее время целесообразно использовать более современные данные Н.А. Григорьева (2009), Р.Л. Рудник и С. Гао (Rudnick, Gao, 2003).

Кларк концентрации – это отношение содержания элемента в данной системе (горной породе, руде, минерале, почве, растении) к его кларку в земной коре:

$$KK = C_i / K, \quad (1)$$

где C_i – содержание элемента в данной системе, мг/кг; K – кларк литосферы, мг/кг. Эта величина всегда больше 1. Если $KK = 1$, то содержание элемента в объекте равно его содержанию в литосфере. Если KK элемента меньше 1, то для большей контрастности показателя целесообразно рассчитывать обратную величину – *кларк рассеяния (КР)* – отношение кларка элемента в литосфере к его содержанию в данной системе:

$$KR = K / C_i. \quad (2)$$

Таким образом, кларки концентрации и кларки рассеяния – показатели, характеризующие относительную распространённость

химических элементов в природе и позволяющие судить о концентрации или рассеянии химического элемента в исследуемой системе относительно литосферы. При этом КК показывает, во сколько раз содержание элемента в природном объекте больше его кларка, а КР – во сколько раз кларк больше содержания в данном объекте.

Расчёт КК и КР можно проводить и по отношению к кларкам отдельных частей литосферы. Например, при изучении региональных особенностей накопления химических элементов в разных типах пород их содержание можно сравнивать с кларковым в соответствующих породах; концентрации в различных растениях – с кларками живого вещества; содержания элементов в разных почвенных типах – с их кларками в почвах мира и т.д.

Использование КК и КР во многих случаях имеет преимущество по сравнению с массовыми и атомными процентами и другими способами выражения результатов анализа. При сравнении абсолютных содержаний элементов в различных объектах возникает ряд технических и методических трудностей. Первые связаны с тем, что абсолютные содержания элементов часто различаются на несколько порядков. Это делает невозможным изображение распределения различных элементов на одном графике. Применение логарифмического масштаба сильно искажает реальные соотношения и лишает график наглядности. Использование же кларков концентрации и рассеяния дает значительно более контрастные данные [13].

Методические аспекты связаны с интерпретацией полученных при сравнении данных. Дело в том, что при сопоставлении абсолютных содержаний химических элементов в нескольких природных телах или компонентах ландшафта возможно сделать выводы лишь о различии их вещественного состава, о большем или меньшем количестве того или иного элемента. Однако это не позволяет получить сопоставимые данные о поведении элементов в ландшафтах, так как различия в кларках могут

обусловить неправильные выводы при сравнении таких элементов по их абсолютным значениям. Вычисляя кларки концентрации и рассеяния, мы как бы приводим содержания всех элементов к общему знаменателю, учитывая их кларки в земной коре, а в дальнейшем уже вполне обоснованно сравниваем их степени концентрации или рассеяния.

Средние содержания химических элементов в главнейших типах горных пород иногда именуют кларками этих пород. Для сравнения геохимии пород и других систем А.П. Соловов и А.В. Гаранин (1968) предложили использовать *геохимические спектры*, представляющие ряды кларков концентрации и рассеяния. Построение проводится в два этапа, причем каждая из систем на рисунке представлена одной линией. Первая линия соответствует системе, выбранной в качестве эталонной. Она представляет собой монотонно убывающую кривую. Это связано с тем, что химические элементы ранжированы по значениям КР и КК, т.е. расположены на оси по мере убывания их кларков концентрации и возрастания кларков рассеяния. Остальные линии, соответствующие другим системам, представляют ломаные линии, поскольку последовательность элементов задана заранее. Все «пики» над монотонной кривой свидетельствуют о накоплении соответствующих элементов по сравнению с эталонной системой, «понижения» – об относительном рассеянии. Таким способом можно на одном рисунке одновременно сравнивать до четырёх-пяти объектов по большому числу химических элементов.

Практические занятия

Практическое занятие по этой теме предусматривает расчёт кларков концентрации и рассеяния для двух типов горных пород; ранжирование величин КК и КР для эталонного объекта исследования; построение геохимических спектров этих пород; краткое заключение об особенностях

химического состава пород каждого типа в сопоставлении с кларком литосферы.

Исходные материалы. Для расчёта кларков концентрации и рассеяния каждому студенту предоставляются таблицы с аналитическими данными по содержанию редких и рассеянных элементов в двух типах пород и кларками этих же элементов в литосфере. Для практических занятий выбираются данные, характеризующие контрастные по своему лито- и петрохимическому составу породы, которые дают резко различные геохимические спектры (кислые и основные изверженные породы, осадочные и изверженные и др.). В качестве основы для расчетов мы предлагаем использовать данные по содержанию редких и рассеянных элементов в основных типах горных пород (табл. 1) [4]. За кларки земной коры приняты данные различных ученых, рекомендованные Н.С. Касимовым и Д.В. Власовым (2015) в качестве эталонных.

Задание 1. Подсчёт кларков концентрации и рассеяния для двух из приведённых в таблице 1 горных пород. Пример расчёта КК и КР приведён в таблице 2.

Задание 2. Ранжирование значений КК и КР для эталонного объекта. При построении геохимических спектров один из изучаемых объектов (обычно тот, который по составу ближе к земной коре) принимается за эталонный. Величины КК и КР для эталонной горной породы располагаются в порядке их убывания (для КК) и возрастания (для КР) и записываются в виде псевдодробей, в числителе которой указан элемент, в знаменателе – КК или КР. Для приведенных в таблице 2 пород Восточного Донбасса эталонный ранжированный ряд для песчаников белокалитвенской и каменской свит выглядит следующим образом:

КК: Cu/1,1;

КР: Sr/1,3 = Ba/1,3 = Mn/1,3 < Co/1,4 = Pb/1,4 < Cr/1,6 < As/2,1 < Ni/2,6 < Zn/2,9 < Sn/3,8.

Таблица 1 – Средние содержания химических элементов в различных типах горных пород, мг/кг

Горные породы	Элементы										
	Mn	Co	Ni	Sn	Pb	Sr	Ba	As	Zn	Cr	Cu
Пески и песчаники	590	13,0	35	2,8	14	220	370	7,2	67	58	31
Глины, глинистые сланцы	800	19,0	49	3,5	14	240	460	9,3	89	110	36
Карбонатные породы	770	5,1	19	0,8	7	380	360	4,4	26	20	21
Кремнистые породы	1100	1,3	37	1,4	6	110	300	4,4	21	32	7
Вулканыты	1200	24,0	58	2,7	15	400	410	2,4	79	85	57
Граниты	420	1,0	3,5	3,0	19	150	750	1,6	39	7,8	10
Гранодиориты	750	8,0	16	2,2	15	440	560	1,8	53	22	29
Сиениты	1200	3,0	4,0	4,0	12	200	1600	1,4	130	2	5
Ультрабазиты	1500	150,0	2000	5,0	0,46	7	0,8	1,3	46	1800	10
Парагнейсы, сланцы	980	19,0	78	4,6	20	260	440	9,5	94	140	52
Железистые породы	760	5,0	18	4,5	27	160	280	7,5	130	36	57
Гранито-гнейсы	400	17,0	23	3,3	19	250	700	1,4	63	61	29
Рекомендуемые кларки	770	15,0	50	2,5	17	270	628	5,6	75	92	27

Таблица 2 – Содержание элементов в породах Восточного Донбасса, мг/кг [18]

Элементы	Магматические породы (основные) Несветаевского комплекса		Песчаники белокалитвенской и каменской свит	
	C_i	КК (КР)	C_i	КК (КР)
Mn	659,7	КР = 1,2	575,5	КР = 1,3
Co	11,94	КР = 1,3	11,0	КР = 1,4
Ni	20,9	КР = 2,4	19,3	КР = 2,6
Sn	0,14	КР = 17,9	0,66	КР = 3,8
Pb	16,27	КК= 1,0	12,3	КР = 1,4
Sr	500,0	КК = 1,9	215,0	КР = 1,3
Ba	461,2	КР = 1,4	483,0	КР = 1,3
As	4,4	КР= 1,3	2,7	КР = 2,1
Zn	32,54	КР = 2,3	25,7	КР = 2,9
Cr	49,25	КР = 1,9	57,8	КР = 1,6
Cu	44,48	КК = 1,6	29,8	КК = 1,1

Задание 3. Построение графика геохимического спектра. Оно начинается с отображения на нем величин КК и КР эталонной системы. По оси ординат располагаются значения КК (вверх) и КР (вниз) от величины $КК = 1$. По оси абсцисс через равные интервалы проставляются символы анализируемых химических элементов в порядке ранжирования эталонного объекта. В результате спектр эталонной горной породы имеет вид монотонно убывающей кривой, наглядно отражающей меру обогащённости (над осью абсцисс) или обеднённости пород элементами (под осью абсцисс). Линии спектров других пород имеют ломаный вид, что позволяет выделить ассоциации элементов накопления и рассеяния относительно эталонного объекта (рис. 1).

Задание 4. Заключение. Оно содержит краткую характеристику особенностей распределения элементов в горных породах. Анализ геохимической специализации пород нужно начинать с выявления общих закономерностей – близости геохимического спектра к среднему составу литосферы, преобладания в данной породе концентрации или рассеивания элементов, установления степени контрастности распределения

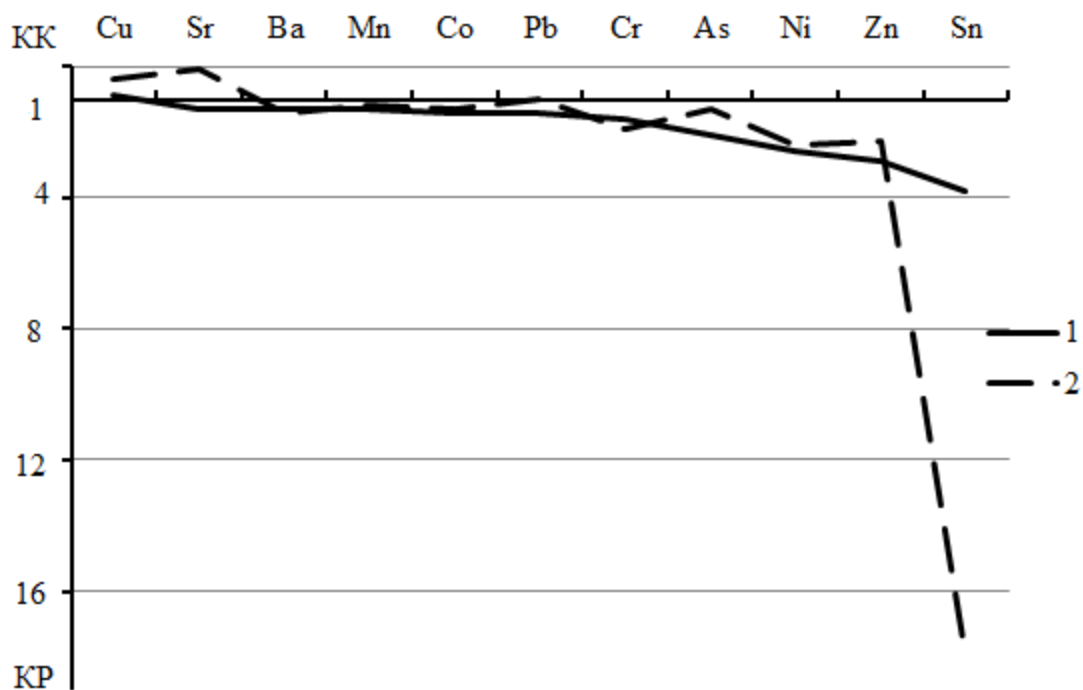


Рисунок 1 – Геохимические спектры пород Восточного Донбасса:
 1 – магматические породы (основные) Несветайского комплекса;
 2 – песчаники белокалитвенской и каменской свит

коэффициентов. Анализ геохимических различий в составе пород целесообразно вести не по отдельности для каждого элемента, а выделять определенные группы накопления – рассеивания. Рекомендуется также объединять элементы в группы литофильных, халькофильных и сидерофильных элементов.

Практическая работа № 2

ТАЛАССОФИЛЬНОСТЬ

Кларки концентрации элементов (относительно кларков земной коры) в океане называются *талассофильностью* [13]. Талассофильность велика у хлора, водорода, брома и мала у железа, кремния, бария. Элементы с высокой талассофильностью надолго задерживаются в океане, с малой – быстро его покидают. Зная общее количество элемента в океане и его ежегодный привнос реками, можно ориентировочно рассчитать «время пребывания элемента в океане». Элементы, образующие ионы легкорастворимых солей (Na^+ , Cl^- , Br^- и т.д.), накопились в океане, их время пребывания – сотни и десятки миллионов лет. Время пребывания многих металлов меньше – сотни и тысячи лет, они не накапливаются в морской воде.

Использование показателей талассофильности даёт возможность выявить источники поступления элементов в воды Мирового океана. Известно, что большая часть катионов поступила в океан с речным стоком в результате выветривания пород материков. Однако данный процесс не обеспечил большое количество Cl и других аниогенных элементов. Если бы хлор поступал лишь за счёт растворения материковых пород, то океан имел бы не хлоридный, а гидроксильный состав, среди анионов преобладал бы OH^- , вода была бы сильнощелочной, а жизнь в современных формах невозможной. Сравнение талассофильности подтверждает различие источников катионов и анионов: для хлора этот показатель в десятки раз больше. По В.М. Гольдшмидту, важнейшим источником Cl , S , As , Br , I и других неметаллов были вулканы, извергавшие в атмосферу и гидросферу (подводные вулканы) огромные количества HCl , CO_2 , HF и других газов.

Практические занятия

В ходе практических занятий необходимо провести расчёт талассофильности, ранжирование полученных значений и дать краткое заключение об особенностях накопления различных элементов в водах Мирового океана.

Исходные материалы. Для расчёта талассофильности каждому студенту предоставляются таблицы с аналитическими данными по содержанию химических элементов в морской воде и кларками этих же элементов в литосфере (табл. 3). В качестве основы для расчётов используются данные В.С. Савенко (1997) и Н.С. Касимова с Д.В. Власовым (2015).

Таблица 3 – Содержание химических элементов в морской воде (мг/дм³) и кларки литосферы (мг/кг)

Элементы	Содержание в морской воде	Кларк литосферы
Вариант 1		
N	0,5	86
Ba	0,01	628
B	4,5	34
Br	67	1,6
W	10 ⁻⁵	2,03
Cd	8×10 ⁻⁵	0,09
K	399	23240
Co	2×10 ⁻⁶	15
Sr	7,7	270
P	0,07	690
Вариант 2		
Al	5×10 ⁻⁴	76100
V	1,5×10 ⁻³	106
I	0,05	0,49
Ca	414	25660
Li	0,18	40
Cu	10 ⁻⁴	27
Sc	7×10 ⁻⁶	25
Ti	10 ⁻³	3900
Cl	19400	640
Cs	3×10 ⁻⁴	4,9

Элементы	Содержание в морской воде	Кларк литосферы
Вариант 3		
Au	5×10^{-6}	$1,5 \times 10^{-3}$
Mg	1290	14950
Mn	3×10^{-5}	770
Mo	0,01	1,1
As	$1,5 \times 10^{-3}$	5,6
Ni	4×10^{-4}	50
Pb	2×10^{-6}	17
S	904	953
Ag	3×10^{-6}	0,053
Cr	$2,5 \times 10^{-4}$	92
Вариант 4		
Fe	5×10^{-5}	40600
Si	2,8	275000
La	5×10^{-6}	32
Na	10800	24260
Sn	10^{-6}	2,5
Hg	2×10^{-6}	0,065
Sb	$1,5 \times 10^{-4}$	0,81
C	295	3240
F	1,3	557
Zn	4×10^{-4}	75

Задание 1. Подсчёт талассофильности по формуле

$$T_x = M_x/n_x \quad (3)$$

где T_x – талассофильность; M_x - содержание элемента в морской воде, мг/дм³; n_x – содержание элемента в земной коре, мг/кг.

Задание 2. Построение ранжированного ряда талассофильности в виде неравенства, где по мере убывания T_x в числителе псевдодробии показан символ элемента, в знаменателе – величина T_x .

Задание 3. Заключение. Содержит объяснение положения химических элементов в ряду талассофильности с учётом сведений о растворимости элементов в воде, их кларков литосферы и содержания в морской воде.

Практическая работа № 3
ИЗУЧЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ
ЛАНДШАФТА. КОЭФФИЦИЕНТЫ РАДИАЛЬНОЙ И
ЛАТЕРАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ

Помимо рассмотренных выше универсальных геохимических показателей, характеризующих распределение элементов (кларки, кларки концентрации и рассеяния), в геохимии ландшафта широко применяются специализированные показатели. Это коэффициенты, показывающие перераспределение элементов в вертикальном профиле элементарных ландшафтов и по геохимическому сопряжению. Они также построены на изучении относительного выноса и накопления вещества в природных системах.

Первым этапом сопряженного ландшафтно-геохимического анализа территории является изучение геохимической дифференциации вертикального профиля различных элементарных ландшафтов. Элементарные ландшафты являются сложными системами, состоящими из радиально-взаимодействующих подсистем типа «порода – почва», «почва – растение», «почва – вода», «атмосфера – растение – почва» и др. Миграция элементов в вертикальном профиле ландшафтов характеризуется рядом ландшафтно-генетических коэффициентов.

Для характеристики миграции элементов в системе «почва – порода» используются *элювиально-аккумулятивные коэффициенты $K_{эа}$* . Они представляют собой отношение содержания элемента в почве (или коре выветривания) к его содержанию в породе, показывая, таким образом, накопление или вынос элементов в генетических горизонтах почв относительно почвообразующих пород. Однако они применимы только для автономных одночленных почв, где отсутствует поступление веществ из соседних ландшафтов. При изучении гетерономных ландшафтов

следует учитывать боковой привнос элементов и неоднородность вещественного состава пород. В таких случаях различия в величинах $K_{эа}$ будут отражать не процесс миграции элементов в вертикальном профиле, а их перераспределение без подробного указания причин. Поэтому лучше вместо $K_{эа}$ использовать более общий термин – *коэффициент радиальной дифференциации* (K_p), представляющий собой, по М.А. Глазовской, отношение содержания химического элемента в том или ином генетическом горизонте почвы к его содержанию в почвообразующей породе.

Использование коэффициента радиальной дифференциации помогает выявить основные зоны накопления элементов в вертикальном профиле и изучить концентрационные механизмы, которые привели к их возникновению, а также определить, куда приурочены зоны выщелачивания. Это помогает в установлении связей, существующих между компонентами элементарных ландшафтов. Каждый горизонт профиля обычно характеризуется определенной парагенной ассоциацией элементов, которая также может рассматриваться как важный геохимический показатель.

Радиальная почвенно-геохимическая дифференциация зависит от строения почвенного профиля, механического и минералогического состава почв, распределения органического вещества, карбонатов, солей, окислительно-восстановительных и щелочных условий, присутствия геохимических барьеров.

Одна из важнейших причин дифференциации веществ в почвенном профиле – радиальные геохимические барьеры. Они формируются между геохимически контрастными генетическими горизонтами, совпадают с целыми горизонтами или их частями. Миграционные потоки в вертикальном профиле ландшафта могут быть направлены не только сверху вниз, но и снизу вверх, т.е. радиальные барьеры отражают вертикальную геохимическую контрастность и дифференцированность как

элювиальных, так и супераквальных ландшафтов. Концентрация химических элементов на барьерах может во много раз превышать их средние содержания в соседних горизонтах или вмещающем их горизонте. Результаты расчёта K_p представляют в виде геохимических диаграмм, которые наглядно передают контрастность перераспределения элементов в профиле почв (рис. 2). Отдельные генетические горизонты показываються на диаграмме в виде прямоугольников, ширина которых соответствует масштабу, выбранному для изображения $K_p = 1$, т.е. величине коэффициента в горизонте С. Для удобства построения за единицу чаще всего берется квадрат размером 1×1 см. Величина коэффициента проставляется в середине прямоугольника. Почвенные горизонты обычно изображаются без учёта вертикальной мощности столбиками равной высоты, хотя можно провести построение и сохраняя различную вертикальную мощность.

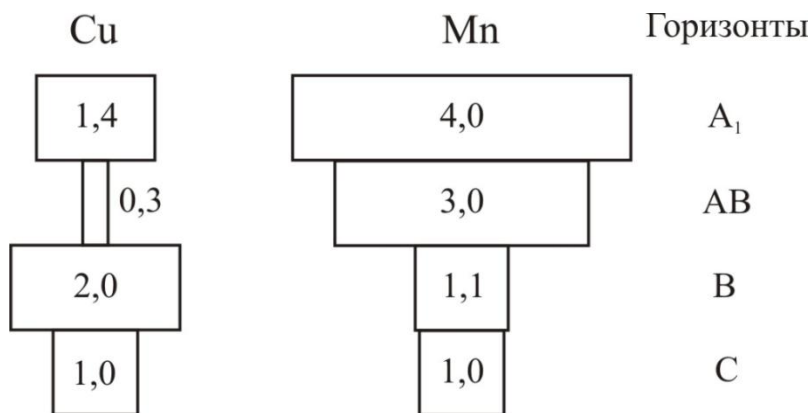


Рисунок 2 - Коэффициенты радиальной дифференциации элементов в серой лесной почве

При анализе геохимических диаграмм необходимо иметь в виду, что они фиксируют относительное распределение элементов в вертикальном профиле элементарного ландшафта, но не содержат информации об их абсолютных значениях. При сравнении разных химических элементов в одном элементарном ландшафте, а также при сравнении одного и того же

элемента в разных элементарных ландшафтах «цена» эталонного столбика, изображающего породу и принятого за 1, будет различна.

Практические занятия

Исходные материалы. Для расчёта K_p студентам представляются данные о распределении химических элементов по вертикальному профилю нескольких типов почв (табл. 4).

Задание 1. Расчёт коэффициента радиальной дифференциации производится по формуле

$$K_p = C_2 / C_m \quad (4)$$

где C_2 – содержание элемента в генетическом горизонте, мг/кг; C_m – содержание элемента в почвообразующей породе, мг/кг.

Задание 2. Построение геохимических диаграмм.

Задание 3. Заключение. Выявление закономерностей радиальной дифференциации элементов в изучаемом почвенном профиле.

Таблица 4 – Содержание металлов в профиле разных типов почв, мг/кг

Горизонты	Элементы						
Вариант 1 (равнинные почвы Западной Сибири)							
	Mn	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
A ₁	890	25,7	69,6	22,4	0,30	0,110	16,8
A ₂	850	24,4	71,1	27,5	0,21	0,090	21,0
B	750	22,0	72,1	29,9	0,13	0,067	19,7
C	830	23,7	69,6	36,5	0,14	0,081	23,7
Вариант 2 (чернозёмы Самарской области)							
	Mn	Cu	Zn	Cr	V	Co	Ni
A	810	56	60	93	35	33	58
AB	670	71	55	66	30	32	56
B	630	54	46	47	44	30	54
C	287	59	39	46	31	21	29
Вариант 3 (лесная дерново-подзолистая почва)							
	Mn	Cu	Cr	V	Co	Ni	Pb
A ₁	290	51	61	70	6	12	26
A ₂	150	41	54	54	4	10	21
B	160	56	67	100	10	20	23
C	250	71	78	160	13	25	30

Горизонты	Металлы						
Вариант 4 (пахотная дерново-подзолистая почва)							
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cr</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>
A _{пах}	1000	41	200	93	18	20	33
A ₂ B	600	32	180	100	20	32	40
B	330	35	153	86	9	26	30
C	300	30	90	130	10	20	25
Вариант 5 (чернозём обыкновенный Ростовской области)							
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cr</i>	<i>V</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>
A _{пах}	730	33	78	95	81	25	28
AB	650	30	75	80	76	20	19
B	600	28	71	100	85	18	16
C	420	24	67	120	90	31	21
Вариант 6 (темно-каштановая почва Ростовской области)							
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cr</i>	<i>V</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>
A _{пах}	660	29	67	71	74	28	19
AB	680	28	72	75	70	31	21
B	590	13	45	78	68	25	15
C	570	23	57	82	81	32	16

Для изучения миграции химических элементов в местных ландшафтах по геохимическим сопряжениям, выявления основных миграционных потоков и путей перемещения вещества от автономных к подчиненным ландшафтам используется **коэффициент местной миграции** – K_m . Его рассчитывают как отношение содержания химического элемента в геохимически подчиненном элементарном ландшафте к его содержанию в автономном.

При анализе данных, полученных при вычислении K_m , возникают вопросы их интерпретации: всегда ли по величине полученного коэффициента можно судить об интенсивности накопления или рассеяния элемента в разных частях геохимического сопряжения и как решать этот вопрос при изучении сопряжений, которые формируются в условиях неоднородной по вещественному составу литогенной основы? Очевидно, в таких случаях полученные коэффициенты несут в себе смешанную

информацию: частично выражают первичную гетерогенность и лишь частично отражают итог местной миграции. В связи с этим по аналогии с предыдущим коэффициентом для более точной передачи информативности показателя коэффициент местной миграции было предложено (М.А. Глазовской, Н.С. Касимовым и др.) называть **коэффициентом латеральной дифференциации (K_l)**, поскольку он показывает основные закономерности дифференциации элементов в геохимических сопряжениях.

Изучение латеральной дифференциации имеет важное практическое значение, поскольку позволяет, например, оценить способность геохимических ландшафтов к самоочищению и наметить участки, наиболее подверженные загрязнению.

Существует три главных типа латерально-миграционной дифференциации катен: а) *аккумулятивный* – с концентрацией элементов в почвах подчиненных ландшафтов; б) *монотонный* – без существенных геохимических различий; в) *транзитный* – с обеднением гетерономных почв относительно автономных.

Особенности перераспределения химических элементов по сопряжениям и основные зоны их концентрации и рассеяния наглядно проявляются на геохимических диаграммах, принцип построения которых сходен с рассмотренным выше при разборе коэффициентов радиальной дифференциации (рис. 3). Эти диаграммы удобно сопровождать графами, схематично изображающими систему соподчиненных ландшафтов и основные направления миграции элементов.

Практические занятия

Исходные материалы. Таблицы содержаний элементов в почвах отдельных звеньев каскадной ландшафтно-геохимической системы (КЛГС) от местных водоразделов до местных депрессий (табл. 5).

Ландшафты	Металлы						
	Mn	Cu	Zn	Cr	V	Pb	Sr
Вариант 6 (Доно-Сальская равнина)							
Элювиальный	770	33	75	90	112	29	180
Трансэлювиальный	800	40	81	115	120	21	210
Трансаккумулятивный	650	35	68	85	97	35	250
Транссупераккумулятивный	540	21	63	100	84	24	190

Задание 1. Рассчитать величины коэффициента латеральной дифференциации по формуле:

$$K_l = C_p / C_a \quad (5)$$

где C_p – содержание элемента в почвах подчиненного ландшафта, мг/кг;

C_a – содержание элемента в почвах автономного ландшафта, мг/кг.

Задание 2. Построение геохимических диаграмм.

Задание 3. Характеристика геохимических свойств КЛГС:

- а) выявление типов латеральной дифференциации для каждого элемента;
- б) установление сходств и различий в миграции изучаемого набора элементов, выявление ассоциаций элементов с одинаковыми типами латеральной дифференциации;
- в) в случае транзитной и аккумулятивной латеральной дифференциации выявление степени её контрастности на основе следующих градаций величин K_l : 0,8–1,2 – неконтрастные; 0,5–0,8 или 1,3–2,0 – слабоконтрастные; менее 0,5 или более 2,0 – контрастные.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

КОЭФФИЦИЕНТ ВОДНОЙ МИГРАЦИИ

Для оценки интенсивности водной миграции и концентрации элементов используется *коэффициент водной миграции* K_x , равный отношению содержания химического элемента в минеральном остатке воды к его содержанию в водовмещающих породах или к кларку земной коры [13]. Его расчётная формула такова:

$$K_x = \frac{m_x \times 100}{a \times n_x}, \quad (6)$$

где m_x - содержание элемента в воде, г/л; a – минерализация воды, г/л; n_x – содержание элемента в водовмещающих породах, %.

Для оценки интенсивности глобальной дифференциации элементов между литосферой и гидросферой в качестве расчётных параметров можно использовать кларки элементов в этих оболочках. Чтобы выявить региональные особенности водной миграции, следует сравнивать химический состав вод с составом конкретных почв и пород. Таким образом, расчёт коэффициентов водной миграции может быть проведён в двух вариантах, один из которых (K_{x1}) предполагает использование кларка элемента в литосфере, другой (K_{x2}) – местные кларки в породах, дренируемых местными водами.

Коэффициенты водной миграции различных элементов изменяются от тысячных долей единицы до десятков и сотен, что позволило Б.Б. Польшину и А.И. Перельману все химические элементы по интенсивности водной миграции в растворённом состоянии разделить на четыре группы – очень сильной, сильной, средней, слабой и очень слабой миграции (табл. 6). Интенсивность водной миграции элементов может изменяться в зависимости от ландшафтно-геохимической обстановки. Одни элементы, особенно переменной валентности (молибден, уран, сера), характеризуются контрастной миграцией в разных условиях; другие (алюминий, титан, цирконий) ведут себя более однообразно [2].

Таблица 6 – Ряды миграции элементов в кислородных водах зоны гипергенеза [13]

Интенсивность миграции	Коэффициент водной миграции	Состав ряда в порядке убывания кларка земной коры
Очень сильная	$n \times 10 - n \times 100$	S, Cl, B, Br, I
Сильная	$n - n \times 10$	Ca, Na, Mg, F, Sr, Zn, U, Mo, Se, Au
Средняя	$0, n - n$	Si, K, Mn, P, Ba, Rb, Ni, Cu, Li, Co, Cs, As, Tl, Ra
Слабая и очень слабая	$0, n$ и менее	Al, Fe, Ti, Zr, Th, Be

Практические занятия

В процессе выполнения этого занятия студенты должны выполнить следующие виды самостоятельной работы: рассчитать коэффициент водной миграции (K_x) для спектра элементов в подземных водах различных гидрогеологических провинций; построить ряды и спектры водной миграции элементов изучаемых объектов; сопоставить полученные спектры миграции с рядами водной миграции А.И. Перельмана, оценить сходство и различия в интенсивности водной миграции элементов в данном регионе с общими закономерностями.

Исходные данные. Для выполнения расчётов K_x студенту предоставляются данные о содержаниях элементов в подземных водах основных гидрогеологических провинций (табл. 7).

Задание 1. Подсчёт коэффициентов водной миграции производится по формуле (6). Поскольку K_x является ориентировочным показателем интенсивности водной миграции, рекомендуется подсчёт коэффициента в интервале целых величин вести с точностью до 1%, а для дробных – с точностью до 10%.

Задание 2. Ранжировать полученные величины K_x в соответствии со следующими градациями: > 100 ; 10–100; 1–10; 0,1–1; $< 0,1$. Результаты следует оформить в виде таблицы (табл. 8).

Задание 3. Написать краткие выводы по специфике водной миграции элементов в подземных водах различных гидрогеохимических провинций, основанные на анализе полученных величин K_x и сопоставлении их с рядами миграции А.И. Перельмана. Все элементы по величине коэффициента водной миграции подразделяются на три группы. В первую

входят те элементы, интенсивность миграции которых совпадает с рядами А.И. Перельмана, т.е. является фоновой. Во вторую группу объединяются элементы, интенсивность миграции которых выше фоновой, в третью – ниже.

Таблица 7 – Среднее содержание химических элементов в подземных водах зоны гипергенеза, г/дм³ [19]

Элементы	Подземные воды выщелачивания провинций				Воды провинции континент. засоления	Кларки земной коры, %
	тропич. и субтропич. климата	многолетней мерзлоты	умеренного климата	горных областей		
Минерализация, г/дм ³	0,19	0,14	0,35	0,29	1,36	
<i>№ варианта</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Алюминий	1,47×10 ⁻⁴	2,16×10 ⁻⁴	1,65×10 ⁻⁴	2,36×10 ⁻⁴	3,7×10 ⁻⁴	7,61
Бор	3,77×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	5,6×10 ⁻⁵	2,8×10 ⁻⁵	2,48×10 ⁻⁴	3,4×10 ⁻³
Калий	2,25×10 ⁻³	8,3×10 ⁻³	2,74×10 ⁻³	1,55×10 ⁻³	1,84×10 ⁻³	2,324
Кальций	1,66×10 ⁻²	1,68×10 ⁻²	3,83×10 ⁻²	3,78×10 ⁻²	8,64×10 ⁻²	2,566
Медь	4,63×10 ⁻⁶	2,44×10 ⁻⁶	4,85×10 ⁻⁶	4,06×10 ⁻⁶	1,19×10 ⁻⁶	2,7×10 ⁻³
Натрий	1,09×10 ⁻²	6,64×10 ⁻³	2,38×10 ⁻²	1,38×10 ⁻²	0,26	2,426
Стронций	4,75×10 ⁻⁵	2,08×10 ⁻⁵	1,85×10 ⁻⁴	1,02×10 ⁻⁴	5,6×10 ⁻⁴	2,7×10 ⁻²
Титан	3,55×10 ⁻⁶	4,09×10 ⁻⁶	8,82×10 ⁻⁶	1,16×10 ⁻⁵	5,91×10 ⁻⁵	0,39
Фосфор	7,18×10 ⁻⁵	2,26×10 ⁻⁵	9,82×10 ⁻⁵	3,49×10 ⁻⁵	6,26×10 ⁻⁵	6,9×10 ⁻²
Хлор	7,35×10 ⁻³	4,67×10 ⁻³	1,59×10 ⁻²	1,27×10 ⁻²	0,26	6,4×10 ⁻²
<i>№ варианта</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Бериллий	10 ⁻⁷	5×10 ⁻⁸	2,4×10 ⁻⁷	1,9×10 ⁻⁷	3,3×10 ⁻⁷	2,3×10 ⁻⁴
Бром	1,09×10 ⁻⁵	8,46×10 ⁻⁶	8,56×10 ⁻⁵	5,81×10 ⁻⁵	2,63×10 ⁻⁴	1,6×10 ⁻⁴
Железо	2,51×10 ⁻⁴	3,28×10 ⁻⁴	6,89×10 ⁻⁴	4,29×10 ⁻⁴	7,1×10 ⁻⁴	4,06
Йод	1,2×10 ⁻⁵	2,19×10 ⁻⁶	5,59×10 ⁻⁶	4,25×10 ⁻⁶	9,95×10 ⁻⁶	4,9×10 ⁻⁵
Кобальт	4,1×10 ⁻⁷	2,9×10 ⁻⁷	3,4×10 ⁻⁷	2,8×10 ⁻⁷	6,2×10 ⁻⁷	1,5×10 ⁻³
Магний	8,07×10 ⁻³	5,56×10 ⁻³	1,65×10 ⁻²	1,45×10 ⁻²	4,62×10 ⁻²	1,495
Марганец	4,24×10 ⁻⁵	1,27×10 ⁻⁵	5,92×10 ⁻⁵	2,27×10 ⁻⁵	1,35×10 ⁻⁴	0,077
Никель	4,92×10 ⁻⁶	1,84×10 ⁻⁶	3,45×10 ⁻⁶	2,22×10 ⁻⁶	5,47×10 ⁻⁶	5×10 ⁻³
Фтор	2,2×10 ⁻⁴	1,9×10 ⁻⁴	2,6×10 ⁻⁴	2,5×10 ⁻⁴	1,47×10 ⁻³	5,6×10 ⁻²
Цинк	3,76×10 ⁻⁵	2,24×10 ⁻⁵	4,28×10 ⁻⁵	1,84×10 ⁻⁵	8,56×10 ⁻⁵	7,5×10 ⁻³

Таблица 8 – Сопоставление рядов водной миграции элементов

K _x	Ряды водной миграции	
	по А.И.Перельману	для вод (название)
> 100		
10 – 100		
1 – 10		
0,1 – 1		
< 0,1		

Практическая работа № 5

КОЭФФИЦИЕНТ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ

Определение химического состава живого вещества представляет собой сложную задачу по многим причинам. Прежде всего, следует учитывать, что содержание основного компонента живых организмов – воды – варьирует в широких пределах. Для того, чтобы исключить влияние количества воды и привести данные о содержании химических элементов к выражению, более удобному для сравнения, применяется расчёт содержания элементов на абсолютно сухое органическое вещество, т.е. высушенное до постоянной массы при температуре 102 - 105°C.

В обезвоженном органическом веществе углерод составляет несколько менее половины, другими главными компонентами являются кислород, водород и азот. Если после высушивания органическое вещество еще и сжечь, то будут удалены четыре главных элемента, и останется сумма т.н. минеральных веществ, входящих в состав организма – зола.

Таким образом, может быть три варианта выражения химического состава любого биологического объекта. Относительное содержание химических элементов можно рассчитать на живое (сырое) вещество организмов, на их сухую биомассу и на золу, т.е. сумму минеральных веществ. Каждый из трёх вариантов расчёта используется для решения определённых задач.

Установлено, что доминирующую часть массы живого вещества суши и всей планеты образуют высшие растения. Масса живого вещества океана в несколько раз меньше. Масса наземных животных составляет около 1% от фитомассы. Поэтому состав растительности суши обуславливает состав всего живого вещества Земли.

Учитывая преобладание высших растений, можно считать, что в живой биомассе Мировой суши содержится: 60% воды, 38% органического

вещества, 2% зольных элементов. При пересчёте на абсолютно сухую биомассу имеем 95% органического вещества и 5% зольных элементов.

Чтобы оценить интенсивность биологического поглощения элемента надо величину его содержания в растениях сравнить с содержанием в источнике, из которого этот элемент поступает. Для этой цели Б.Б. Польшин предложил использовать отношение содержания элемента в золе растения к его содержанию в породе. Этот показатель А.И. Перельман назвал *коэффициентом биологического поглощения* A_x (КБП, К_б):

$$A_x = l / n, \quad (7)$$

где l - содержание элемента в золе растения, мг/кг; n – его содержание в почвах или горных породах, на которых оно растёт (мг/кг), а также кларк литосферы.

Все элементы по интенсивности биологического поглощения можно разделить на 2 группы. К первой относятся те, концентрация которых в золе больше, чем в земной коре, т.е. $A_x > 1$. Эти элементы «накапливаются» живым веществом, причём P, S, Cl, Br, I – энергично, а Ca, Na, K, Mg и др. – сильно (табл. 9). Остальные элементы, у которых $A_x < 1$, лишь «захватываются», причем одни – средне, другие – слабо и очень слабо. Необходимо учитывать, что это средние данные, и у отдельных видов величины A_x сильно варьируют.

Таблица 9 – Ряды биологического поглощения (по А.И. Перельману)

Элементы	Интенсивность накопления	Коэффициенты биологического поглощения				
		100 n	10 n	n	0,1 n	0,1 n – 0,001 n
Биологического накопления	Энергичного	P, S, Cl, Br, I				
	Сильного		Ca, Na, K, Mg, Sr, Zn, B, Se			
Биологического захвата	Среднего			Mn, F, Ba, Ni, Cu, Ga, Co, Pb, Sn, As, Mo, Hg, Ag, Ra		
	Слабого и очень слабого				Si, Al, Fe, Ti, Zr, Rb, V, Cr, Li, Y, Nb, Th, Sc, Be, Cs, Ta, U, W, Sb, Cd	

Коэффициенты биологического поглощения объединяются в ряды, в которых элементы располагаются в порядке убывающей энергии поглощения их растениями. Обычно они изображаются в таблицах или в виде системы неравенств, когда в числитель выносятся символы химических элементов по убыванию A_x , а в знаменатель – его величины.

Сравнение вещественного состава золы растений проводят двояко: используют в качестве эталона кларки литосферы (A_{x1}) или более частные величины – местные кларки в породах и почвах (A_{x2}). Для их различения иногда A_{x1} называют кларком концентрации в растениях, а не коэффициентом биологического поглощения. Очевидно, значения полученных коэффициентов A_{x1} и A_{x2} и составленные на их основе ряды биологического поглощения не будут идентичны. В общем случае несоответствие I рода - $A_{x1} > A_{x2}$ – особенно явно должно проявляться при исследовании ландшафтов в пределах месторождений, когда местные кларки в породах намного превышают их содержание в литосфере. Расхождения II рода - $A_{x1} < A_{x2}$ – будут особенно заметны, когда рассматриваются растения ландшафтов, формирующихся на породах, резко обеднённых элементами, например, на кварцевых песках.

Информативность геохимических показателей в зависимости от способа проведения расчёта неодинакова. Так, анализ A_{x1} позволяет выявить особенности биологического поглощения элементов растениями разного систематического положения; определяет порядок величин, характеризующих их вещественный состав и примерные соотношения между элементами; выделяет элементы, необходимые для жизни растений и практически не захватываемые ими. Вычисления A_{x2} даёт возможность конкретизировать эти общие представления применительно к условиям изучаемых ландшафтов и подчеркнуть местные черты биологического поглощения, выявить региональную биогеохимическую специфику растений. Таким образом, представляется целесообразным совместное использование этих показателей. Сопоставление полученных

данных несёт дополнительную информацию по биогенной миграции элементов в ландшафтах.

Для количественного выражения общей способности вида к концентрации микроэлементов предложен специальный показатель – **биогеохимическая активность вида** (БХА), представляющий собой суммарную величину, получающуюся при сложении коэффициентов биологического поглощения отдельных элементов:

$$БХА = \sum A_x. \quad (8)$$

При интерпретации расчётных данных БХА необходимо учитывать, что поскольку все расчёты проведены на золу растений, речь идет именно об их биогеохимической активности, а не о биохимической активности живых организмов. Невозможность механического перенесения этих выводов на функционирование растения связана с тем, что количественные соотношения между химическими элементами в золах растений или при пересчёте на сухое вещество не соответствуют их процентным соотношениям в живых организмах.

С помощью БХА наглядно выявляются основные различия в интенсивности вовлечения элементов в биологический круговорот растениями разных систематических групп. Кроме того, использование суммарного показателя позволяет обнаружить повышенное (пониженное) накопление элементов каким-либо растением, которое часто не проявляется при изучении A_x отдельных элементов. Другой аспект анализа БХА (особенно $БХА_2$, рассчитанной на основании A_{x2}) – общая оценка интенсивности биогенной аккумуляции элементов в условиях конкретных ландшафтов.

Практические занятия

При выполнении заданий по теме студенты должны проделать следующие виды самостоятельной работы: рассчитать коэффициенты биологического поглощения (A_{x1} и A_{x2}) и БХА для двух видов растений;

построить ранжированные ряды биологического поглощения для каждого растения; сопоставить полученные ряды биогеохимического поглощения элементов с рядами А.И. Перельмана; выявить сходства и различия в интенсивности поглощения элементов рассмотренными растениями и растительностью суши.

Исходные данные. Для выполнения работы студентам представляются данные о содержании элементов в золе основных сельскохозяйственных культур Ростовской области, а также в почвах этого региона и кларки литосферы (табл. 10).

Таблица 10 – Среднее содержание химических элементов в золе основных сельскохозяйственных культур и почвах, мг/кг

Культуры	Элементы										
	Sr	Ti	Mn	Cr	V	Ni	Cu	Zn	Pb	Mo	B
Пшеница	141	63	1715	6,9	3,6	17,6	224	1087	16	2,3	57
Ячмень	106	104	847	4,3	3,5	4,4	135	653	27	18	51
Рис	100	600	4750	7,0	13,8	12,9	29	265	16	6,3	56
Горох	386	128	586	3,8	2,7	64	213	954	4	136	286
Люцерна	846	138	341	9,9	5,7	8,8	96	269	26	12	553
Суданская трава	400	230	500	24	22	9	100	390	38	9	219
Капуста	333	85	200	7,1	3,0	9,7	41	163	37	3,7	367
Помидоры	300	394	957	3,1	6,3	11	112	203	13	2,0	171
Яблоки	361	246	358	13,7	3,3	12,7	195	215	13	1,5	800
Виноград	327	245	370	4,8	3,8	4,0	249	102	6,9	0,9	613
Почвы мира [1]	300	4600	850	200	100	40	20	50	10	2,0	10
Почвы Ростовской области	45,8	4745	725	61,9	96,0	41,0	34,8	84,3	24,0	0,9	50

Задание 1. Подсчёт коэффициентов биологического поглощения и БХА для двух растений.

Задание 2. Построение рядов биологического поглощения в виде неравенств, где по мере убывания A_x в числителе псевдодробь показан символ элемента, в знаменателе – величина A_{x1} и A_{x2} . Сравнение двух

рядов и выявление видовой и региональной биогеохимической специфики растений.

Задание 3. Сопоставить полученные ряды с рядами А.И. Перельмана. Для этого полученные значения A_x заносятся в таблицу, составленную в соответствии с таблицей интенсивности биологического поглощения А.И. Перельмана и показанную ниже (табл. 11).

Таблица 11 – Ряды биологического поглощения

Группы элементов	По А.И. Перельману	Для (растение 1)	Для (растение 2)
Энергичного накопления ($A_x=10-100$)	-		
Сильного накопления ($A_x=1-10$)	Sr, Zn, В		
Среднего захвата ($A_x=0,1-1$)	Mn, Ni, Cu, Pb, Mo		
Слабого и очень слабого захвата ($A_x<0,1$)	Ti, V, Cr		

Практическая работа № 6

ИНДЕКС АККУМУЛЯЦИИ

Между содержаниями подвижных форм элементов в почве и насыщенностью ими растительной ткани существует обычно прямая и чаще всего сильная зависимость. Для выявления взаимосвязей в системе «почва – растение» рассчитывается индекс аккумуляции (биоаккумуляции) (I_a), представляющий собой отношение содержания элемента в сухой массе растения к его валовому фоновому содержанию в почве [6]. Индекс аккумуляции отражает долю подвижных, усваиваемых растением форм микроэлементов в почве, и его нельзя непосредственно сравнивать с коэффициентом биологического поглощения, учитывающим концентрацию микроэлементов в золе растений. В целом, растения, как корни, так и надземная часть, характеризуются невысокими индексами аккумуляции тяжёлых металлов ($I_a < 1$). Некоторые виды растений или их отдельные органы отличаются широким диапазоном значений индексов аккумуляции, например, корни осоки, злаков, полыни [20].

Практические занятия

Необходимо рассчитать индексы аккумуляции химических элементов для двух сельскохозяйственных культур Ростовской области, затем построить ранжированные ряды полученных величин для каждого растения, сравнить их и описать в выводах выявленные различия. Для расчёта следует выбирать растения, относящиеся к разным культурам: зерновым и кормовым, например, пшеница и суданская трава.

Исходные данные. Для выполнения работы студентам представляются данные о содержании элементов (на сухую массу) в товарной части сельскохозяйственных культур и почвах Ростовской области (табл. 12).

Таблица 12 – Среднее содержание химических элементов в сельскохозяйственных культурах и почвах, мг/кг

Культуры	Элементы									
	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	V	As	Mn	Ni
Пшеница	0,01	0,06	0,63	27,1	4,64	0,16	0,05	0,11	44,4	0,34
Ячмень	0,01	0,07	0,64	27,2	4,46	0,17	0,05	0,1	43,1	0,34
Рожь	0,007	0,06	0,40	30,09	7,25	0,16	0,01	0,09	37,7	0,29
Кукуруза	0,08	0,06	0,57	29,89	3,53	0,14	0,04	0,1	29,1	0,31
Подсолнечник	0,01	0,07	0,69	26,14	6,12	0,16	0,05	0,11	30,2	0,25
Люцерна	0,02	0,13	1,58	28,77	3,64	0,21	0,21	0,16	85,2	0,4
Суданская трава	0,019	0,12	1,54	29,81	3,67	0,25	0,22	0,18	92,33	0,38
Эспарцет	0,017	0,11	1,58	30,9	3,8	0,28	0,31	0,14	102,3	0,57
Почвы	0,13	0,22	24,0	84,3	34,8	61,9	96,0	4,76	725	41,0

Задание 1. Подсчёт индекса аккумуляции производится по формуле:

$$I_a = C_p / C_n \quad (9)$$

где I_a – индекс аккумуляции; C_p – содержание химического элемента в растении, мг/кг; C_n – содержание химического элемента в почве, мг/кг.

Задание 2. Построение рядов индекса аккумуляции, как это описано в предыдущей работе. Сравнение двух рядов и выявление видовой и региональной биогеохимической специфики растений.

Задание 3. Сравнение двух рядов и выявление видовой специфики растений и их способности к биоаккумуляции.

Практическая работа № 7

ПЫЛЕВАЯ НАГРУЗКА

При определении суммарного прихода твёрдого вещества, связанного с выпадением аэрозольных частиц, применяется особый геохимический показатель атмосферной нагрузки – количество твёрдых выпадений, поступающих на единицу площади в единицу времени. Он называется «*пылевая нагрузка*» (P_n), т.к. поступление твердого вещества оценивается по массе пыли в снеговых пробах, и измеряется в кг/м² в сутки [3]. Расчёт нагрузок проводится по формуле:

$$P_n = \frac{P}{S \times t},$$

где P – масса пыли в пробе, кг; S – площадь шурфа, м²; t – время (в сутках), прошедшее с момента установления снежного покрова.

Суммарный приход твердого вещества используется в дальнейшем при определении поступления конкретных химических элементов в ландшафты воздушным путем. На его основе рассчитывается, прежде всего, *имиссия* (D , мг/м² в сутки), создаваемая поступлением химического элемента в окружающую среду:

$$D = C \times P_n, \quad (10)$$

где P_n – среднесуточная пылевая нагрузка, кг/км²; C – концентрация элемента в снеговой пыли, мг/кг [8].

Кроме того, рассчитывается *коэффициент превышения выпадений над фоном* K_d :

$$K_d = D/D_\phi, \quad (11)$$

где D_ϕ – фоновая имиссия, т.е. аэрогенное поступление элемента на удалённых от источников загрязнения атмосферного воздуха территориях.

Практические занятия

Практические занятия предусматривают определение имиссии и коэффициента превышения выпадений над фоном в нескольких пунктах опробования и их сравнительный анализ.

Исходные материалы. Основой для выполнения задания выступают данные о среднесуточной пылевой нагрузке в городах Ростовской области и концентрации ряда элементов в атмосферной пыли урболандшафтов по В.В. Приваленко (1993) и аналогичные показатели агроландшафтов Красносулинского, Кагальницкого и Цимлянского районов Ростовской области [5].

Задание 1. Расчёт имиссии для урбо- и агроландшафтов проводится с использованием данных таблиц 13 и 14 по формуле (10). Рекомендуется определять показатели по двум-трём городам и одному сельскому району с последующим их сравнением.

Таблица 13 – Среднесуточная пылевая нагрузка на урбо- и агроландшафты Ростовской области, кг/км²

Пункты опробования	P _n	Пункты опробования	P _n
Вешенская (фон)	13	Ростов-на-Дону	831
Волгодонск	1033	Таганрог	540
Зверев	582	Шахты	281
Каменск-Шахтинский	1164	Кагальницкий р-н	130
Красный Сулин	498	Красносулинский р-н	218
Морозовск	442	Цимлянский р-н	118

Таблица 14 – Концентрация химических элементов в атмосферной пыли, мг/кг

Пункты опробования	Химические элементы						
	Cr	Ni	V	Mn	Zn	Pb	Cu
ст. Вешенская (фон)	8	5,4	9	510	73	9	46
г. Волгодонск	80	57	75	350	100	73	74
г. Зверев	58	36	60	501	550	79	102
г. Каменск-Шахтинский	300	79	130	555	840	450	220
г. Красный Сулин	95	48	32	800	621	64	110
г. Морозовск	81	33	75	320	412	71	92
г. Ростов-на-Дону	354	49	99	442	2607	765	574

Пункты опробования	Химические элементы						
	Cr	Ni	V	Mn	Zn	Pb	Cu
г. Таганрог	430	82	72	721	929	422	230
г. Шахты	361	86	152	421	680	386	264
Кагальницкий район	60	40	63	280	206	56	160
Красносулинский район	100	130	63	360	574	251	57
Цимлянский район	40	40	100	500	400	40	100

Задание 2. Заключение. Сопоставить рассчитанные данные и объяснить полученные результаты, исходя из информации о загрязнении атмосферы на рассматриваемых участках и об экологической ситуации в целом на их территории. Сравнить результаты с материалами Экологического атласа Ростовской области (2000).

Практическая работа № 8

ТЕХНОФИЛЬНОСТЬ И ДЕСТРУКЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ

Вовлечение химических элементов в циклы техногенной миграции характеризует ряд показателей. Среди них следует отметить *технофильность элемента* (T_x). По определению А.И. Перельмана (1975), этот показатель фиксирует соотношение и связи между использованием химического элемента человечеством и распространённостью в земной коре. Критерием использования выбрана величина его добычи.

Технофильность рассчитывается по формуле:

$$T_x = D / K, \quad (12)$$

где D – ежегодная добыча этого элемента, тонны; K – его кларк в литосфере, %.

Таким образом, технофильность характеризует добычу элемента в единицах кларков.

Как отмечают Н.С. Касимов и Д.В. Власов (2012), этот показатель не имеет физического смысла, так как измеряется в т/%, но его можно использовать в качестве информационного коэффициента, отражающего ту или иную степень регулирующей роли кларка в различные этапы технологического развития общества. Одни элементы человечество извлекает из руд пропорционально их среднему содержанию в земной коре (Cd, Hg, U, Mo, Ti), для других элементов такая зависимость отсутствует. Огромная контрастность (от $n \times 10^4$ до $n \times 10^{11}$) и динамичность (высокая вариабельность объёма добычи) технофильности позволяет использовать её в качестве одного из общих показателей техногенеза.

Технофильность можно рассчитывать для всего мира, группы стран, отдельной страны (региональная технофильность). Естественно, она очень

динамична. Рост технофильности свидетельствует об увеличении интенсивности вовлечения изучаемого элемента в техногенную миграцию по сравнению с другими (если сравнивается технофильность разных элементов) или в координате времени (если сравнивается технофильность одного и того же элемента в разные периоды).

Первые расчёты технофильности, проведённые А.И. Перельманом с использованием данных о мировой добыче химических элементов на середину 1960-х гг., показали максимальную технофильность углерода за счёт его колоссальной концентрации в горючих ископаемых, а также в алмазах, графите и известняке. Низкая технофильность была характерна для малоиспользуемых тогда большинства редких элементов (Y, Ga, Nb, Be, Th). В конце 1980-х гг. выявилась новая тенденция – рост технофильности Cl, Si, I, B, P (фосфорные удобрения). Развитие космической техники, электроники, теплоэнергетики в 5-10 раз увеличило технофильность редких металлов (Th, In, Nb, Hf, Ge). Самые яркие тенденции первого десятилетия XXI века – увеличение более чем в 5 раз технофильности ультрамикроредких элементов Pt, Pd, а также Re, In, V, Mg и Si, снижение технофильности Hg [7].

Другой аспект связан с оценкой степени опасности элементов, вовлекаемых при техногенезе в природную среду, для живого вещества в биосфере. Для её количественной характеристики М.А. Глазовской (1976) введено понятие о *деструкционной активности элементов техногенеза* (D_x). Этот показатель рассчитывается по формуле:

$$D_x = T_x / B_x, \quad (13)$$

где T_x и B_x – технофильность и биофильность (кларк концентрации в живом веществе) химического элемента.

Этот показатель, так же, как и технофильность, непостоянен во времени и может расти с увеличением добычи элемента. Чем больше технофильность элемента и меньше его биофильность, т.е., чем больше величина деструкционной активности, тем опаснее он для живого

вещества. В настоящее время максимальной D отличается ртуть; к элементам с очень слабой D относятся такие биофилы, как кальций, магний, калий.

Практические занятия

Исходные материалы. Для выполнения работы студентам предоставляются данные о величине ежегодной мировой добычи (по данным 1960-х гг.), кларке литосферы (по А.П. Виноградову) и биофильности десяти элементов (табл. 15).

Задание 1. Рассчитать для каждого элемента величины T_x и D_x .

Задание 2. Сгруппировать полученные значения в ранжированные ряды по убыванию каждого показателя.

Таблица 15 – Кларк, ежегодная добыча и биофильность химических элементов

Элементы	Кларк, %	Добыча (D), т/год	Биофильность, B_x
Вариант 1			
C	$2,7 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^9$	780
Na	2,5	5×10^7	8×10^{-3}
S	$4,7 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^7$	1
K	2,5	10^7	0,12
Cr	$8,3 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^6$	8×10^{-3}
Fe	4,65	$3,1 \times 10^8$	2×10^{-3}
Co	$1,8 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^4$	$2,2 \times 10^{-2}$
Cu	$4,7 \times 10^{-3}$	$4,7 \times 10^6$	$6,8 \times 10^{-2}$
Cs	$3,7 \times 10^{-4}$	1	$1,6 \times 10^{-2}$
U	$2,5 \times 10^{-4}$	3×10^4	$3,2 \times 10^{-3}$
Вариант 2			
Mg	1,87	$1,9 \times 10^6$	2×10^{-2}
Cl	$1,7 \times 10^{-2}$	5×10^7	1,1
Ca	2,96	$2,4 \times 10^9$	0,17
Ni	$5,8 \times 10^{-3}$	4×10^5	$1,3 \times 10^{-2}$
Ga	$1,9 \times 10^{-3}$	2,6	10^{-3}
Rb	$1,5 \times 10^{-2}$	2×10^3	$1,3 \times 10^{-2}$
Sr	$3,4 \times 10^{-2}$	9×10^8	6×10^{-2}
Ba	$6,5 \times 10^{-2}$	2×10^6	$1,3 \times 10^{-2}$
W	$1,3 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^4$	$1,7 \times 10^{-2}$
Pb	$1,6 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^6$	6×10^{-2}

Элементы	Кларк, %	Добыча (D), т/год	Биофильность, B_x
Вариант 3			
Li	$3,2 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^2$	$1,7 \times 10^{-2}$
F	$6,6 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^6$	7×10^{-3}
Al	8,05	$5,6 \times 10^6$	5×10^{-4}
Si	29,5	$2,4 \times 10^9$	6×10^{-3}
Mn	0,1	6×10^6	$9,6 \times 10^{-2}$
Br	$2,1 \times 10^{-4}$	10^5	0,7
Zr	$1,7 \times 10^{-2}$	10^5	$1,7 \times 10^{-2}$
Mo	$1,1 \times 10^{-4}$	$4,4 \times 10^4$	0,18
Cd	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^4$	$1,5 \times 10^{-2}$
Hg	$8,3 \times 10^{-6}$	$8,3 \times 10^3$	6×10^{-2}
Вариант 4			
B	$1,2 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^5$	0,8
P	$9,3 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^7$	0,75
Ti	0,45	$4,5 \times 10^5$	$2,8 \times 10^{-3}$
V	9×10^{-3}	$7,2 \times 10^3$	6×10^{-3}
Zn	$8,3 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^6$	0,24
As	$1,7 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^4$	$3,5 \times 10^{-2}$
Ag	7×10^{-6}	7×10^3	0,17
Sn	$2,5 \times 10^{-4}$	2×10^5	4×10^{-2}
Sb	5×10^{-5}	5×10^4	4×10^{-3}
La	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^2$	10^{-2}

Задание 3. Выделить группы элементов по близким значениям технофильности и деструкционной активности и объяснить в заключении полученные результаты.

Практическая работа № 9

СУММАРНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

Поскольку техногенные аномалии обычно имеют полиэлементный состав, для них рассчитываются *суммарный показатель загрязнения Z_c* (СПЗ), характеризующий эффект воздействия группы элементов. Показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1), \quad (14)$$

где K_c – коэффициент концентрации, который рассчитывается как отношение содержания элемента в исследуемом объекте C к среднему фоновому его содержанию C_f : $K_c = C/C_f$, причем $K_c > 1$; n – число учитываемых аномальных элементов [3].

Суммарные показатели загрязнения рассчитываются для различных компонентов ландшафта – почв, снега, донных отложений. Этот показатель может определяться как для содержания в отдельной пробе, так и для участка территории (района, функциональной зоны, очага ореола). В последнем случае исследование ведется по геохимическим выборкам.

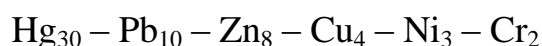
Анализ распределения геохимических показателей, получаемых в результате опробования почв по регулярной сети, дает пространственную структуру загрязнения селитебных территорий и воздушного бассейна с наибольшим риском для здоровья населения. Оценка опасности загрязнения почв комплексом элементов по показателю Z_c проводится по оценочной шкале, градации которой разработаны на основе изучения показателей состояния здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв (табл. 16).

Каждая выборка может быть представлена в виде набора относительных характеристик аномальности химических элементов. Такой набор позволяет дать качественную и количественную оценку

Таблица 16 – Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения [11]

Категория загрязнения почв	Величина Z_c	Изменение показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16–32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32–128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

геохимической ассоциации исследуемого объекта. Например, городская ассоциация может быть представлена следующей формулой накапливающихся элементов:



(цифровые индексы около символов элементов представляют собой коэффициенты концентрации K_c).

Практические занятия

Исходные данные. Студентам предоставляется информация о содержании десяти химических элементов в верхнем почвенном горизонте на территории одного из крупных промышленных центров Юга России (табл. 17), а также схема расположения точек опробования верхнего почвенного горизонта (рис. 4).

Задание 1. Расчёт СПЗ по формуле с учётом следующих величин фоновых содержаний элементов: Mn – 700; Ni – 25; Co – 12; V – 100; Cr – 120; Mo – 1,8; Cu – 30; Pb – 25; Zn – 75; Sn – 3,3 мг/кг.

Таблица 17 – Содержание химических элементов в верхнем почвенном горизонте, мг/кг

№ про- филя	№ точки	Mn	Ni	Co	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn
Вариант 1											
1	1	500	30	8	80	150	1,5	30	20	100	3
	2	600	20	10	100	200	2	40	30	150	4
	3	600	20	10	100	500	4	100	150	500	10
	4	600	20	10	200	600	2	150	200	400	6
	5	600	20	8	150	400	3	200	200	600	8
	6	800	20	8	100	200	2	100	600	200	4
2	1	600	40	15	150	150	1,5	40	30	100	3
	2	600	20	10	150	300	2	300	150	500	10
	3	800	20	10	150	400	1,5	500	150	2000	10
	4	500	20	10	100	150	2	300	500	500	20
	5	1500	40	30	200	500	8	400	500	600	3
	6	2000	20	6	150	2000	4	150	100	800	20
3	1	600	20	8	100	200	1,5	60	80	1500	10
	2	600	30	8	200	150	1,5	500	400	1000	15
	3	1000	40	10	200	400	3	150	150	2000	100
	4	1000	20	10	150	600	3	400	1500	2000	200
	5	2000	20	8	150	800	4	1000	3000	1500	20
	6	2000	50	30	200	800	4	500	3000	3000	5
4	1	500	30	10	150	300	3	80	500	200	3
	2	1500	20	15	300	500	2	200	300	500	30
	3	800	50	20	300	1000	4	400	800	2000	15
	4	2000	30	20	150	1000	10	1000	1500	2000	40
	5	3000	80	30	300	2000	15	1000	1500	2000	100
	6	2000	60	30	400	1500	10	1000	1500	3000	200
5	1	800	20	8	100	150	3	40	40	200	4
	2	1500	30	15	200	300	5	100	300	500	10
	3	800	20	10	100	300	1,5	400	600	400	10
	4	3000	40	20	400	1000	15	1000	1500	800	30
	5	1000	80	20	200	2000	3	200	150	800	20
	6	600	20	10	150	300	6	300	1000	500	30
6	1	600	30	10	100	200	2	30	30	60	3
	2	800	30	8	150	200	2	50	60	150	3
	3	500	20	10	150	600	10	40	50	300	60
	4	600	30	15	100	200	3	200	150	800	6
	5	800	20	8	150	800	2	300	100	500	5
	6	800	30	20	300	400	1,5	200	300	200	15

Продолжение таблицы 17

№ про- филя	№ точки	Mn	Ni	Co	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn
Вариант 2											
1	1	600	20	15	100	300	1,5	60	80	200	4
	2	500	30	20	200	400	2	80	100	300	5
	3	800	50	30	400	500	2	100	150	500	8
	4	600	20	8	200	400	8	150	300	800	15
	5	800	60	30	300	1000	6	500	500	800	60
	6	1000	40	20	400	1500	10	400	600	1000	40
2	1	400	40	15	80	300	3	60	80	200	6
	2	500	30	15	150	800	1,5	200	300	300	10
	3	1000	30	15	300	1000	6	200	300	1000	5
	4	3000	80	20	300	2000	15	500	1500	2000	100
	5	2000	30	20	150	1000	10	1000	1500	2000	40
	6	1000	30	20	150	1000	3	300	1500	300	30
3	1	600	20	8	100	400	2	300	200	300	8
	2	600	30	15	200	300	4	400	600	300	4
	3	3000	80	30	300	2000	15	1000	1500	2000	100
	4	2000	20	8	150	800	4	1000	3000	1500	20
	5	1000	30	10	200	1000	6	500	1500	3000	60
	6	1500	20	15	150	400	5	200	400	3000	100
4	1	800	30	10	150	300	4	150	300	500	10
	2	800	30	20	150	400	3	150	1000	400	8
	3	800	30	10	200	1000	5	500	1000	2000	60
	4	2000	40	30	300	800	4	500	1000	500	60
	5	1500	30	20	400	2000	10	400	800	400	100
	6	500	30	10	150	150	1,5	80	500	150	3
5	1	1000	60	15	500	300	6	200	800	1000	6
	2	500	40	20	150	600	5	400	200	1500	40
	3	600	20	8	100	400	15	60	80	200	40
	4	600	20	15	200	500	2	300	200	200	5
	5	600	30	10	150	200	1,5	40	100	300	3
	6	1000	20	8	100	200	1,5	100	60	600	3
6	1	600	30	8	150	200	2	300	500	800	8
	2	1500	30	15	200	300	5	100	300	500	10
	3	1000	20	10	100	400	2	100	400	300	4
	4	1500	30	15	150	500	2	60	80	150	3
	5	800	30	8	150	200	2	50	60	150	3
	6	600	20	15	100	200	1,5	60	40	300	3

№ про- филя	№ точки	Mn	Ni	Co	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn
Вариант 3											
1	1	1000	40	10	100	300	8	400	1000	2000	200
	2	1500	40	20	400	3000	8	400	1000	3000	60
	3	600	20	20	150	200	3	150	1000	800	15
	4	1000	40	20	300	500	5	100	200	1000	20
	5	800	40	15	200	300	1,5	300	150	500	6
	6	600	30	10	150	200	1,5	40	100	300	3
2	1	1000	50	30	300	1500	6	300	3000	3000	15
	2	1000	60	10	300	1500	5	400	1000	3000	100
	3	1000	50	20	300	1500	8	200	600	800	20
	4	500	20	6	100	150	4	500	300	600	4
	5	800	50	8	150	400	3	400	100	300	4
	6	1500	30	15	150	500	2	60	80	150	3
3	1	1500	40	30	200	800	8	500	3000	1000	20
	2	1500	40	15	400	3000	10	500	1000	3000	60
	3	800	30	20	200	600	3	500	600	800	20
	4	800	20	10	150	400	2	40	60	1000	8
	5	800	30	15	200	200	1,5	300	100	300	4
	6	1000	40	15	150	300	3	60	100	400	4
4	1	2000	60	30	400	1500	10	1000	1500	3000	200
	2	1500	30	15	300	1000	6	1000	800	3000	100
	3	600	50	8	100	400	6	300	800	1000	10
	4	1000	40	20	300	500	6	60	200	600	3
	5	500	20	10	150	400	2	150	200	500	3
	6	1000	20	8	100	200	1,5	100	60	600	3
5	1	1500	40	20	200	1500	1,5	200	500	3000	6
	2	800	20	6	100	200	2	150	300	2000	60
	3	800	20	8	200	400	6	500	1000	800	15
	4	800	30	10	150	300	10	60	150	300	10
	5	1000	20	10	100	400	2	100	400	300	4
	6	1500	20	10	100	400	1,5	60	80	300	3
6	1	600	30	10	300	600	5	1000	100	1500	100
	2	1000	30	20	150	1000	3	300	1500	300	30
	3	800	20	8	100	600	4	400	100	150	10
	4	500	20	8	100	300	3	50	80	200	3
	5	800	30	10	150	300	2	50	60	200	4
	6	600	20	10	100	400	2	100	80	200	6

. 1-1	. 1-2	. 1-3	. 1-4	. 1-5	. 1-6
. 2-1	. 2-2	. 2-3	. 2-4	. 2-5	. 2-6
. 3-1	. 3-2	. 3-3	. 3-4	. 3-5	. 3-6
. 4-1	. 4-2	. 4-3	. 4-4	. 4-5	. 4-6
. 5-1	. 5-2	. 5-3	. 5-4	. 5-5	. 5-6
. 6-1	. 6-2	. 6-3	. 6-4	. 6-5	. 6-6

Рисунок 4 - Схема расположения точек опробования верхнего почвенного горизонта

Задание 2. Построение схемы районирования территории по величине Z_c и выделение зон с различными категориями загрязнения на основе рисунка 4 с использованием изолиний 16, 32, 128.

Задание 3. Описание полученной схемы: размещение зон различного уровня загрязнения; их морфология (изометрическая, вытянутая); площадь (в процентах от общей площади территории).

Задание 4. Составление геохимической формулы для отдельной точки опробования.

Практическая работа № 10

СУММАРНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГА. ВРЕМЕННОЙ ХАРАКТЕР ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Аэрогенное загрязнение принято характеризовать суммарным показателем загрязнения не только почвы, но и снегового покрова. В соответствии с существующей методикой выделяют три уровня загрязнения (табл. 18).

Таблица 18 – Ориентировочная шкала оценки аэрогенных очагов загрязнения по Z_c снегового покрова [3]

Уровень загрязнения		
средний	высокий	очень высокий
64–128	128–256	> 256

При анализе карт суммарных показателей загрязнения почвы и снегового покрова возможно выделение на территории участков с устойчивым, реликтовым и современным загрязнением. **Устойчивое** загрязнение характеризуется одинаковой интенсивностью накопления металлов в почве и снеговом покрове. Как правило, площади с этим типом загрязнения располагаются вблизи его источников, действующих до настоящего времени. **Реликтовое** загрязнение фиксируется по большей загрязненности почвенного покрова по сравнению со снеговым. Для этого типа загрязнения источник поступления химических элементов либо уже прекратил существование, либо в настоящее время не вносит существенного вклада в загрязнение воздушного бассейна. Являясь остаточным, реликтовое загрязнение может представлять опасность как источник вторичного загрязнения приземных слоев атмосферного воздуха. **Современное** загрязнение, сопровождаемое более интенсивным накоплением металлов в снеговом покрове по сравнению с почвой, носит прогрессирующий характер. Очевидно, что оно связано с ныне действующими источниками загрязнения.

Практические занятия

Исходные материалы. Данные о площадном распределении суммарного показателя загрязнения снега на изучаемой территории (табл. 19).

Таблица 19 – Величины Z_c снега в точках опробования

№ про- филя	№ точки	Номер варианта					
		1	2	3	4	5	6
1	1	28	19	188	236	27	165
	2	15	27	215	274	56	131
	3	19	48	183	238	78	111
	4	23	65	162	295	85	75
	5	24	69	151	300	131	44
	6	39	74	140	312	183	39
2	1	17	48	198	212	13	174
	2	21	46	260	262	44	159
	3	25	35	263	241	79	123
	4	30	47	205	248	123	59
	5	29	71	192	260	169	17
	6	41	82	171	270	205	21
3	1	58	56	120	181	19	201
	2	47	68	155	174	35	192
	3	64	75	285	168	192	117
	4	67	79	300	193	235	75
	5	81	87	280	162	308	28
	6	88	94	225	173	294	54
4	1	79	119	98	148	27	226
	2	84	127	75	131	32	270
	3	96	145	154	115	105	192
	4	112	170	195	80	198	67
	5	138	210	206	79	260	38
	6	150	163	187	101	281	12
5	1	126	171	26	196	48	281
	2	145	195	19	120	56	293
	3	160	263	25	59	121	213
	4	193	267	36	53	174	189
	5	220	270	49	35	295	67
	6	268	216	68	28	217	19
6	1	149	240	31	100	67	307
	2	167	258	29	108	72	302
	3	197	286	17	49	97	168
	4	235	220	30	45	98	113
	5	279	205	43	37	162	71
	6	284	183	47	14	175	43

Задание 1. Построение схемы районирования территории по величине Z_c на основе рисунка 4 и выделение зон с различными категориями загрязнения с использованием изолиний 64, 128, 256.

Задание 2. Сравнение полученных схем загрязнения почвенного покрова и атмосферного воздуха и выделение зон, различных по временному характеру загрязнения.

Практическая работа № 11

КОЭФФИЦИЕНТ ДОННОЙ АККУМУЛЯЦИИ

Для оценки состояния водного объекта по загрязненности донных отложений используют *коэффициент донной аккумуляции* (КДА), который рассчитывается по формуле:

$$КДА = C_{до} / C_{вода}, \quad (15)$$

где $C_{до}$ – содержание вещества в донных отложениях, мг/кг сухого остатка; $C_{вода}$ – содержание вещества в воде, отобранной одновременно в этом же створе, мг/дм³ [12].

Этот показатель применяется при оценке статуса экологического неблагополучия водных объектов, находящихся под интенсивным техногенным воздействием. Принято считать, что чем больше величина КДА, тем более сильному антропогенному прессингу подвергается водный объект. Однако использование лишь величины КДА, вне связи с концентрациями вещества в воде и донных отложениях, может привести к некорректным выводам. Необходимо учитывать, что при существенно различной нагрузке и степени загрязненности донных осадков КДА может принимать одинаковые значения. Поэтому необходимо обращать внимание и на концентрации загрязняющих веществ, их соотношение с фоном и ПДК. В общем случае, экологическое состояние водного объекта по КДА предложено оценивать на основе таблицы 20.

Таблица 20 – Оценка состояния водного объекта по КДА
(по [9, 10, 17] с добавлениями авторов)

Значения КДА	Экологическое состояние водного объекта
$< n \times 10$	Удовлетворительное
$n \times 10 - n \times 10^2$	Напряженное
$n \times 10^2 - n \times 10^3$	Критическое
$n \times 10^3 - n \times 10^4$	Кризисное
$> n \times 10^4$	Катастрофическое

На величину КДА влияют также природа загрязняющего вещества, его растворимость в воде, удельный вес, геоморфологические особенности водного объекта и т.д.

Практические занятия

Практические занятия предусматривают определение КДА тяжёлых металлов в донных отложениях различных участков рек и их сравнительный анализ.

Исходные материалы. Основой для выполнения задания являются результаты анализа микроэлементного состава донных отложений и вод малых рек Восточного Донбасса, полученные в ходе научных исследований под руководством В.Е. Закруткина.

Задание 1. Расчёт КДА проводится с использованием данных таблиц 21 и 22. Рекомендуется определять коэффициенты для устья и верховьев одной реки.

Задание 2. Определение экологического состояния рек по величине КДА.

Таблица 21 – Содержание тяжёлых металлов в донных отложениях малых рек, мг/кг

Реки	Металлы							
	Cr	Cd	Co	Mn	Cu	Ni	Pb	Zn
Атюхта, верховье	22,2	0,16	7,9	543,6	23,5	24,6	10,4	38,4
Атюхта, устье	19,0	0,35	13,1	657,3	54,5	35,1	19,5	78,3
Аюта, верховье	31,5	0,05	12,1	1092	27,6	34	12,4	43,6
Аюта, устье	12,6	0,06	9,7	3144	10,1	20,1	6,2	19,7
Б. Несветай, верховье	22,9	0,18	7,0	338,1	17,6	22,7	7,7	24,1
Б. Несветай, устье	13,0	0,12	3,9	241,6	10,5	13,2	4,4	14,8
Б. Гнилуша, верховье	19,3	0,09	8,9	1698	17,7	20,3	9,0	25,7
Б. Гнилуша, устье	36,0	0,05	18,6	2382	63,3	38,5	17,0	56,3
Грушевка, верховье	17,3	0,55	8,2	481,6	49,6	24,1	25,2	89,6
Грушевка, устье	19,3	0,36	9,3	1013	34,2	26,3	11,1	50,7
Кадамовка, верховье	13,0	0,19	7,4	2245	12,6	17,3	7,1	19,7
Кадамовка, устье	11,9	0,14	7,0	982,1	12,8	17,3	7,6	20,9
Кундрючья, верховье	23,3	0,11	9,5	2446	15,2	27,1	8,1	24,5
Кундрючья, устье	5,3	0,2	2,1	113,3	14,2	6,4	6,6	31,1
М. Несветай, верховье	18,4	0,06	18,3	932,1	21,2	33,8	12,8	53,6
М. Несветай, устье	29,3	0,07	13,5	1432	23,2	44,6	10,2	53,2

Таблица 22 – Содержание тяжёлых металлов в воде малых рек, мг/дм³

Реки	Металлы							
	Cr	Cd	Co	Mn	Cu	Ni	Pb	Zn
Атюхта, верховье	0,001	0,0017	0,001	0,675	0,011	0,009	0,004	0,016
Атюхта, устье	0,001	0,0018	0,001	1,065	0,019	0,024	0,001	0,017
Аюта, верховье	0,001	0,003	0,001	0,156	0,001	0,02	0,001	0,005
Аюта, устье	0,001	0,0006	0,001	0,159	0,006	0,002	0,001	0,008
Б. Несветай, верховье	0,002	0,0007	0,001	0,067	0,014	0,006	0,001	0,01
Б. Несветай, устье	0,001	0,0023	0,001	0,422	0,011	0,015	0,001	0,008
Б. Гнилуша, верховье	0,001	0,0014	0,001	0,072	0,01	0,003	0,008	0,005
Б. Гнилуша, устье	0,001	0,0016	0,004	0,166	0,014	0,001	0,01	0,029
Грушевка, верховье	0,002	0,0012	0,001	0,375	0,012	0,007	0,001	0,011
Грушевка, устье	0,001	0,0003	0,003	0,197	0,004	0,001	0,006	0,012
Кадамовка, верховье	0,001	0,0018	0,001	0,169	0,001	0,006	0,001	0,005
Кадамовка, устье	0,001	0,0022	0,001	0,061	0,011	0,016	0,001	0,005
Кундрючья, верховье	0,001	0,0014	0,001	0,05	0,008	0,006	0,007	0,005
Кундрючья, устье	0,001	0,002	0,001	0,157	0,12	0,014	0,001	0,02
М. Несветай, верховье	0,001	0,0009	0,001	0,225	0,009	0,005	0,001	0,007
М. Несветай, устье	0,003	0,0022	0,005	1,827	0,005	0,009	0,001	0,013

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов. Учебно-методическое пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 108 с.
- Гаврилова И.П., Касимов Н.С. Практикум по геохимии ландшафта. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 73 с.
- Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. - М.: Недра, 1990. – 335 с.
- Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. - М.: Высшая школа, 1988. – 324 с.
- Добровольский В.В. Основы биогеохимии. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
- Закруткин В.Е. Геохимия ландшафтов и техногенез. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. – 308 с.
- Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник МГУ. Сер. 5. География. – 2015. – №2. – С. 7–17.
- Касимов Н.С., Власов Д.В. Технофильность химических элементов в начале XXI века // Вестник МГУ. Сер. 5. География. – 2012. – №1. – С. 15–22.
- Перельман А.И. Геохимия ландшафта. – М.: Высшая школа, 1975. – 423 с.
- Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.
- Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. – М.: Астрейя, 1999. – 786 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
2. Гаврилова И.П., Касимов Н.С. Практикум по геохимии ландшафта. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 73 с.
3. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саев, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
4. Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. – Екатеринбург. – УрО РАН, 2009. – 382 с.
5. Закруткин В.Е., Коронкевич Н.И., Шишкина Д.Ю., Долгов С.В. Закономерности антропогенного преобразования малых водосборов степной зоны Юга России (в пределах Ростовской области). – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2004. – 252 с.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
7. Касимов Н.С., Власов Д.В. Технофильность химических элементов в начале XXI века // Вестник МГУ. Сер. 5. География. – 2012. – №1. – С. 15–22.
8. Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Власов Д.В., Терская Е.В. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы // Вестник МГУ. Сер. 5. География. – 2012. – №4. – С. 14–24.
9. Крамер Д.А. Оценка антропогенного воздействия на загрязнение донных отложений малых рек на примере г. Москвы. – Автореф. канд. дисс. – М., 2015. – 16 с.
10. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: ГНТУ Минприроды РФ, 1992. – 58 с.

11. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. – М., 1987. – 23 с.
12. Никаноров А.М., Страдомская А.Г. Хроническое загрязнение пресноводных объектов по данным о накоплении пестицидов, нефтепродуктов и других токсичных веществ в донных отложениях // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34. – №3. – С. 337–334.
13. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.
14. Приваленко В.В., Остроухова В.М., Домбровский Ю.А., Шустова В.Л., Базелюк А.А., Остробородько Н.П. Эколого-геохимические исследования городов Нижнего Дона. – Ростов/н Д.: Облкомприроды, 1993. – 268 с.
15. Р.52.24.763-2012. Рекомендации. Оценка состояния пресноводных экосистем по комплексу химико-биологических показателей. – Ростов н/Д.: ФГБУ ГХИ, 2012. – 22 с.
16. Савенко В.С. Биофильность химических элементов и её отражение в химии океана // Вестн. Моск. Ун-та. – 1997. – №1. – С. 3–7.
17. Соловов А.П., Гаранин А.В. Геохимические спектры аномалий и дискриминантный анализ /Литогеох. поиски руд. м-ний по их гипергенным ореолам и потокам рассеяния. - Алма-Ата, 1968.
18. Черненко М.Ю., Трощенко В.В. Геохимическая специализация магматических и осадочных пород Керчикской рудовмещающей структуры (Восточный Донбасс) // Вестник Южного научного центра. – 2012. – Т.8. – № 4. – С. 50–57.
19. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
20. Экогеохимия Западной Сибири. Тяжёлые металлы и радионуклиды / Н.А. Росляков, В.П. Ковалев, Ф.В. Сухоруков и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ, 1996. – 248 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Практическая работа № 1. <i>Кларки концентрации и рассеяния.</i> <i>Геохимические спектры</i>	5
Практическая работа № 2. <i>Талассофильность</i>	12
Практическая работа № 3. <i>Изучение геохимической структуры ландшафта. Коэффициенты радиальной и латеральной дифференциации</i>	15
Практическая работа № 4. <i>Коэффициент водной миграции</i>	23
Практическая работа № 5. <i>Коэффициент биологического поглощения</i>	26
Практическая работа № 6. <i>Индекс аккумуляции</i>	32
Практическая работа № 7. <i>Пылевая нагрузка</i>	34
Практическая работа № 8. <i>Технофильность и деструкционная активность элементов</i>	37
Практическая работа № 9. <i>Суммарный показатель загрязнения почвы</i>	41
Практическая работа № 10. <i>Суммарный показатель загрязнения снега. Временной характер загрязнения</i>	47
Практическая работа № 11. <i>Коэффициент донной аккумуляции</i>	50
Рекомендуемая литература.....	53
Библиографический список.....	54

Подписано в печать 31.08.2016. Заказ № 5304.

Тираж 20 экз. Формат 60×84 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,0.

Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции
Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1. Тел. (863) 247-80-51.