Вестник Томского государственного университета. 2014. № 386. С. 193–200 DOI: 10.17223/15617793/386/33

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 502.17 (571.513)

Н.В. Архипова, Н.А. Макаренко, В.П. Парначёв, А.Л. Архипов

ЭКОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КЛАСТЕРНОГО УЧАСТКА «ОЗЕРО ИТКУЛЬ» ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ХАКАССКИЙ»

По результатам проведённых исследований экогеохимическое состояние почв и донных отложений в пределах водоохранных зон озера Иткуль оценивается как благоприятное. Уровень загрязнения почвенного покрова и донных отложений в окрестностях оз. Иткуль не выходит за рамки минимальных и низких значений суммарных показателей загрязнения и связан с природными, а не техногенными геохимическими аномалиями.

Ключевые слова: озеро Иткуль; почвы; уровень загрязнения; Республика Хакасия.

Кластерный участок «Озеро Иткуль» находится в Ширинском районе Республики Хакасия и имеет общую площадь 55,5 км^2. Он включает береговую зону и почти всю акваторию пресного озера Иткуль за исключением двух небольших «коридоров» в районе пос. Колодезный и бывшего совхоза Туимский (рис. 1). Достаточно полные сведения о геологических особенностях и гидрологическом режиме данной территории содержатся в изданиях [1–5 и др.].

Озеро Иткуль – одно из крупных пресных озёр Хакасии с площадью водной поверхности 23,2 км^2 и длиной береговой линии 15,3 км – является объектом повышенного внимания как многочисленных отдыхающих, так и экологов, особенно в связи с выделенным заповедным кластерным участком «Озеро Иткуль» [3, 4, 6–8]. В настоящее время оз. Иткуль приобретает важное рекреационное значение. Несмотря на то что значительная часть котловины озера входит в состав заповедника и доступ к озеру на автомобильном транспорте закрыт, желающие могут воспользоваться специально отведенными зонами отдыха. До введения заповедного режима (1991 г.) значительные площади участка были заняты пашней и естественными кормовыми угодьями. Сейчас, благодаря заповедному режиму, идет активное восстановление степной растительности. Вода озера считается чистой и используется для водоснабжения курорта «Озеро Шира» и пос. Колодезный Ширинского района.

Озеро расположено в 4,3 км юго-западнее курорта «Озеро Шира». Абсолютная отметка водного зеркала составляет 456,2 м. Западный и юго-западный берега озера заболочены, северный и восточный представлены аккумулятивными песчано-гравийными береговыми формами. Южный и северный борта озерной котловины крутые, с преобладающим куэстово-холмистым типом рельефа и абсолютными отметками до 650 м [9]. С юго-западной стороны в оз. Иткуль впадает р. Карыш и два ручья Харсуг и Шексуг, а вытекает один небольшой ручей Тушининский. В сухие годы этот ручей полностью пересыхает и оз. Иткуль становится бессточным.

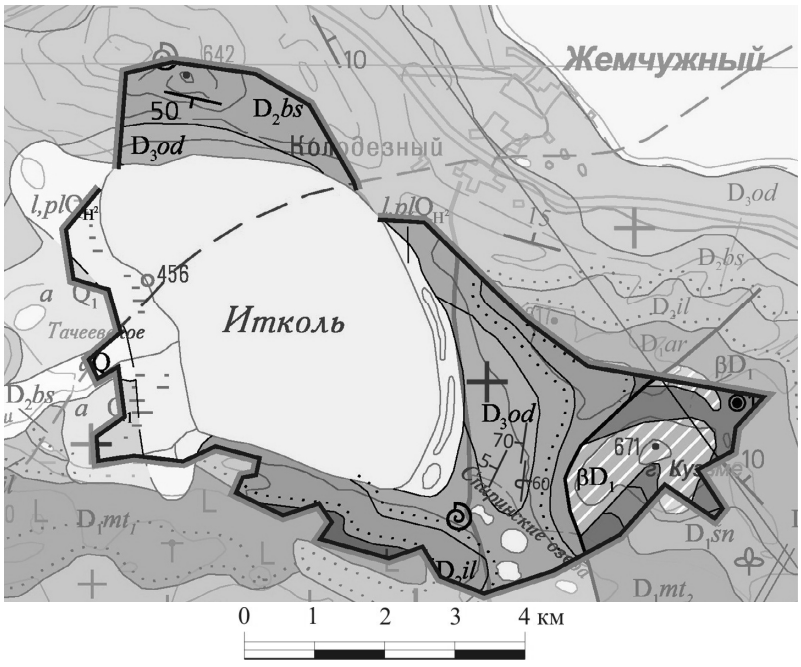

Рис. 1. Фрагмент геологической карты окрестностей оз. Иткуль по [11] с дополнениями авторов

Условные обозначения:

Гидрологический режим озера подвержен периодическим колебаниям и зависит от величины стока р. Карыш, рч. Харсуг и Шексуг, количества атмосферных осадков и притока подземных и грунтовых вод в котловину. Степень минерализации составляет 0,6–0,7 г/дм^3 [5]. Формула Курлова для воды озера Иткуль по данным Томского НИИКиФ [4] $M_{0,69}\frac{(HCO3 + CO3)\ 74\ \ SO4\ 19}{Mg\ 55\ Na\ 18\ Ca\ 16}$. Низкая минерализация (по сравнению с другими озёрами) объясняется расположением котловины озера преимущественно в карбонатных отложениях бейской свиты среднего девона [3]. Минерализованные водоёмы, как правило, находятся в красноцветных отложениях верхнего девона и нижнего карбона [5].

Почвенный покров озёрной котловины представлен разновидностями обыкновенных и южных черноземов в сочетании с солонцеватыми, солончаковыми и луговыми почвами [10].

В геологическом отношении котловина озера приурочена к крупной одноименной синклинальной структуре, осложняющей карбонатные отложения бейской и илеморовской свит среднего девона (рис. 1). В составе осадочных образований преобладают сероцветные известняки и мергели при подчиненном развитии известковых алевролитов и песчаников [3, 11, 12].

Особую роль в формировании геолого-структурной позиции котловины оз. Иткуль сыграла так называемая Иткульская флексура, кратко охарактеризованная И.В. Лучицким [13]. Влияние флексуры сказывается на появлении резкой асимметрии в строении сопряжённых тектонических структур – Иткульской синклинали и одноимённой антиклинали. Бейские слои в общем для вышеназванных структур крыле имеют крутое падение (около 40°), тогда как в других случаях углы падения не превышают 10–15°. Этот флексурообразный перегиб привёл к появлению в рельефе отчётливого структурно-денудационного уступа, отделяющего котловины озёр Иткуль и Шира.

Отметим, что непосредственная область перехода пологих и крутых залеганий слоёв, приуроченных к зоне сочленения известняков бейской и красноцветов ойдановской свит, перекрыта маломощным чехлом щебнистого делювия. Однако в 1972 г. после серии опустошительных июльских ливней, сопровождающихся бурными временными селеподобными потоками, в районе Спиринских озёр образовалась целая система глубоких (до 2–3 м) и протяжённых (до первых сотен метров) эрозионных рытвин, вскрывающих коренные породы, главным образом, ойдановской свиты. Это дало возможность Н.А. Макаренко и В.П. Парначёву установить структуру данного участка. На протяжении 100–150 м было обнаружено последовательное изменение углов падения слоистости от опрокинутого (60°) к крутому «нормальному» (70°) и очень пологому (5°), что нашло отражение на схематической геологической карте озёр Матарак и Шунет [14] и приведено на рис. 1. Таким образом, резкое несоответствие абсолютных отметок береговых линий рядом расположенных озёр Иткуль (456 м) и Шира (353 м) вполне логично объясняется тем, что котловина оз. Иткуль находится в приподнятом (по отношению к оз. Шира) неотектоническом блоке с амплитудой перемещения не менее 100 м, при этом главным элементом данного блока является Иткульская флексура.

В 2010 г. коллективом авторов издана монография, посвящённая природному комплексу участка «Озеро Иткуль» заповедника Хакасский [15], в которой систематизированы сведения о геологических, климатических, гидрологических, почвенных, флористических, фаунистических, ландшафтных особенностях Иткульского кластера. Вместе с тем проведённая в работе оценка факторов антропогенного воздействия на заповедную и сопредельную территорию касается главным образом рекреационной и «пирогенной» нагрузки на экосистему. Содержание токсичных поллютантов определялось лишь в снежном покрове. На протяжении четырёх лет (2007–2010 гг.) изучалась концентрация Pb, Cd, Hg, фторидов и Zn в снеговой воде. Сделан вывод о том, что средние концентрации этих элементов не достигают значений ПДК. Лишь в одной пробе зафиксировано повышенное содержание фторидов на уровне 1,06 ПДК.

В данном сообщении приводятся авторские неопубликованные материалы по содержанию поллютантов в почвенном покрове Иткульского кластера, полученные в результате экспедиционных и лабораторных исследований геоэкологического состояния природной среды Республики Хакасия, проводимых на протяжении ряда лет (1995–2001 гг.) коллективом сотрудников томских вузов и институтов в рамках хоздоговорных работ с государственными комитетами по охране окружающей среды и природных ресурсов Республики Хакасия.

Для оценки закономерностей пространственного распространения микроэлементов в пределах южной и юго-восточной части кластера нами было отобрано 33 представительные пробы почв. Собранный материал анализировался приближённо-количественным спектральным методом на 26 элементов в аккредитованной арбитражной лаборатории ФГУП «Берёзовгеология» (г. Новосибирск). Результаты изучения проб приведены в табл. 1. Сравнение проводилось с кларками элементов в почвах [16], фоновыми показателями, которые рассчитывались по методике, предложенной в [17], и ПДК.

Анализируя статистические характеристики, приведённые в табл. 1, по абсолютным значениям средних содержаний можно выделить три группы элементов. В первую группу входят элементы, средние содержания которых не превышают фоновых значений. К ним относятся титан, ванадий, ниобий, литий, иттрий, галлий, бериллий. Во вторую группу объединены элементы, для которых характерны превышения концентраций над фоном (Sr, Cu, Pb и Mo), а для нормируемых элементов – и над ПДК (Ba, V, Zn). В третью группу входят элементы, средние значения которых имеют околофоновые значения (марганец, никель, кобальт, цирконий, иттербий, цинк, олово). Три элемента превышают фоновые показатели в более чем 70% случаев – Sr, Sn и Mo.

В сравнении с кларками для почв околокларковые концентрации обнаруживают P и Ti. Повышенные содержания имеют Sr (1,6), V (1,8), Co (1,8), Li (3), Pb (1,4), Cu (2,5), Zn (1,5), и Mo (1,7). В скобках помещены кларки концентрации. Остальные элементы обнаруживают пониженные (по отношению к кларку) концентрации (K = 0,5–1,2). Суммарный показатель загрязнения (Z_c) по этим данным составляет 8,3 единицы, что даёт основание оценить уровень загрязнения как слабозагрязнённый (8–16 единиц) согласно существующим рекомендациям [18].

При сопоставлении ПДК с рядовыми анализами почв, включённых в выборку (33 пробы), общая доля аномальных (по отношению к ПДК) анализов составляет для Ba – 55% при максимуме 1 500 мг/кг (3 ПДК); V – 45% при максимуме 300 мг/кг (2 ПДК); Ni – 24% при максимуме 80 мг/кг (1,6 ПДК); Sn, Mo – 15% при максимуме 6 мг/кг (1,3 ПДК) и 6 мг/кг (1,5 ПДК) соответственно; Sr – 12% при максимуме 1 000 мг/кг (1,7 ПДК); Cu – 15% при максимуме 100 мг/кг (1,7 ПДК) и Zn – 45% при максимуме 100 мг/кг (1,4 ПДК).

Таблица 1

Статистические характеристики элементов в почвах водосборного бассейна оз. Иткуль (опробование 2000 г.)

Элементы и параметры	P	Ti	Mn	Ba	Sr	V	Ni	Co	Zr	Nb	Li	Y	Yb	Ga	Cu	Pb	Zn	Be	Sc	Sn	Ag	Mo
Количество проб в выборке	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Фоновое содержание, мг/кг	Нет свед.	6537,83	586,62	539,97	373,03	202,15	45,38	17,23	280,51	22,88	101,21	41,25	3,12	14,63	41,09	10,48	75,29	3,44	15,47	3,71	Нет свед.	2,70
Количество проб, превышающих фоновое содержание	–	0	22	19	24	6	17	15	21	15	7	5	15	20	16	16	17	7	17	24	–	29
Среднее, мг/кг	996,97	5909,09	669,70	636,36	478,79	179,09	47,58	17,79	294,85	20,85	91,21	37,27	3,24	13,30	49,03	14,24	73,03	2,74	18,24	3,94	0,05	3,45
ПДК	Нет свед.	Нет свед.	1500,00	500,00	600,00	150,00	50,00	50,00	Нет свед.	Нет свед.	Нет свед.	Нет свед.	Нет свед.	Нет свед.	60,00	36,00	70,00	Нет свед.	Нет свед.	4,50	Нет свед.	4,00
Минимум, мг/кг	300,00	2000,00	400,00	200,00	200,00	40,00	20,00	2,00	80,00	6,00	20,00	10,00	1,00	3,00	8,00	6,00	40,00	1,00	5,00	3,00	0,03	2,00
Максимум, мг/кг	4000,00	8000,00	1000,00	1500,00	1000,00	300,00	80,00	30,00	800,00	40,00	200,00	60,00	5,00	30,00	100,00	30,00	100,00	4,00	30,00	6,00	0,30	6,00

Таблица 2

Коэффициенты корреляции содержаний элементов в почвах водосборного бассейна оз. Иткуль

	P	Ti	Mn	Ba	Sr	V	Ni	Co	Zr	Nb	Li	Y	Yb	Ga	Cu	Pb	Zn	Be	Sc	Sn	Ag	Mo
P	1,00																					
Ti	–0,10	1,00																				
Mn	–0,13	0,41	1,00																			
Ba	–0,01	0,30	0,51	1,00																		
Sr	0,06	0,24	0,36	0,18	1,00																	
V	–0,04	0,53	0,56	0,21	0,05	1,00																
Ni	–0,06	0,48	0,20	0,01	–0,04	0,52	1,00															
Co	–0,13	0,67	0,53	0,24	–0,04	0,71	0,66	1,00														
Zr	–0,16	0,46	0,28	0,33	0,21	0,17	–0,04	0,10	1,00													
Nb	–0,11	0,60	0,54	0,41	0,27	0,38	0,28	0,46	0,41	1,00												
Li	0,00	0,40	0,31	0,47	–0,10	0,41	0,49	0,47	0,35	0,45	1,00											
Y	0,08	0,58	0,52	0,56	0,12	0,51	0,45	0,59	0,45	0,42	0,57	1,00										
Yb	–0,03	0,56	0,53	0,43	0,12	0,65	0,72	0,65	0,29	0,58	0,65	0,68	1,00									
Ga	–0,03	0,38	0,73	0,52	0,27	0,67	0,49	0,56	0,20	0,37	0,51	0,56	0,71	1,00								
Cu	0,33	0,25	0,31	0,39	–0,01	0,54	0,48	0,28	0,13	0,30	0,63	0,48	0,68	0,56	1,00							
Pb	–0,03	0,05	0,29	0,50	0,25	0,02	0,34	–0,04	0,01	0,07	0,39	0,33	0,44	0,53	0,43	1,00						
Zn	0,10	0,31	0,53	0,48	0,29	0,45	0,58	0,40	–0,01	0,30	0,50	0,49	0,75	0,70	0,64	0,67	1,00					
Be	–0,26	0,39	0,39	0,19	–0,09	0,62	0,46	0,65	0,17	0,34	0,50	0,51	0,60	0,33	0,39	–0,01	0,36	1,00				
Sc	0,14	0,59	0,38	0,26	0,13	0,63	0,74	0,59	0,36	0,46	0,68	0,59	0,87	0,58	0,69	0,36	0,66	0,57	1,00			
Sn	–0,04	0,20	0,42	0,31	0,14	0,54	0,50	0,31	0,13	0,13	0,56	0,51	0,60	0,69	0,58	0,58	0,68	0,50	0,59	1,00		
Ag	–0,05	–0,04	0,20	0,07	0,10	0,15	–0,05	0,10	–0,28	–0,13	–0,23	–0,11	–0,04	0,35	–0,12	0,21	0,21	–0,29	–0,14	0,16	1,00	
Mo	0,17	0,04	0,14	0,07	0,25	0,13	0,16	0,10	0,00	–0,07	0,03	0,16	0,08	0,18	0,33	0,06	0,10	–0,15	0,09	0,04	–0,05	1,00

Условные обозначения :

n = 33 Количество проб	**a = 0,05** Уровень значимости	**k = 0,34** Значимый коэффициент	**менее 0,34** Не значимые коэффициенты		**0,34–0,51** Малозначимые коэффициенты		**0,51–0,69** Среднезначимые коэффициенты		**0,70 и более** Высокозначимые коэффициенты

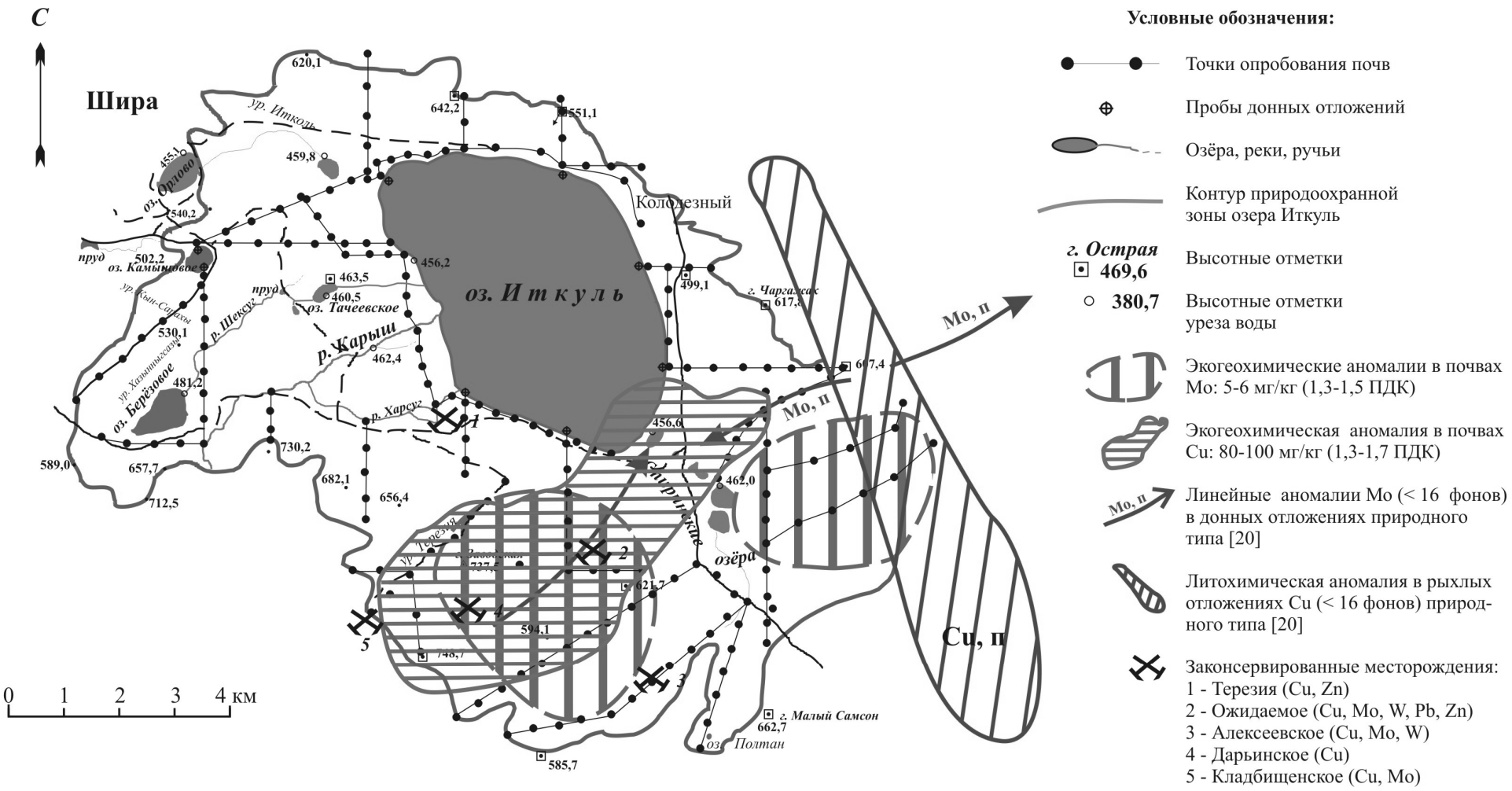

Рис. 2. Схема опробования почв, донных отложений и размещения аномалий в пределах водосборного бассейна оз. Иткуль

Если принять за основу значения коэффициентов опасности, выявленных для вышеперечисленных восьми элементов, то суммарный показатель загрязнения (Z_c) будет составлять 7,2; т.е. при максимальных оценках уровень загрязнения прибрежной зоны оз. Иткуль оценивается как допустимый (< 8 единиц).

Анализируя корреляционную матрицу микроэлементов в почвах природоохранных зон (табл. 2), можно сказать, что при определённом количестве проб (в нашем случае 33) и уровне значимости ($\alpha = 0,05$) значимый коэффициент k = 0,34 (критические значения коэффициента корреляции по Ю.Г. Шестакову [19]). Наиболее тесные (высокозначимые) положительные корреляционные связи с коэффициентом корреляции k > 0,70 имеют Yb – Ni – Ga – Zn – Sc; Ga – Mn – Yb – Zn; V – Co и Mn – Co. Фосфор и молибден не имеют значимых связей ни с одним из рассматриваемых элементов. Серебро и стронций имеют по одной малозначимой связи. Никель имеет средний положительный коэффициент корреляции с ванадием и цинком. Свинец тесно коррелирует (положительные среднезначимые связи) с галлием, цинком и оловом. Барий обнаруживает среднезначимые положительные связи с марганцем, иттрием и галлием. Ванадий даёт среднезначимые положительные коэффициенты корреляции с десятью элементами, иттрий, иттербий и скандий имеют по девять связей с другими элементами. Ни один элемент не обнаруживает значимых отрицательных связей.

Сопоставление общей картины распределения тяжёлых металлов с опубликованной в [15] картосхемой почвенного покрова Иткульского кластера показывает, что повышенные концентрации микроэлементов зафиксированы во многих разновидностях южных и обыкновенных чернозёмах, а также в луговых, черноземно-луговых, аллювиально-дерновых и примитивных слаборазвитых почвах. Следовательно, пространственное расположение экогеохимических аномалий не зависит от состава почвенного покрова. Также не выявлены какие-либо заметные связи между содержаниями тяжёлых металлов и геологическими, геоморфологическими, а также ландшафтными особенностями кластерного участка.

Для визуализации поведения микроэлементов нами при помощи специализированного программного обеспечения составлены в изолиниях равных содержаний картосхемы пространственного распределения всех элементов, превышающих значения ПДК: Ba, Sr, V, Ni, Cu, Zn, Sn и Mo. Выделяются три группы элементов.

Первая (Ba, Sr, V) формирует обширные зоны с повышенными концентрациями, занимающие практически всю водосборную площадь котловины оз. Иткуль и не имеющие чётких пространственных ограничений, что, вероятно, связано со спецификой общего геохимического облика почв, сформированных в условиях аридного седиментогенеза.

Вторая группа (Ni, Zn, Sn) не образует отчетливо выраженных площадных экогеохимических аномалий, а встречается в виде локальных «точечных» аномалий, вытянутых в одном направлении вдоль Спиринских озёр (Ni) или в южном обрамлении озера (Zn, Sn).

Третья группа (Cu, Mo) формирует хорошо выраженные аномальные зоны.

На рис. 2 показано пространственное размещение наиболее «концентрированных» экогеохимических почвенных аномалий Mo и Cu в контурах значений, превышающих не только минимально-аномальные содержания, но и ПДК. Молибден образует две аномалии – в районе г. Заводской (площадь около 10 км^2) и в районе Спиринских озёр (11,6 км^2). Площадная аномалия меди вытянута с юга на северо-восток и занимает площадь около 23,6 км^2.

На рис. 2 также помещены выявленные ранее [20] литохимические ореолы Cu и Mo в рыхлых аллювиально-делювиальных шлейфах и в донных осадках. Здесь же вынесены многочисленные отработанные месторождения, которые известны начиная с конца XIX в. Главным полезным компонентом всех месторождений является медь, а также W, Mo, Pb, Zn и Ni. Последние металлы встречаются не только в виде примеси к основному компоненту, но и нередко сами достигают промышленных содержаний.

Как видно из табл. 1 и рис. 2, почти все эти элементы входят в состав экогеохимических площадных и «точечных» почвенных аномалий, достигая концентраций, заметно превышающих нормативы ПДК в 1,3–1,7 раза. Таким образом, очевидным источником поллютантов в почвах Иткульского кластера являются руды и околорудные изменённые породы отработанных полиметаллических месторождений. Вероятно, процессы многостадийного формирования почвенных горизонтов сопровождаются ассимиляцией некоторой доли тяжёлых металлов, заимствованных из почвоподстилающих пород, и эоловым привносом, и, следовательно, возникновение аномалий обусловлено природными, а не техногенными причинами.

Таблица 3

Содержание микроэлементов в донных отложениях оз. Иткуль [16], мг/кг

Элемент	С	К	Кларк	Элемент	С	К	Кларк
Ba	400	0,6	650	Yb	4	13,3	0,33
Sr	1000	2,9	340	Ga	15	0,8	19
Cr	300	3,6	83	Cu	30	0,6	47
V	300	3,3	90	Pb	15	1,0	16
Ni	50	0,9	58	Zn	60	0,7	83
Co	15	0,8	18	Be	2	0,5	3,8
Zr	800	4,7	170	Sc	20	2,0	10
Nb	40	2,0	20	Sn	4	1,6	2,5
Li	40	1,3	32	Ag	0,05	0,7	0,07
Y	30	1,0	29	Mo	2	1,8	1,1

Примечание. С – содержание элемента в мг/кг; К – коэффициент концентрации; кларк по А.П. Виноградову [16].

Донные отложения оз. Иткуль в прибрежной зоне представлены щебнем, грубозернистым песком с галькой. На больших глубинах (более 3 м) преобладают тонкие илы. Установлено (табл. 3), что в донных отложениях оз. Иткуль (южный берег, глубина 3,5–4,0 м) отмечаются концентрации ряда элементов, превышающие кларк в земной коре [16] по стронцию – в 2,9, хрому – 3,6, ванадию – 3,3, цирконию – 4,7, литию – 1,3, олову – 1,6 и молибдену – в 1,8 раза [21]. Стронций и ванадий превышают значения ПДК в 1,7 и 2 раза соответственно. Остальные элементы содер-

жатся в количествах ниже ПДК (от 0,5 до 1). Превышение фоновых значений в 2–4 раза отмечено для Ag, V, Sr, Nb, Zr, Sn, Yb, Ga содержатся в количествах, превышающих фоновые концентрации от 1 до 1,4 Ф. Околофоновые содержания обнаруживают Ni, Co, Y и Sc. Остальные элементы (Cu, Pb, Zn, Ba, Li, Be и Mo) находятся в пределах фона (от 0,2 до 0,7).

Резюмируя вышеизложенное, отметим, что уровень загрязнения почвенного покрова и донных отложений Иткульского кластера не выходит за рамки минимальных и низких значений нормируемых показателей и может быть охарактеризован как допустимый, а экогеохимическое состояние природной среды – как благоприятное.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Летопись* природы объединённой дирекции государственных природных заповедников «Чазы» и «Малый Абакан». Абакан, 1999. Кн. 4. 177 с.
2. *Летопись* природы Государственного природного заповедника «Хакасский». Абакан, 2001. Кн. 6. 313 с.
3. *Геология* и минерагения Северной Хакасии. Путеводитель по учебному геологическому полигону вузов Сибири / под ред. В.П. Парначёва, Б.Д. Васильева. Томск : ТПУ, 2009. 236 с.
4. *Природные* воды Ширинского района Республики Хакасия / В.П. Парначёв [и др.]. Томск : ТГУ, 2003. 183 с.
5. *Кусковский В.С., Кривошеев А.С.* Минеральные озера Сибири. Новосибирск : Наука, 1989. 200 с.
6. *Заворуев В.В.* Современное экологическое состояние озёр Шира и Белё // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия. Томск : НТЛ, 2000. С. 109–113.
7. *Непомнящий В.В.* Геоэкологические условия рекреационного природопользования в степных ландшафтах Республики Хакасия : автореф. дис. … канд. геогр. наук. Томск : ТГУ, 2003. 23 с.
8. *Озёра* Хакасии и их рыбохозяйственное значение / ред. Г.П. Сигиневича. Красноярск : Красноярское книжное изд-во, 1976. Т. XI. 205 с.
9. *Мистрюков А.А.* Геоморфологическое районирование Назаровско-Минусинской межгорной впадины. Новосибирск : ОИИГМ СО РАН, 1991. 130 с.
10. *Танзыбаев М.Г.* Почвы Хакасии. Новосибирск : Наука, 1993. 256 с.
11. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Минусинская. Лист N-46-XIII (Сорск). 2002.
12. *Парначёв С.В., Парначёв В.П.* Геология девонских отложений Чебаково-Балахтинской впадины (Республика Хакасия). Путеводитель геологической экскурсии 8–9 сентября 2003 г. Томск : ТПУ, 2003. 36 с.
13. *Лучицкий И.В.* Вулканизм и тектоника девонских впадин Минусинского межгорного прогиба. М. : АН СССР, 1960. 275 с.
14. *Ананьев А.Р., Парначев В.П., Макаренко Н.А.* Некоторые вопросы геологического строения и возраста девонских вулканических образований района озер Матарак и Шунет (Северо-Минусинская впадина) // Проблемы комплексных геолого-географических исследований девонских прогибов Алтая. Новокузнецк, 1972. С. 3–14.
15. *Природный* комплекс и биоразнообразие участка «Озеро Иткуль» заповедника «Хакасский» / коллектив авторов ; под ред. В.В. Непомнящего. Абакан : Хакас. кн. изд-во, 2010. 418 с.
16. *Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С. и др.* Краткий справочник по геохимии. М. : Недра, 1970. 280 с.
17. *Экогеохимия* Западной Сибири. Тяжёлые металлы и радионуклиды / под ред. чл.-кор. РАН Г.В. Полякова. Новосибирск : СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1996. 248 с.
18. *Сает Ю.Е. и др.* Геохимия окружающей среды. М. : Недра, 1990. 335 с.
19. *Шестаков Ю.Г.* Математические методы в геологии : учеб. пособие для студ. геол. специальностей. Красноярск : Краснояр. ун-т, 1988. 208 с.
20. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Изд. 2-е. Серия Минусинская. Лист N-46-XIII (Сорск). Объяснительная записка. СПб. : Изд-во СПб. картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. 151 с. (МПР РФ, ФГУГП «Красноярскгеолсъёмка»).
21. *Язиков Е.Г., Рихванов Л.П.* Организация геоэкологических практик в Хакасии // Обской вестник. 1999. № 1–2. С. 90–95.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 7 июля 2014 г.

ECOGEOCHEMICAL FEATURES OF SOIL AND BOTTOM SEDIMENTS OF THE CLUSTER AREA "LAKE ITKUL" IN THE STATE NATURAL RESERVE "KHAKASSKY"

Tomsk State University Journal. No. 386 (2014), 193-200. DOI: 10.17223/15617793/386/33

Arkhipova Natalya V., Makarenko Nikolay A., Parnachev Valeriy P., Arkhipov Aleksandr L. Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: dingeo@ggf.tsu.ru

Keywords: Reserve "Khakassky"; Lake Itkul; soils; pollution level; Republic of Khakassia.

The cluster plot "Lake Itkul" in the State Nature Reserve "Khakassky" with the total area of 55.5 km^2 is located in the Republic of Khakassia (Shirinsky District). It includes a fresh water reservoir of unique purity and size with a water surface of over 23 km^2. The article outlines the special role of tectonic factors in the formation of the lake basin, including the Itkul flexure. Previously unpublished authors' materials on the content of pollutants in the soil cover of the cluster are given. They were obtained by statistical processing of data by means of the semiquantitative emission spectral analysis (26 elements) of thirty-three representative soil samples. P,Ti, Ba, Li detected near-Clarke concentrations compared with Clarke ones for soils. Elevated Clarke concentrations (K) are set for Sr, V, Co, Nb, Cu, Zn, Sc and Mo (K does not exceed three units). Eight elements Ba, Sr, V, Ni, Cu, Zn, Sn and Mo exhibit content often exceeding limit values within MAC from 1.4 (Zn) to 3 (V). At that, the total pollution index (Zc) in all these elements is 7.2 units, which characterizes the level of pollution of coastal lakes as permitted. The correlation analysis establishes the close (highly significant) positive correlation connections with a correlation coefficient k > 0, which are characteristic for Yb - Ni - Ga - Zn - Sc, Ga - Mn - Yb - Zn, V - Co and Mn - Co. The visualization of behavior of trace elements on the map diagrams shows that the spatial arrangement of ecogeochemical anomalies does not depend on the composition of soil cover, as well as on the geological, geomorphological and landscape features. Clearly defined anomalies in the soil cover on the area of 24 km^2 are characteristic only for two elements – Cu and Mo. These anomalies are well correlated with lithogeochemical halos of these metals in unconsolidated sediments and bottom sediments identified earlier on the area of numerous small exhausted polymetallic deposits in the southern and south-eastern sides of the lake basin. The authors of the article concluded that the sources of pollutants in the soil cover of the Itkul cluster are ore-bearing rocks in the area of small-scale exhausted polymetallic deposits. Probably, the processes of soil formation were accompanied by the assimilation of some heavy metals taken from soil and bedrock and the eolian addition. Hence, the occur-

rence of anomalies is due to natural but not man-made causes. Limit values in bottom sediments from Lake Itkul exceed only for Sr (1.7 MAC) and V (2 MAC). The remaining elements are present in amounts below the MAC. Thus, the level of contamination of soil and bottom sediments of the Itkul cluster does not go beyond the minimum and low values of normalized parameters. It may be characterized as valid and the ecogeochemical state of the environment may be recognized as favorable.

REFERENCES

1. *Letopis' prirody ob"edinennoy direktsii gosudarstvennykh prirodnykh zapovednikov "Chazy" i "Malyy Abakan"* [Annals of nature of the united administration of state natural reserves "Chazy" and "Small Abakan"]. Abakan, 1999. Book 4, 177 p.
2. *Letopis' prirody Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Khakasskiy"* [Annals of nature of the State Natural Reserve "Khakassky"]. Abakan, 2001. Book 6, 313 p.
3. Parnachev V.P., Vasil'ev B.D. (eds.) *Geologiya i minerageniya Severnoy Khakasii. Putevoditel' po uchebnomu geologicheskomu poligonu vuzov Sibiri* [Geology and metallogeny of North Khakassia. Guide to academic geology field of Siberian universities]. Tomsk: TPU Publ., 2009. 236 p.
4. Parnachev V.P. et al. *Prirodnye vody Shirinskogo rayona Respubliki Khakasiya* [Natural waters of the Shira region of the Republic of Khakassia]. Tomsk: TSU Publ., 2003. 183 p.
5. Kuskovskiy V.S., Krivosheev A.S. *Mineral'nye ozera Sibiri* [Mineral lakes in Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1989. 200 p.
6. Zavoruev V.V. [Modern ecological condition of lakes Shira and Bele]. *Fundamental'nye problemy vody i vodnykh resursov na rubezhe tret'ego tysyacheletiya. Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Fundamental problems of water and water resources at the turn of the third millennium. Proc. of the International Scientific Conference]. Tomsk: NTL Publ., 2000, pp. 109-113. (In Russian).
7. Nepomnyashchiy V.V. *Geoekologicheskie usloviya rekreatsionnogo prirodopol'zovaniya v stepnykh landshaftakh Respubliki Khakasiya*. Avtoref. dis. kand. geogr. nauk [Geo-ecological conditions of the recreational nature use in the steppe landscapes of the Republic of Khakassia. Abstract of Geography Cand. Diss.]. Tomsk: TSU Publ., 2003. 23 p.
8. Siginevich G.P. (ed.) *Ozera Khakasii i ikh rybokhozyaystvennoe. znachenie* [Lakes of Khakassia and their fishery. value]. Krasnoyarsk: Krasnoyarskoe knizhnoe izdatel'stvo Publ., 1976. Vol. XI, 205 p.
9. Mistryukov A.A. *Geomorfologicheskoe rayonirovanie Nazarovsko-Minusinskoy mezhgornoy vpadiny* [Geomorphological zoning of the Nazarovskoye-Minusinskaya intermountain basin]. Novosibirsk: OIGGM SB RAS Publ., 1991. 130 p.
10. Tanzybaev M.G. *Pochvy Khakasii* [Soils of Khakassia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1993. 256 p.
11. State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:200 000. Second Edition. Series Minusinskaya. Page N-46-XIII (Sorsk). 2002. (In Russian).
12. Parnachev S.V., Parnachev V.P. *Geologiya devonskikh otlozheniy Chebakovo-Balakhtinskoy vpadiny (Respublika Khakasiya). Putevoditel' geologicheskoy ekskursii 8–9 sentyabrya 2003 g.* [Geology of the Devonian sediments of the Chebakovo-Balakhtinskaya depression (Republic of Khakassia). Guide to the geological excursion of 8-9 September 2003]. Tomsk: TPU Publ., 2003. 36 p.
13. Luchitskiy I.V. *Vulkanizm i tektonika devonskikh vpadin Minusinskogo mezhgornogo progiba* [Volcanism and tectonics of the Devonian basins of the Minusinsk intermountain basin]. Moscow: USSR AS Publ., 1960. 275 p.
14. Anan'ev A.R., Parnachev V.P., Makarenko N.A. *Nekotorye voprosy geologicheskogo stroeniya i vozrasta devonskikh vulkanicheskikh obrazovaniy rayona ozer Matarak i Shunet (Severo-Minusinskaya vpadina)* [Some questions of the geological structure and the age of the Devonian volcanic formations in the area of lakes Matarak and Shunet (the North Minusinsk depression)]. In: Udodov V.P. (ed.) *Problemy kompleksnykh geologo-geograficheskikh issledovaniy devonskikh progibov Altaya* [Problems of complex geological and geographical studies of the Devonian troughs of the Altai]. Novokuznetsk, 1972, pp. 3-14.
15. Nepomnyashchiy V.V. (ed.) *Prirodnyy kompleks i bioraznoobrazie uchastka "Ozero Itkul'" zapovednika "Khakasskiy"* [The natural system and biodiversity of the "Lake Itkul" area of the "Khakassia" reserve]. Abakan: Khakasskoye knizhnoye izdatel'stvo Publ., 2010. 418 p.
16. Voytkevich G.V., Miroshnikov A.E., Povarennykh A.S. et al. *Kratkiy spravochnik po geokhimii* [Brief reference book on geochemistry]. Moscow: Nedra Publ., 1970. 280 p.
17. Polyakov G.V. (ed.) *Ekogeokhimiya Zapadnoy Sibiri. Tyazhelye metally i radionuklidy* [Ecogeochemistry of Western Siberia. Heavy metals and radionuclides]. Novosibirsk: OIGGM SB RAS Publ., 1996. 248 p.
18. Saet Yu.E. et al. *Geokhimiya okruzhayushchey sredy* [Environmental geochemistry]. Moscow: Nedra Publ., 1990. 335 p.
19. Shestakov Yu.G. *Matematicheskie metody v geologii* [Mathematical methods in geology]. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk University Publ., 1988. 208 p.
20. State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:200 000. Second Edition. Series Minusinskaya. Page N-46-XIII (Sorsk). Explanatory memorandum. St. Petersburg: St. Petersburg kartfabrika VSEGEI Publ., 2000. 151 p. (In Russian).
21. Yazikov E.G., Rikhvanov L.P. Organizatsiya geoekologicheskikh praktik v Khakasii [Organization of geoenvironmental practices in Khakassia]. *Obskoy vestnik*, 1999, no. 1-2, pp. 90-95.

Received: 07 July 2014