

УДК 911.2:550.42:551.14 (470.40/43)

**Е. А. Колеватых, М. И. Парфенов, А. М. Прокашев****ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
ПОКРОВНЫХ СУГЛИНКОВ ВЯТСКО-КАМСКОЙ  
ЛЁССОВОЙ ПРОВИНЦИИ**

*Проведен химический анализ покровных суглинков в элювиальных ландшафтах Вятско-Камского Предуралья. Показаны некоторые черты миграции микроэлементов и содержание петрогенных оксидов. Статистически установлено наследование особенностей рассеяния микроэлементов покровными суглинками от подстилающих пород.*

*This article presents the chemical analysis of integumentary loams in the eluvial landscapes of the Vyatka-Kama Cis-Ural region. The authors focus on the features of microcell migration and the composition of petrogenic oxides. The inheritance of the microcell dispersion features of integumentary loam from the bedding rock was established on the basis of statistics.*

**Ключевые слова:** покровные суглинки, микроэлементный состав, породообразующие оксиды.

**Key words:** integumentary loams, microelement structure, petrogenic oxides.

**Введение**

Вятско-Камское Предуралье относится к самой северной, Камской, провинции распространения плейстоценовых лёссовых отложений Русской равнины. Здесь они фашиально замещаются так называемыми покровными суглинками (ПС) [1], которые являются породой проблематичного происхождения. Их принято разделять на две генетических группы: лёссовидные и элювиально-делювиальные [2]. Суглинки представляют собой пылеватые, макропористые, часто лёссовидные, остаточно-карбонатные породы желтоватых и коричневатых оттенков в верхней, педогенно преобразованной части обнажений, обычно со столбчатой отдельностью.

В минералогическом составе илистой фракции ПС в значительном количестве представлены кварц, гидрослюды, слюда-сметиты и сметиты. В меньших количествах присутствуют роговая обманка и хлорит. В составе крупной фракции значительно преобладает кварц, характерно повышенное содержание полевых шпатов [2; 3].

Прежде считалось, что перигляциальные плейстоценовые ПС к северу от Волги относительно маломощны, в отличие от 15–19-метровых толщ покровных суглинков на высоком правобережье Волги, а также многометровых лёссовых педо-литоседиментов в центральном Черноземье [1]. В Вятско-Камском бассейне исследователи отмечают тонкий (1,5–2 м, реже 3–4 м) плащ ПС, покрывающий широкие и ровные платообразные массивы и слабопологие склоны денудационного и денудационно-аккумулятивного генетических типов рельефа с абсолютными высотами 150–280 м [4]. На крутых выпуклых элементах рельефа покровные наносы нередко смыты. Здесь почвообразующими породами чаще всего выступает элювий коренных пермских пород, который почти повсеместно вне зоны оледенения на разной глубине подстилает покровные наносы.

**Объекты и методы исследований**

В ходе изучения нами покровных суглинков Вятского бассейна была подтверждена мощность плаща этих отложений в пределах 1–1,5 м на территории Пижмо-Кокшагского водораздела. Однако геологическое обследование субаэральных (покровных) отложений Чепецко-Кильмезского и Кукарского плато показало их мощность на вершинах водоразделов от 1–3 до 8–16 м, а в отдельных случаях – до 30 м, что на порядок превышает утвердившиеся представления.

Отбор проб из почв проведен по стандартной методике, глубокие слои вскрыты скважинами. Определение концентрации в пробах породообразующих оксидов выполнено методом силикатного анализа с рентгеноспектральным окончанием, содержание 35 микроэлементов выявлено экспрессным количественным спектральным анализом. Обедненность ПС рядом нижеперечисленных элементов не позволила проанализировать их содержание (в скобках указан



нижний порог обнаружения метода, г/т): Sb (1,73), As (5,35), W (0,238), In (0,101), Be (1,21), Ce (27,25), Ta (34,99), La (21,15), Hf (0,538), Au (0,2).

### Результаты исследований

Морфологические особенности покровных суглинков 22 разрезов, рассматриваемых в данной работе и расположенных на значительном удалении друг от друга, весьма сходны. Общность породного материала внутри каждого разреза подтверждается цветовым однообразием (буроватые и коричневатые тона), нарушаемым лишь при смене окислительно-восстановительных условий и проявлении процессов оглеения, а также отчетливой пористостью и пылевой структурой. Опесчаненность суглинка и включения гальки отмечаются только в подошвах разрезов при подстилании ПС моренным суглинком или элювием верхнепермских конгломератов.

В силу того, что ПС представляют собой отложения элювиально-делювиальной и эоловой природы, исходным генетическим материалом для них, по нашему мнению, послужили коренные породы пермского возраста (глины, известняки, мергели), а также триасовые образования к северу от Чепцы и средней Вятки. Там же, в бывшей зоне покрытия днепровским (ларевским) оледенением, в роли исходной породы могли выступать моренные отложения, отличающиеся от покровных наличием галечникового материала. Литологически переход между ними в разрезе выражается толщей с признаками и ПС, и моренного опесчаненного суглинка.

От исходной породы ПС наследуют карбонатность, которая в ходе эволюции в условиях промывного режима зоны тайги и подтаежных лесов исчезает в приповерхностных частях формации ПС.

Приводимые в таблице 1 данные отражают статистическую характеристику покровного суглинка изучаемых разрезов до максимальной глубины 6 м. У ряда химических элементов средние значения содержаний их в ПС и подстилающих их породах близки, за исключением небольшого привноса постороннего материала в отдельные периоды осадконакопления и современной концентрации биофильных элементов в элювиальных горизонтах. Химизм подстилающих пород является кларкообразующим для ПС.

Таблица 1

Статистические характеристики распределения микроэлементов в покровных суглинках Вятского Прикамья

Элемент	Покровный суглинок					Подстилающие породы				Кларк земной коры, г/т [5]
	n	$x \pm Sx$ , $\mu/m$ Lim, г/т	S	$Cv$ , %	КК	n	$x \pm Sx$ , $\mu/m$ Lim, г/т	S	$Cv$ , %	
Pb	228	$13,3 \pm 0,24$ 6,6–27,0	3,6	27	0,8	35	$10,1 \pm 0,5$ 3,0–16,6	2,8	28	16,0
Cr	228	$64,6 \pm 1,1$ 39,1–113,9	16,5	26	0,8	35	$58,3 \pm 3,3$ 29,9–97,4	19,6	34	83,0
Ga	228	$13,2 \pm 0,2$ 6,8–21,3	2,5	19	0,7	35	$11,4 \pm 0,5$ 4,3–17,2	2,9	26	19,0
Ba	201	$230,7 \pm 3,08$ 112,9–367,0	43,6	19	0,35	33	$221,9 \pm 11,1$ 117,2–402,7	73,3	34	650,0
Nb	149	$14,3 \pm 0,24$ 8–23,0	2,8	23	0,4	26	$11,9 \pm 0,7$ 8–21,5	3,4	28	37,0
Mo	228	$1,07 \pm 0,013$ 0,51–2,16	0,2	19	0,97	35	$1,06 \pm 0,05$ 0,55–2,1	0,3	30	1,1
Sn	228	$3,8 \pm 0,09$ 2,1–12,0	1,4	36	1,5	35	$3,4 \pm 0,2$ 0,3–5,6	1,0	29	2,5
Li	212	$76,1 \pm 0,73$ 49,0–121,0	10,5	14	2,4	32	$76,8 \pm 2,95$ 53,1–138,5	16,7	22	32,0
Cu	228	$25,5 \pm 0,6$ 8,0–52,9	8,8	34	0,54	35	$30,4 \pm 1,7$ 8,4–49,5	10,3	34	47,0
Zr	228	$120,3 \pm 1,3$ 81,3–180,3	19,2	16	0,7	35	$101,0 \pm 4,2$ 60,8–165,2	24,8	25	170,0
Ag	213	$0,26 \pm 0,003$ 0,18–0,42	0,05	19	3,7	33	$0,23 \pm 0,008$ 0,17–0,33	0,05	21	0,07
Zn	228	$55,0 \pm 0,9$ 32,2–126,2	13,3	24	0,7	35	$58,8 \pm 1,95$ 31,1–83,0	11,5	20	83,0
Sc	184	$10,9 \pm 0,2$	2,5	23	1,09	24	$11,5 \pm 0,5$	2,4	21	10,0



		5,8–16,7					6,9–14,3			
Ni	228	38,2±0,6 20,2–67,8	9,4	25	0,7	35	45,0±3,3 14,8–118,0	19,4	43	58,0
Co	228	27,9±0,3 14,2–49,9	4,77	17	1,6	35	27,7±1,6 13,3–65,1	9,2	33	18,0
Yb*	12	0,48±0,02 0,37–0,57	0,08	16	1,5	7	0,38±0,02 0,29–0,44	0,05	14	0,33

Окончание табл. 1

Элемент	Покровный суглинок					Подстилающие породы				Кларк земной коры, г/т [5]
	n	$\bar{x} \pm Sx, \text{ г/т}$ Lim, г/т	S	Cv, %	КК	n	$\bar{x} \pm Sx, \text{ г/т}$ Lim, г/т	S	Cv, %	
Bi*	10	6,3±0,16 5,6–7,1	0,5	8	703,3	6	5,9±0,16 5,5–6,6	0,38	7	0,009
Y	123	23,0±0,4 12,9–33	4,4	19	0,8	23	20,0±0,95 14,2–32	4,6	23	29
Ge*	6	2,6±0,1 2,1–3,0	0,3	11	1,9	5	2,1±0,06 2,03–2,3	0,12	6	1,4
Rb	117	66,6±0,7 30–77	7,0	10	0,4	21	53,3±3,0 30–88	13,8	26	150
Sr	117	132,2±1,3 101–187	13,7	10	0,4	21	132,6±5,8 85–182	26,5	20	340,0

Примечание: n – количество проб,  $\bar{x}$  – среднее арифметическое, Sx – ошибка среднего арифметического, Lim – пределы колебаний, S – среднее квадратичное отклонение, Cv – коэффициент вариации; КК – коэффициент концентрации, \* – данные по 1 разрезу.

Судя по перераспределению отдельных элементов в почвенно-преобразованных частях профилей ПС, в бывшей ледниковой зоне (шурф П-38; рис. 1) наиболее подвержены выветриванию и миграции в составе подвижной минеральной фазы Cu и Ni, в меньшей степени Sc, Cr, Li и Ga, относительно подвижные в кислой гумидной среде. Наряду с этим в элювируемых горизонтах наблюдаются максимумы содержаний Sn, Zr, Nb, Pb и Ag. Поведение последних объясняется генетической связью большинства из них с устойчивыми к выветриванию минералами магматогенных пород.

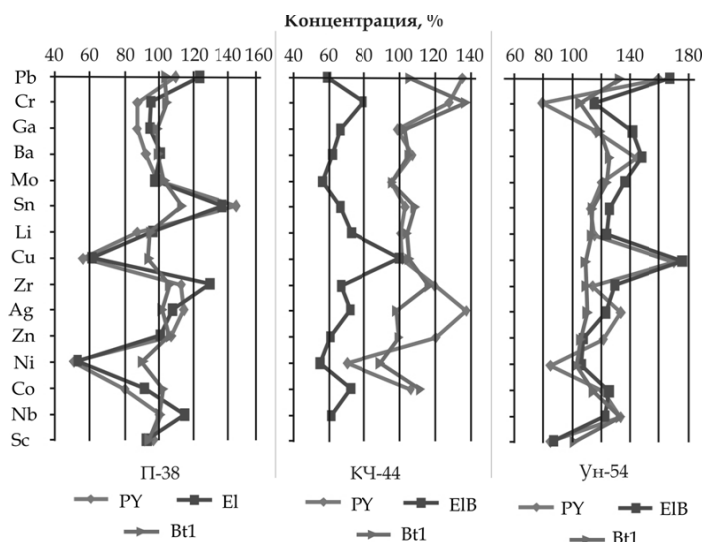


Рис. 1. Концентрации микроэлементов в генетических горизонтах разрезов П-38, КЧ-44 и УН-54 по отношению к материнским породам (приняты за 100 %)

Во внеледниковой части Вятского Прикамья, в зоне современной южной тайги ПС (разрез КЧ-44) значительно обогащен (по сравнению с ПС разреза П-38): свинцом – в 1,9–2,2 раза, хромом и галлием – на треть, литием – в 1,25 раза, кобальтом – на 50 %, а также серебром – на 20 %. В то же время он уступает по содержанию меди в 3 раза, олова – в 2–3 раза. Элювированию в этом разрезе подвержены практически все определенные нами микроэлементы, за исключением меди, частично концентрирующейся в илловиальных горизонтах (рис. 1).



На примере разреза КЧ-44 отчетливо наблюдается близость концентраций микроэлементов между ПС и коренной породой. Вероятно, четвертичный суглинок наследует из элювия глин казанского яруса поздней перми аномальный дефицит меди (среднее содержание 9,1 г/т, что в 2,5–4 раза меньше, чем в горизонтах других разрезов). Аналогичная, но менее выраженная ситуация и с другими редкими элементами. Дополнительно отметим вскрытый в разрезе КЧ-44 между ПС и элювием глин 35-сантиметровый слой карбонатизированного песка, обогащенного СаО (до 10 %) и, соответственно, обедненного  $Al_2O_3$  (3–4 %) и  $Fe_{общ}$  (1 %). Вблизи него подпочвенная часть ПС приобретает повышенное (в 5 раз) содержание СаО. Такие седименты типичны для восточного крыла Вятских Увалов, где и расположен данный разрез.

В сходных физико-географических условиях находится разрез Ун-54, ПС которого подстилается глиной татарского яруса верхней перми. Содержание редких элементов в нем (за исключением Li, Zn, Ni, Co и Pb) незначительно превышает показатели КЧ-44. Покровный суглинок Ун-54 значительно больше, чем КЧ-44, концентрирует медь, но и здесь ее содержание меньше кларка для земной коры (соответствующие коэффициенты рассеяния  $KP=0,47$  и  $KP=0,19$ ). Накопление технофильных элементов в пахотном слое (рис. 1) может объясняться современным сельскохозяйственным использованием территории.

В отчетах исследований отражено то, что по сравнению с кларками земной коры покровные суглинки Вятско-Камского Предуралья слабо рассеивают большинство исследованных микроэлементов. Наибольшие концентрации характерны для Bi, Ag, Li, Ge, Co, Sn, Yb, Sc ( $KK>1$ ). Убывающий ряд распределения концентраций редких элементов имеет следующий вид: (Bi) > Ag > Li > (Ge) > Co > Sn > (Yb) > Sc > Mo > Pb > Y > > Cr > Zr > Ga > Zn > Ni > Cu > Rb > Sr > Nb > Ba. В скобках указаны элементы, присутствующие не во всех разрезах ввиду малого их количества и в концентрациях ниже порога чувствительности применяемых аналитических методов. В целом для верхней части коры выветривания в каждом отдельном разрезе характерны стабильные содержания рассеянных элементов. Закономерные зоны их концентрации приурочены к карбонатным геохимическим барьерам.

По итогам изучения микроэлементного состава ПС 22 разрезов в разных частях ареала устойчиво выявляется обедненность этой породы Nb, Ba, Cu, Zr, Ni, Ga и Cr по отношению к их кларкам земной коры [5]. По сравнению с последней ПС существенно обогащены серебром (в среднем 0,26 г/т), оловом (3,83 г/т), литием (76,0 г/т), кобальтом (27,9 г/т), отчасти скандием (10,9 г/т).

Относительно среднего состава коренных дочетвертичных пород породы Вятского Прикамья ПС обеднены Sc на 5 %, Zn – 6 %, Ni – 15 %, Cu – 16 %.

Таким образом, преобладание кислой окислительной обстановки в автономных ландшафтах Вятско-Камского и Северодвинского бассейнов обеспечивает проявление процессов выщелачивания некоторых катионогенных микроэлементов из исследуемой породы. При этом происходит частичная концентрация редких элементов, а также полуторных оксидов в текстурно-иллювиальных горизонтах (Вt).

Важный фактор концентрации микроэлементов – геоморфологическая позиция; беднее всего в этом отношении ПС на средних частях склонов (сказывается возможная латеральная миграция в подвижной форме), богаче – у подножий, а также (в меньшей степени) в местах подпора грунтовыми водами. Относительно обогащены отдельными элементами и карбонатные ПС. Разрез КЧ-44 заложен на ровном дренированном плакоре, поэтому роль вертикального просачивания здесь особенно велика, оно способствует элювиально-иллювиальной дифференциации микроэлементов (см. рис. 1, с. 90).

Следует отметить, что минимальные концентрации Ba, Ga, Mo, Sn, Li отмечены в суглинке разреза, заложенного на склоне. Наряду с этим склоновые процессы практически не отразились на величине Ag, Sc, Mo и Co. Минимальные значения содержаний этих элементов относятся к суглинку разреза П-38, расположенного в древней ледниковой зоне на удалении от остальной массы изучаемых объектов. Невысокие коэффициенты вариации Ag, Mo, Sc, Co, а также Li, Zr, Rb и Sr (см. табл. 1, с. 89–90) даже внутри педогенно преобразованных частей профилей ПС в совокупности с имеющимися фактами об их слабой миграционной способности [5–7] позволяют предположить инертность поведения этих элементов в покровных суглинках Вятско-Камского Предуралья.



Резкие колебания валовых содержаний редких элементов между разрезами в физико-географической провинции, выражающиеся в значительных величинах среднеквадратического отклонения, не могут считаться достаточным основанием для литологического подразделения изучаемой породы по региональным особенностям. Доля микроэлементов от общей массы невелика – 99% валового состава ПС приходится на петрогенные оксиды. Пропорции 10 важнейших оксидов также изменчивы по генетическим горизонтам, но их количества значительно более выдержаны, о чем свидетельствуют низкая ошибка среднего и медиана, близкая к среднему арифметическому (табл. 2).

Таблица 2

Статистические параметры валовых содержаний петрогенных оксидов в покровном суглинке Вятского Прикамья

Параметр, %	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>общ</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Среднее значение	72,54	13,76	5,89	2,28	1,81	1,36	1,29	0,84	0,11	0,12
Ошибка среднего	0,41	0,21	0,16	0,02	0,04	0,11	0,03	0,01	0,00	0,01
Медиана	72,25	13,82	5,81	2,33	1,93	1,10	1,30	0,86	0,10	0,11

На рисунке 2 показаны корреляции содержания некоторых породообразующих оксидов в исследованных разрезах. На диаграмме фигуративные точки по 80 пробам укладываются в линии, потому что в выборке представлены в том числе почвенные горизонты, в которых содержатся максимумы кремнезема и минимумы полуторных оксидов. Коэффициенты Пирсона в парах SiO<sub>2</sub>:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Fe<sub>общ</sub> демонстрируют очень тесную зависимость содержания – соответственно обратную (-0,94) и прямую (0,941). Это свидетельствует о субстантивном единстве изученных покровных суглинков.

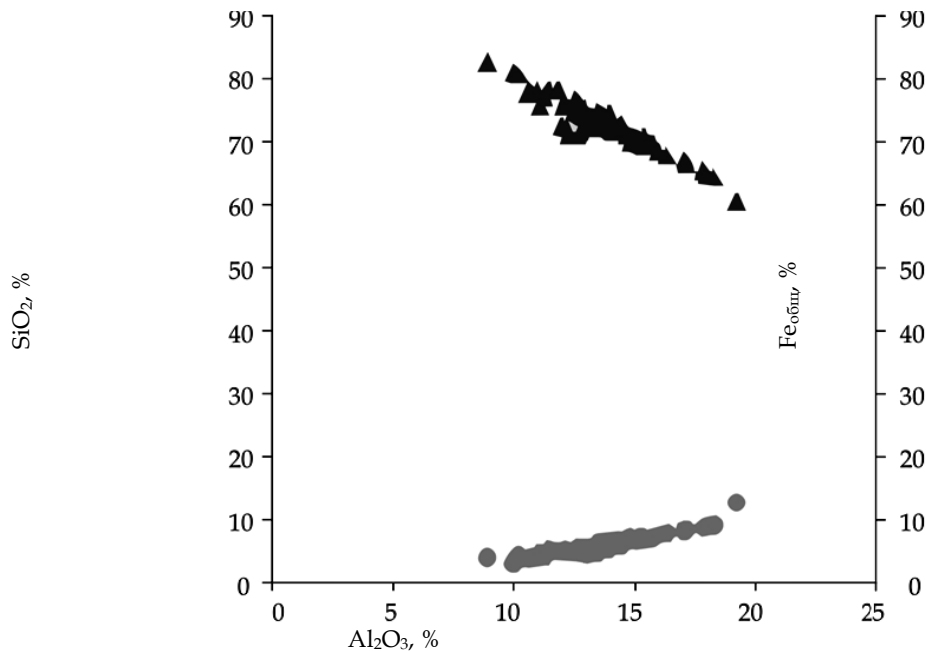


Рис. 2. Диаграмма рассеяния валовых форм SiO<sub>2</sub>:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Fe<sub>общ</sub> в 80 пробах покровного суглинка разных частей ареала

### Заключение

Таким образом, сверхмощные (более 4 м) толщи ПС Вятско-Камского бассейна зарегистрированы только в его внеледниковой части. Ряд морфологических признаков, а также гранулометрический состав и вариации содержаний макроэлементов дают основание для предварительного вывода о субстантивном единстве изучаемой породы.

Коэффициенты концентрации Mo, Sn, Li, Ag, Cu и Sc варьируют в широких пределах. По сравнению с кларками земной коры ПС концентрируют Ag, Co, Sn, Li. Вместе с тем порода



устойчиво обеднена Ba, Ga, Cu, Zn, Zr и Y. Во многих случаях наблюдается корреляция средней и высокой степени между содержанием микроэлементов в покровных суглинках и подстилающей его породе.

Основываясь на современном уровне изучения ПС Вятского Прикамья, невозможно утверждать о наличии внутрипровинциальной закономерности поведения редких элементов. Индивидуальные особенности концентрации микроэлементов являются, по-видимому, следствием миграционной способности при гипергенезе плейстоценового материала из исходных пород, а также следствием эпигенеза в местных биоклиматических условиях.

#### Список литературы

1. Лёссово-почвенная формация Восточно-Европейской равнины. Палеогеография и стратиграфия. М., 1997.
2. Чумаков О. Е. Четвертичная система // Государственная геологическая карта Российской Федерации. Л. О-(38), 39 – Киров. СПб., 1999. С. 124 – 146.
3. Прокашев А. М. Генезис и эволюция почв бассейна Вятки и Камы (по палеопочвенным данным). Киров, 2009.
4. Тюлин В. В. Почвы Кировской области. Киров, 1976.
5. Виноградов А. П. Среднее содержание элементов в земной коре // Геохимия. 1962. №7. С. 555 – 557.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989.
7. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. М., 1999.

#### Об авторах

Евгений Александрович Колеватых – асп., Вятский государственный гуманитарный университет, e-mail: hanikitan@yandex.ru

Михаил Иванович Парфенов – ведущий инженер, Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт Дальневосточного отделения РАН, e-mail: geo@vshu.kirov.ru

Алексей Михайлович Прокашев – проф., Вятский государственный гуманитарный университет, e-mail: geo@vshu.kirov.ru

#### Authors

Yevgeny Kolevatykh, PhD student, Vyatka State University of Humanities, e-mail: hanikitan@yandex.ru

Mikhail Parfyonov, leading researcher, North-East Interdisciplinary Science Research Institute of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, e-mail: geo@vshu.kirov.ru

Prof. Alexei Prokashev, head of a the Department of Geography, Vyatka State University of Humanities, e-mail: geo@vshu.kirov.ru