



ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРРАС РЕКИ СЕЛЕНГИ

Светлана Ивановна Штельмах

Институт земной коры СО РАН

Введение

Изучение состава, микроструктуры и свойств песчаных отложений проводилось в рамках инженерно-геологических и геоэкологических исследований.

Большая часть образцов песчаных отложений, предоставленных В.Л. Коломийцем (Институт геологии СО РАН, Улан-Удэ), относится к особой разновидности лёссовых отложений – связным пескам, представляющим продукт воздействия процессов лёссового литогенеза преимущественно криогенного характера в постдиагенетическую стадию существования песчаных толщ [Рященко, 1988].

Объекты

Разрез в пределах уступа 35–40 метровой террасы р. Селенги (юго-восточная часть Гусиноозёрской впадины) представляет собой циклично построенную озёрно-аллювиальную толщу (I-aQ₃) [Коломиец, 2010] мощностью 6,0 м с тремя погребёнными почвенными горизонтами, которые также являются связными песками (ps**), кроме этого в разрезе выделены песчаные отложения со следами связности (ps*) и нормальные (ps). На поверхности второй террасы опробованы эоловые пески (vQ₃₋₄–ps) одной из дюн.

Задачи исследования

1. определить содержания породообразующих оксидов и концентрации **V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, As, Sn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Nd** в исследуемых образцах песчаных отложений **рентгенофлуоресцентным методом анализа (РФА)**;
2. установить особенности микроэлементных составов песчаных отложений различных геолого-генетических комплексов;
3. выявить степень загрязнения исследуемых песков;
4. рассчитать индикаторные отношения **Ca/Sr, Sr/Ba, Ba/Sr, Rb/Sr, V/Zn, La/V, Ti/Zr** в исследуемых образцах песчаных отложений

Рентгеновский спектрометр S8 TIGER



1. Рентгеновская трубка мощностью 4 кВт , Rh-анод;
2. Возбуждение мощностью 4 кВт и током до 170 мА, позволяющее сократить время измерения и повысить производительность;
3. Полный диапазон элементов от Be (4) до U (92);
4. Стабильность и воспроизводимость результатов в течение длительного периода;
5. Дополнительная защита трубки и спектрометрической камеры от просыпания и прорыва проб.

Рентгенофлуоресцентный спектрометр **S8 TIGER** сочетает в себе высокие аналитические возможности, простоту использования и компактный современный дизайн. Лучшие аналитические характеристики **S8 TIGER** обусловлены применением новейших технологий в таких компонентах спектрометра, как рентгеновская оптика и источник возбуждения. Использование усовершенствованных кристалл-анализаторов наряду с более эффективным возбуждением с помощью новой рентгеновской трубки с силой тока до 170 мА позволяют получать для ряда элементов улучшенные пределы обнаружения, точность и разрешение.

Подготовка образцов для анализа



Образец должен быть гомогенным по гранулометрическому и химическому составу (диаметр частиц < 0.074 мкм). Анализируемый материал прессуется в таблетки на полуавтоматическом прессе HERZOG HTP 40 при усилии в 100 кН. В качестве подложки используется борная кислота.

Для определения содержаний Rb, Sr, Y, Zr, Nb и Sn минимальная масса материала, необходимого для анализа, составляет 5 грамм. Подготовленный образец смешивается со связующим веществом (вакса) в соотношении 5 : 1 перед процессом прессования.

Для определения более легких элементов, а также элементов, концентрация которых определяется по интенсивностям аналитических линий L-серии, минимальная масса материала составляет 1–2 грамма.

Распределение порообразующих оксидов в исследуемых песчаных отложениях

Как видно из таблицы 1, нормальные эоловые пески (vQ_{3-4-ps}) характеризуются более низкими концентрациями оксидов магния, кальция, титана, марганца и железа, однако данные песчаные отложения обогащены SiO_2 . В нормальных песках озёрно-аллювиального верхнечетвертичного комплекса ($l-aQ_3-ps$) также присутствуют высокие содержания оксида кремния, но при переходе к связным песчаным отложениям ($l-aQ_3-ps^{**}$) происходит понижение концентраций SiO_2 . Содержания MnO и $Fe_2O_{3(общее)}$, напротив, заметно возрастают.

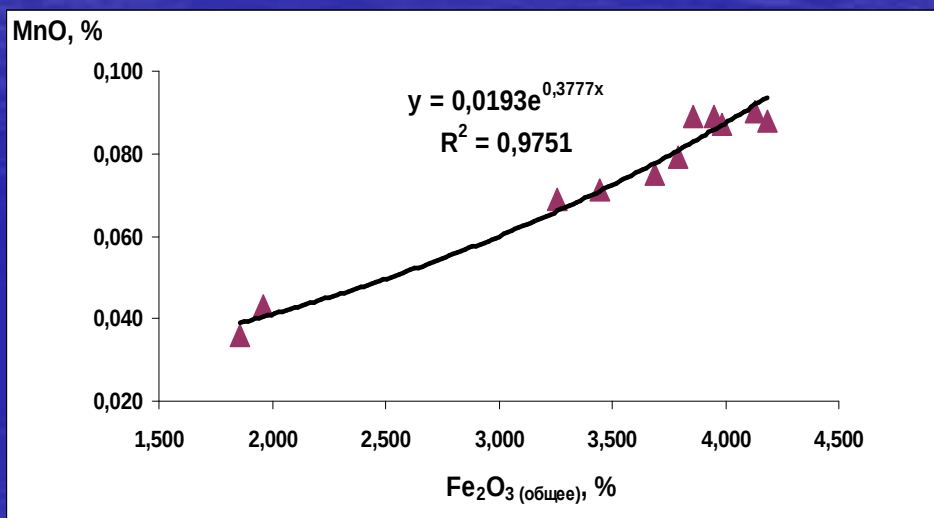
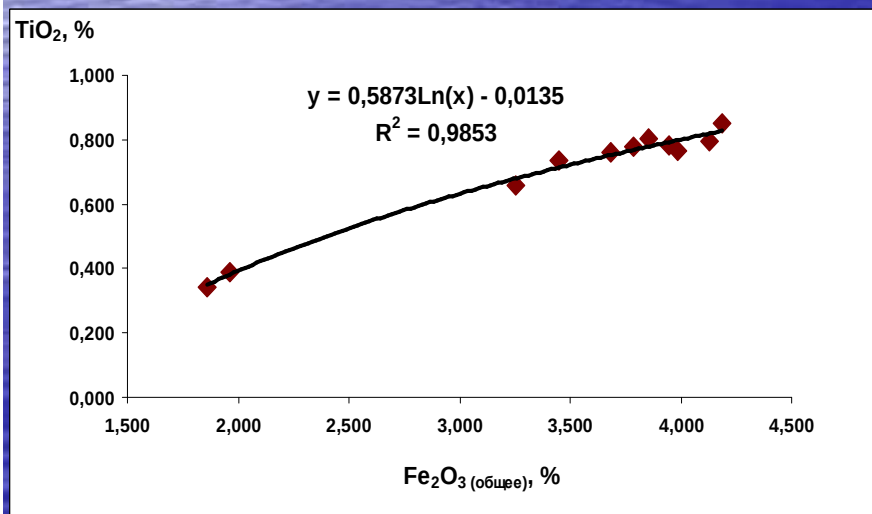
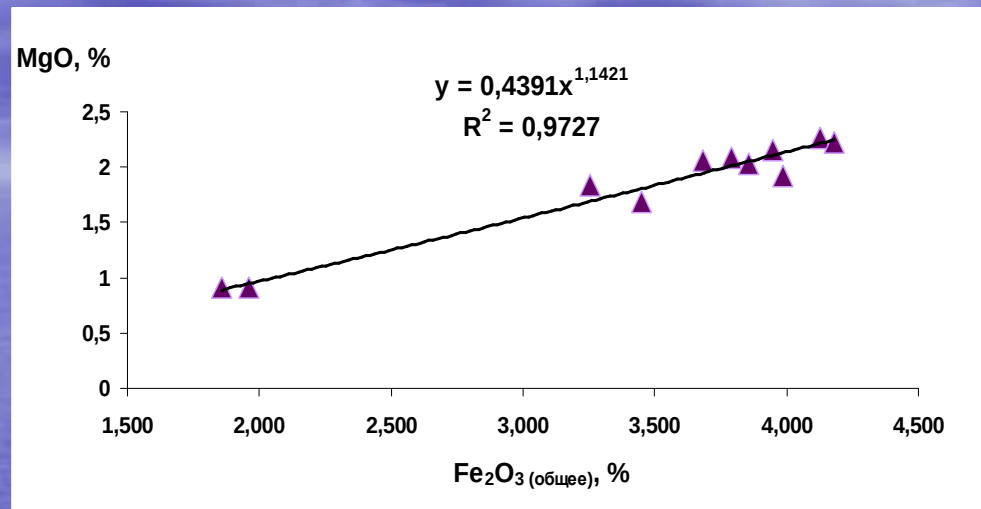
Таблица 1

Концентрации MgO , SiO_2 , CaO , TiO_2 , MnO , $Fe_2O_{3(общее)}$ (%) в исследуемых песчаных отложениях террас реки Селенги

ГГК	MgO	SiO_2	CaO	TiO_2	MnO	$Fe_2O_{3(общее)}$
vQ_{3-4-ps} (n = 1)	0,91	70,72	2,47	0,34	0,036	1,86
$l-aQ_3-ps$ (n = 2)	0,91–2,08	58,08–68,55	2,31–5,18	0,39–0,78	0,043–0,079	1,96–3,79
$l-aQ_3-ps^*$ (n = 4)	1,68–2,23	57,94–62,07	3,69–5,24	0,66–0,85	0,069–0,088	3,26–4,18
$l-aQ_3-ps^{**}$ (n = 4)	1,92–2,26	57,33–60,77	3,42–4,77	0,76–0,80	0,087–0,090	3,86–4,13

Примечание. ГГК (геолого-генетические комплексы): vQ_{3-4} – эоловый верхнечетвертичный – современный; $l-aQ_3$ – озерно-аллювиальный верхнечетвертичный; n – количество образцов.

Зависимость концентраций MgO, TiO₂, MnO от содержаний железа в исследуемых песчаных грунтах



Распределение микроэлементов в исследуемых песчаных отложениях

С помощью проведённого статистического анализа полученных концентраций микроэлементов в зависимости от значений коэффициента вариации выделены следующие группы элементов: **Rb, Sr, Ba** ($V_{\text{вар.}} < 10 \%$); **Pb, Cu, Co, Ni, Y** ($V_{\text{вар.}} = 10\text{--}20 \%$); **V, Cr, Zn, Nb, La, Ce, Nd** ($V_{\text{вар.}} = 21\text{--}27 \%$); **Zr** ($V_{\text{вар.}} = 30 \%$). (табл. 2,3).

Таблица 2

Содержания V, Cr, Ba, La, Ce, Nd, Rb, Sr, Y, Zr, Nb (ppm) в исследуемых песчаных отложениях террас реки Селенги

П	V	Cr	Ba	La	Ce	Nd	Nb	Zr	Y	Sr	Rb
$X_{\min}$	48	27	668	11	23	14	5	91	11	415	72
$X_{\max}$	99	72	765	32	69	34	13	323	23	490	87
$X_{\text{ср.}}$	83	56	705	23	55	26	11	244	20	453	77
σ	17,61	13,98	27,56	6,31	14,57	6,48	2,46	74,08	3,93	19,08	3,85
$V_{\text{вар.}}$	21	25	4	27	27	25	23	30	20	4	5

Примечание. Здесь и в таблице 3: П – статистические параметры: $X_{\min}$, $X_{\max}$, $X_{\text{ср.}}$ – минимальное, максимальное, среднее содержания микроэлементов (ppm); σ – стандартное отклонение, $V_{\text{вар.}}$ – коэффициент вариации (%).

Распределение токсичных элементов в исследуемых песчаных отложениях

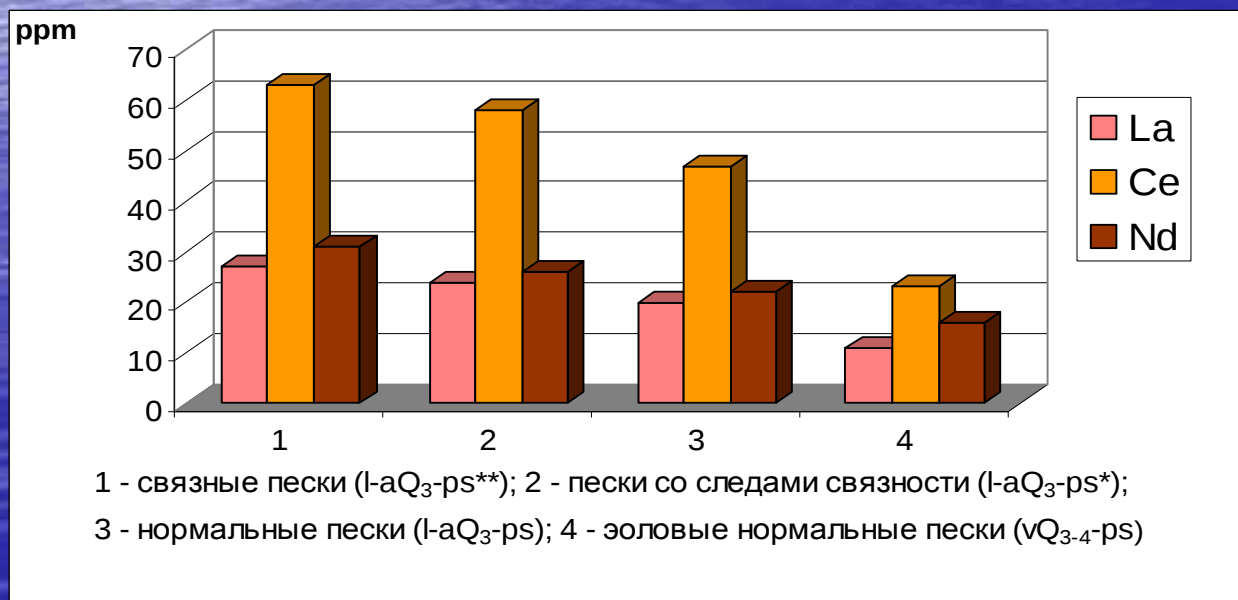
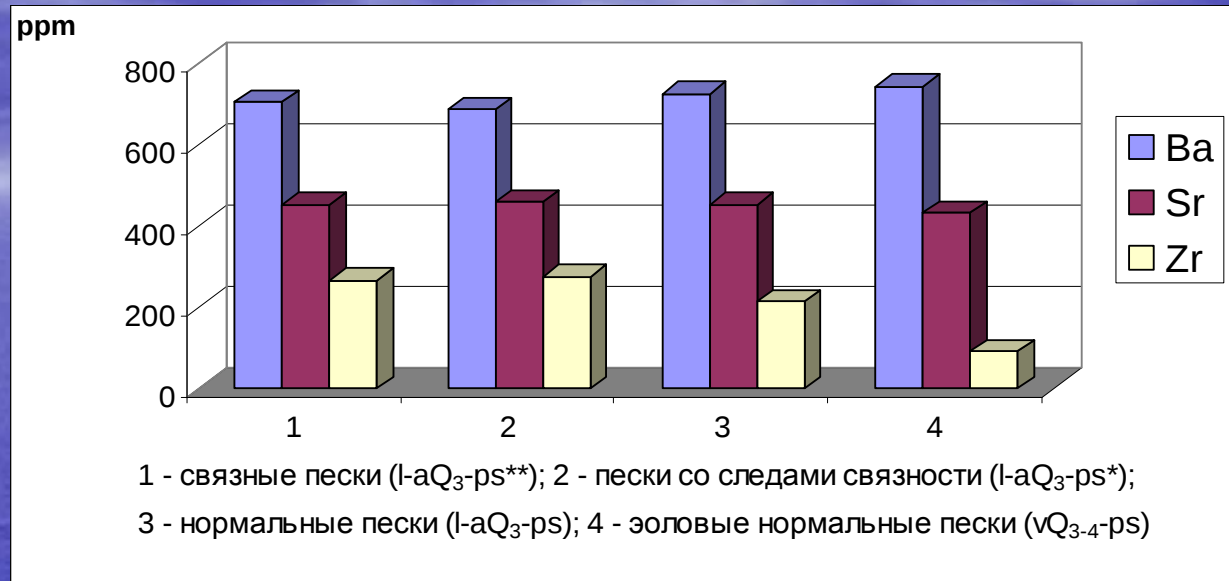
Для исследуемых песчаных грунтов характерны низкие концентрации **свинца** (**< 18 ppm**) (табл. 3). Концентрация **As (3,1 ppm)** зафиксирована лишь в образце нормального песка (**l-aQ₃-ps**), небольшие содержания **Sn (3,7–3,9)** установлены в песке со следами связности (**l-aQ₃-ps***), а также в нижнем погребённом почвенном горизонте (**ппг1**) .

Таблица 3

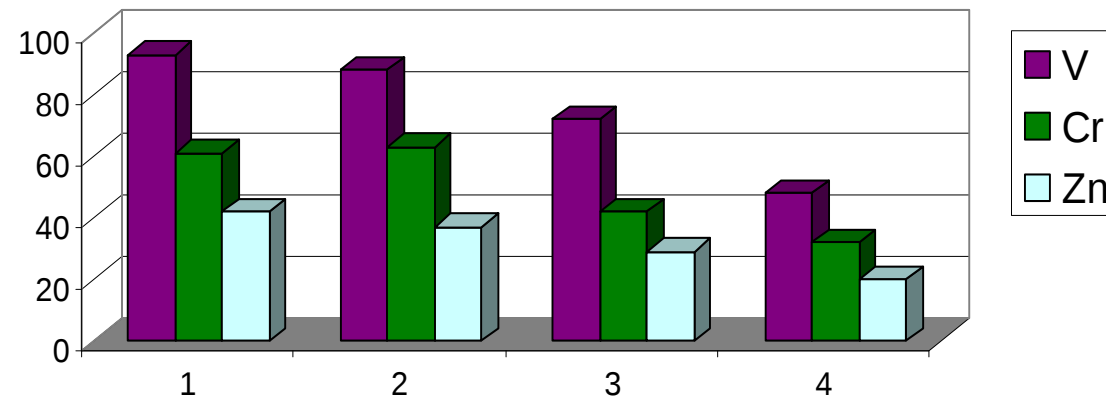
Содержания **Co, Ni, Cu, Zn, Pb** (ppm) в исследуемых песчаных отложениях
террас реки Селенги

П	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
X _{min}	6	11	12	20	13
X _{max}	11	23	16	45	17
X _{ср.}	9	18	14	36	15
σ	1,78	3,64	1,57	8,52	1,50
V _{вар.}	20	20	11	24	10

Особенности микроэлементного состава связных, со следами связности и нормальных песков различных геолого-генетических комплексов террас реки Селенги

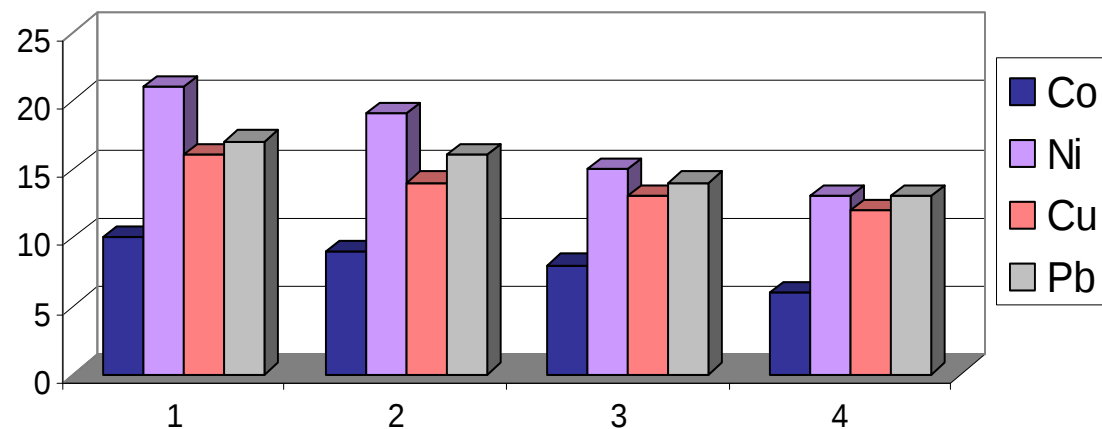


ppm



1 - связные пески (I-aQ₃-ps**); 2 - пески со следами связности (I-aQ₃-ps*);
3 - нормальные пески (I-aQ₃-ps); 4 - эоловые нормальные пески (vQ₃₋₄-ps)

ppm



1 - связные пески (I-aQ₃-ps**); 2 - пески со следами связности (I-aQ₃-ps*);
3 - нормальные пески (I-aQ₃-ps); 4 - эоловые нормальные пески (vQ₃₋₄-ps)

Присутствие более высоких концентраций микроэлементов, в том числе и **токсичных элементов в связных песках и следами связности**, возможно, связано с более высокими содержаниями оксидов титана, марганца и железа, выявленных в этих песчаных отложениях.

В результате исследований зафиксировано увеличение содержаний ванадия, цинка, циркония, иттрия с ростом концентраций **TiO₂, MnO, Fe₂O₃(общее)** во всех диапазонах (рис. 1–4).

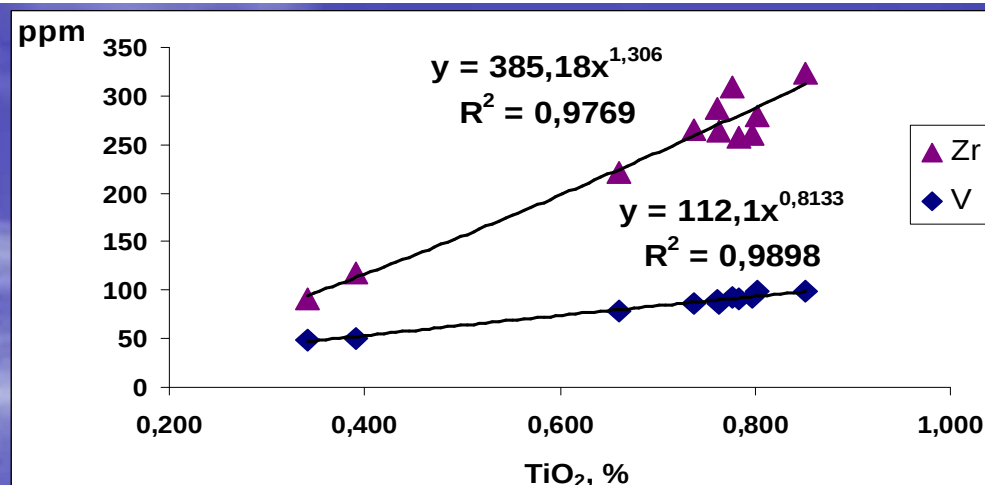


Рис. 1. Увеличение содержаний V, Zr с ростом концентраций оксида титана в песчаных отложениях террас реки Селенги.

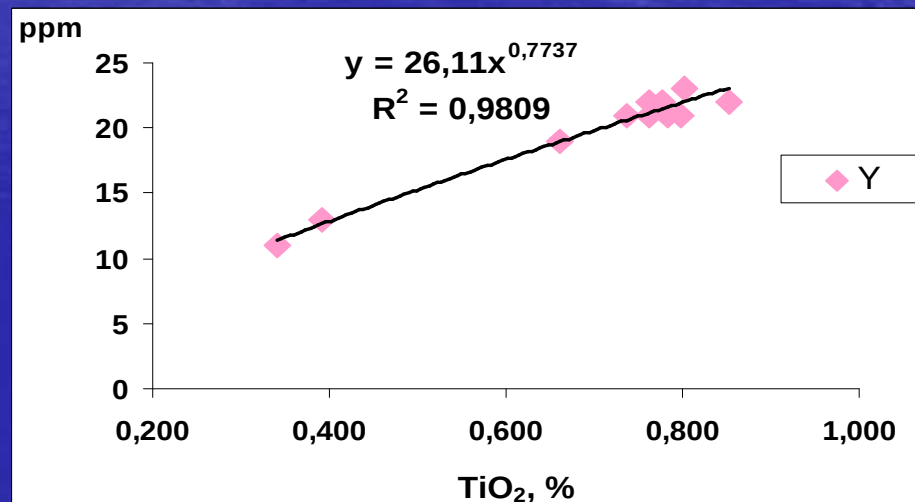


Рис. 2. Увеличение содержаний Y с ростом концентраций оксида титана в песчаных отложениях террас реки Селенги.

Рис. 3. Увеличение содержаний Zn с ростом концентраций оксида марганца в песчаных отложениях террас реки Селенги.

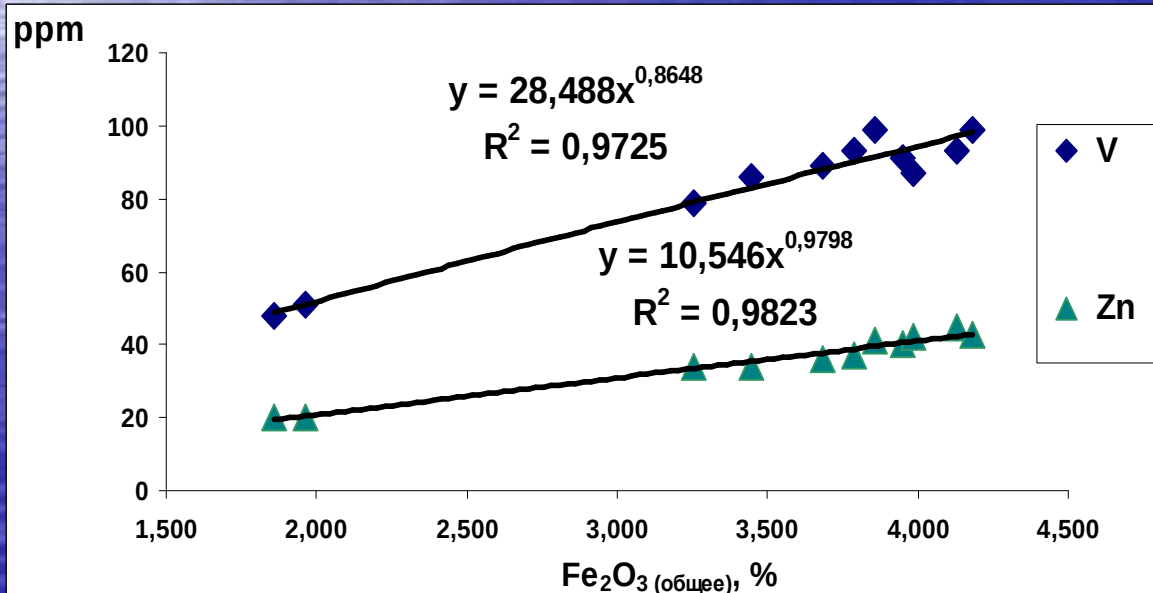
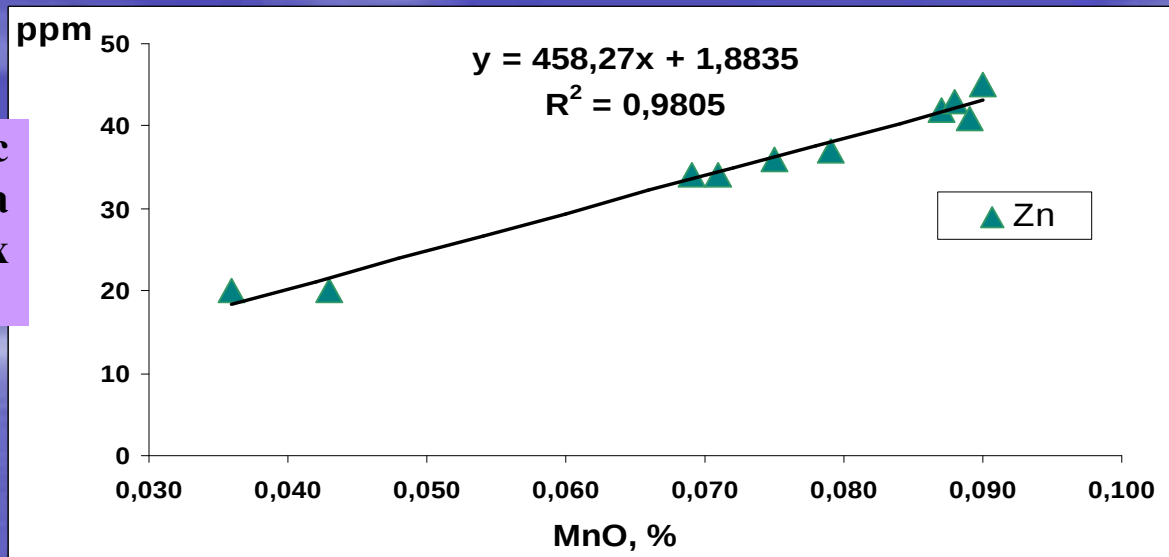


Рис. 4. Увеличение содержаний V, Zn с ростом концентраций оксидов железа в песчаных отложениях террас реки Селенги.

Объекты исследований в Баргузинской впадине

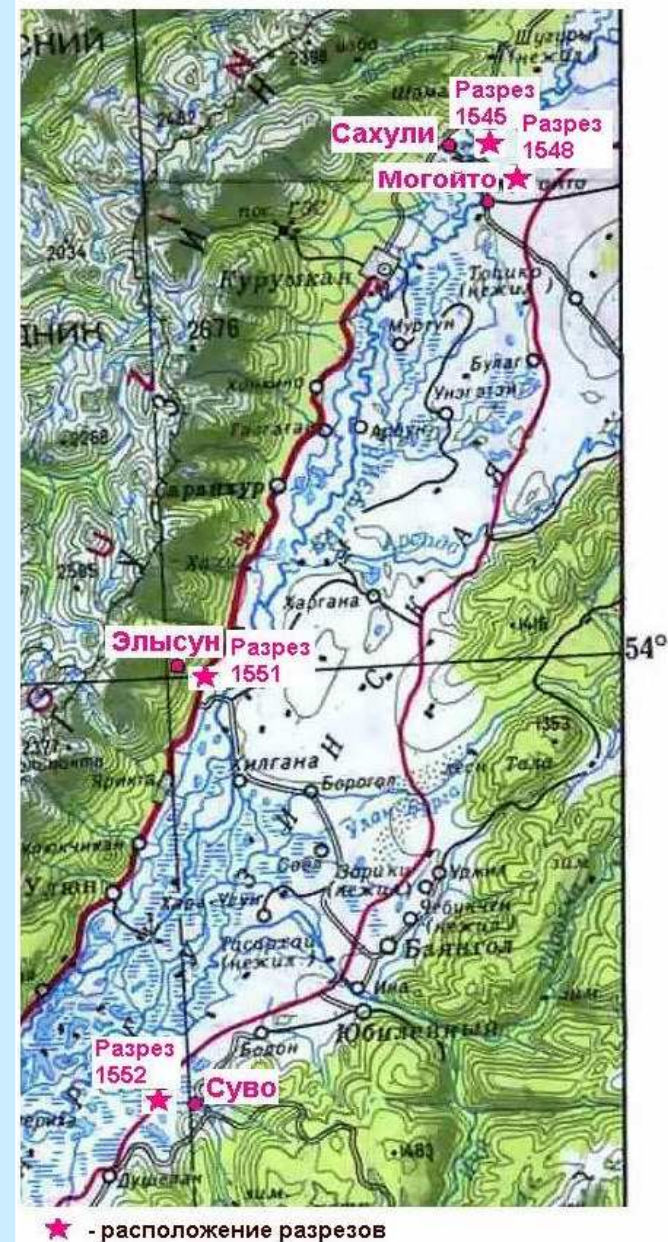
Разрез 1545 – циклично построенная толща песчаных отложений (aQ_4-ps^*) с горизонтами погребённых почв; расположен в 9 км к востоку от с. Сахули, правобережная терраса р. Куллук высотой 7–8 м (5 обр., интервал опробования 0,4–3,5 м);

Разрез 1548 – современная почва, песчаные отложения (aQ_3-ps^{**}); расположен в 5 км к северо-востоку от с. Могойто, уступ 30-метровой террасы р. Баргузин (3 обр., интервал опробования 0,1–1,2 м, ниже – слоистые нормальные пески);

Разрез 1551 – циклично построенная толща песчаных отложений (aQ_3-ps^*, ps^{**}, ps) с горизонтами погребённых почв (верхний – ппг2, нижний – ппг1); расположен в 4 км к юго-востоку от с. Элысун, уступ 28 – метровой террасы р. Баргузин (4 обр., интервал опробования 0,3–1,6 м);

Разрез 1552 – циклично построенная толща песчаных отложений ($vQ_{3-4}-ps^{**}, ps$) с горизонтами погребённых почв; расположен в 4 км к западу от с. Суво, на юго-восточном наветренном склоне эолового бугра навевания (5 обр., интервал опробования 0,5–4,0 м).

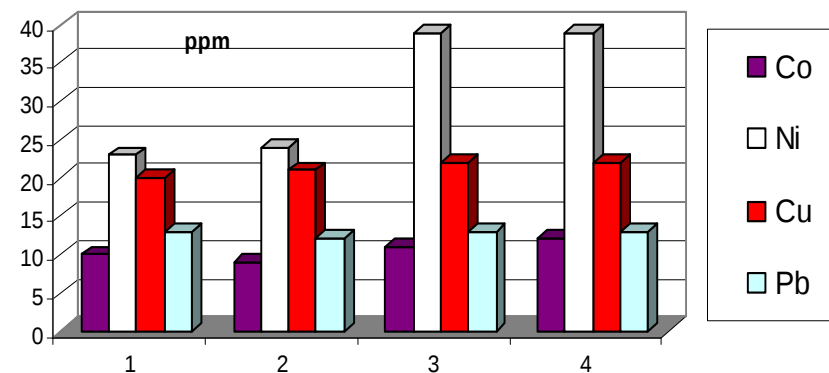
Образцы – из коллекции В.Л. Коломийца (Институт Геологии СО РАН, Улан-Удэ).



Микроэлементный состав песчаных отложений различных геолого-генетических комплексов Баргузинской впадины

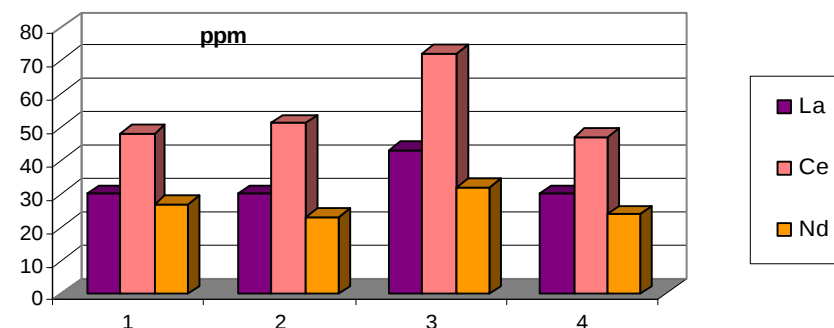
На рис. 5–6 показано распределение микроэлементов в нормальных и связных золовых песках, а также песках со следами облессования и связных аллювиальных комплексов.

Наиболее отчетливо проявляется сходство в микроэлементном составе нормальных (ps) и связных (ps**) золовых песков (возможно, процессы лёссового литогенеза здесь особых изменений не вызвали).



1,2 - нормальные (ps) и связные (ps**) пески золового комплекса (vQ3-4);
3 - пески со следами облессования (aQ4 ps*); 4 - связные пески (aQ3 ps**)

Рис. 5. Концентрации кобальта, никеля, меди, свинца в песчаных грунтах различных геолого-генетических комплексов Баргузинской впадины.



1,2 - нормальные (ps) и связные (ps**) пески золового комплекса (vQ3-4);
3 - пески со следами облессования (aQ4 ps*); 4 - связные пески (aQ3 ps**)

Рис. 6. Концентрации лантана, церия, неодима в песчаных грунтах различных геолого-генетических комплексов Баргузинской впадины.

Особенности микроэлементного состава песчаных отложений террас реки Селенги

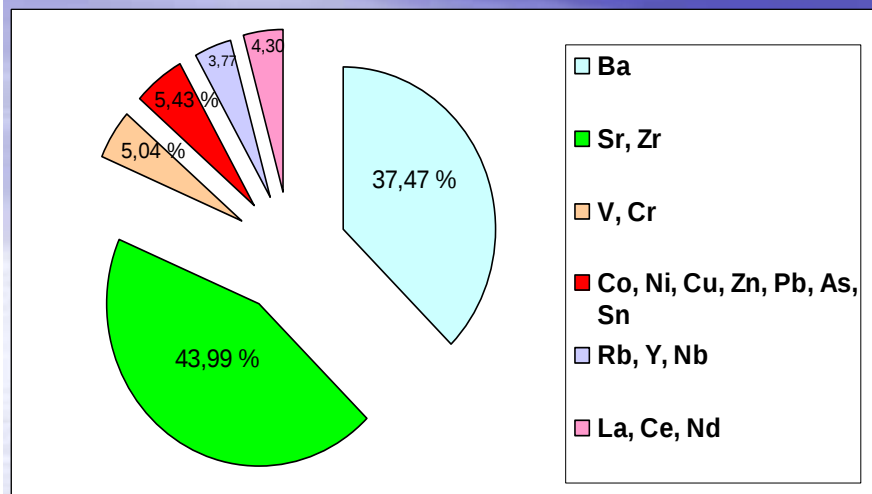


Рис. 7. Процентное содержание различных групп микроэлементов в образцах песчаных отложений Баргузинской впадины.

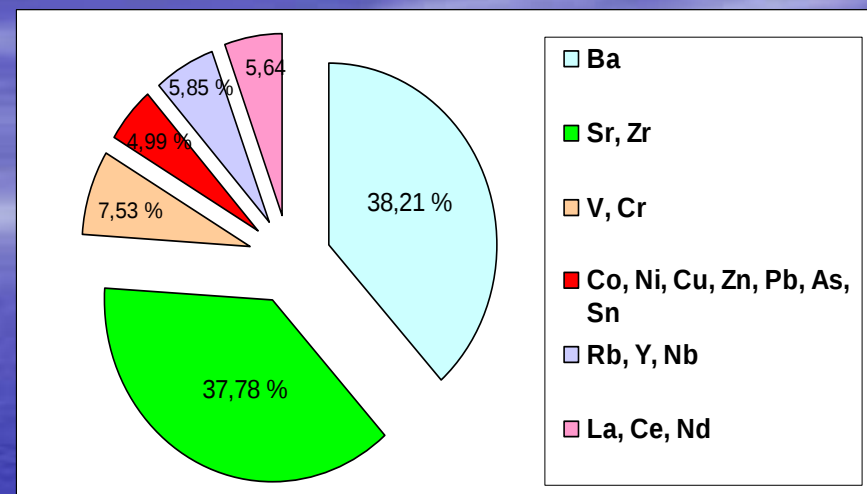
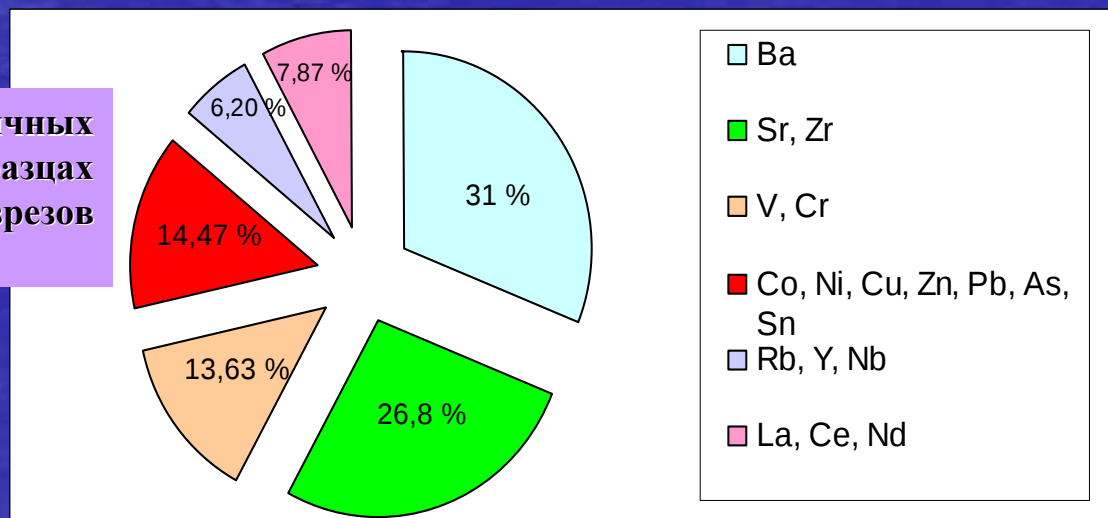
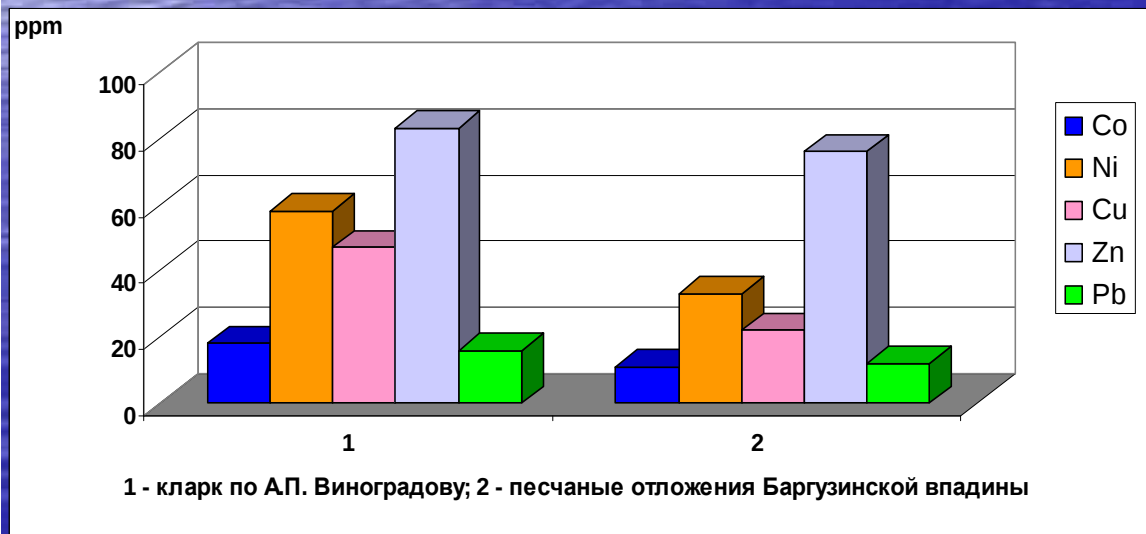
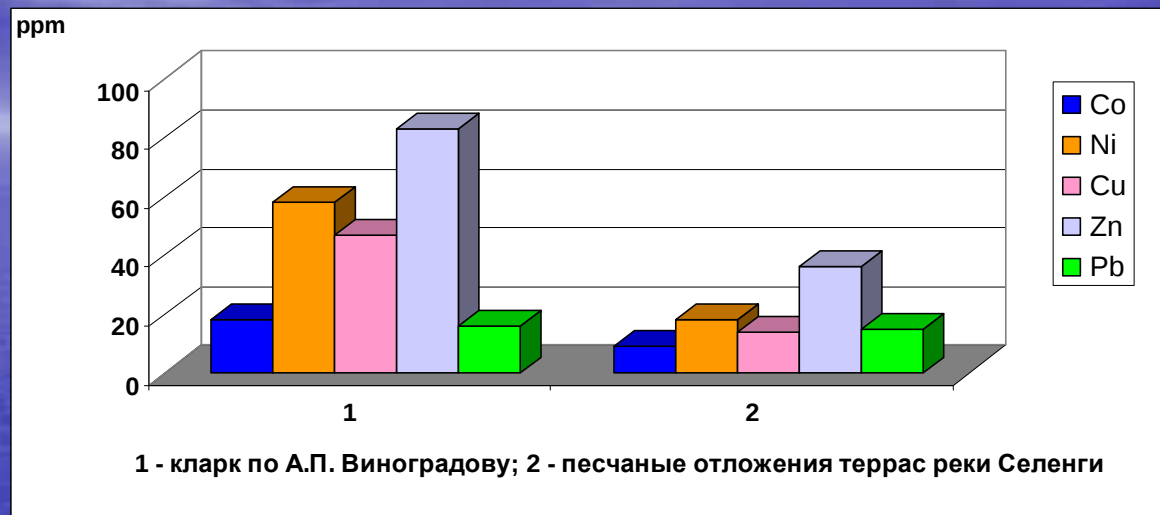


Рис. 8. Процентное содержание различных групп микроэлементов в образцах песчаных отложений террас реки Селенги.

Рис. 9. Процентное содержание различных групп микроэлементов в образцах дисперсных грунтов опорных разрезов “Маршал” (г. Иркутск).



Сравнительная характеристика концентраций токсичных элементов в песчаных отложениях террас реки Селенги и в песках Баргузинской впадины по отношению к значениям кларков



Значения геохимических индикаторов в песчаных отложениях террас реки Селенги

Для определения общих геохимических особенностей исследуемых песчаных грунтов произведен расчет индикаторных коэффициентов: Ca/Sr, Sr/Ba, Ba/Sr, Rb/Sr, V/Zn, La/V, Ti/Zr (табл. 4).

Таблица 4

Диапазоны значений Ca/Sr, Sr/Ba, Ba/Sr, Rb/Sr, V/Zn, La/V, Ti/Zr в исследуемых
песчаных отложениях различных геолого-генетических комплексов

ГГК	Ca/Sr	Sr/Ba	Ba/Sr	Rb/Sr	V/Zn	La/V	Ti/Zr	pH
vQ ₃₋₄ -ps	41	0,58	1,72	0,18	2,40	0,23	22	7,4
l-aQ ₃ -ps	40–57	0,54–0,72	1,40–1,84	0,15–0,21	2,51–2,55	0,27–0,28	15–20	7,4–7,6
l-aQ ₃ -ps*	54–76	0,66–0,69	1,46–1,52	0,16–0,17	2,30–2,53	0,23–0,32	16–18	7,2–7,8
l-aQ ₃ -ps**	67–82	0,63–0,65	1,53–1,58	0,16–0,18	2,07–2,41	0,25–0,32	17–18	7,4–7,6

Для исследуемых песчаных отложений характерны низкие значения (< 100) индикатора Ca/Sr , наибольшие показатели характерны для песков со следами связности и связных песков. Невысокие показатели коэффициентов Rb/Sr (0,15–0,21) и Ba/Sr (< 2) указывают на слабое развитие процессов гидролитического выветривания, при которых происходит разрушение легкорастворимых минералов в результате реакций гидролиза, а также на замедленное протекание процессов выщелачивания [Калинин, 2009]. Отношения концентраций V/Zn , напротив, являются высокими (2,07–2,55), что характерно для солоноватых условий среды осадконакопления [Задкова, Пospelова, Симонова, 1968]. Значения индикатора Ti/Zr (15–22) в исследуемых песках являются более низкими по сравнению с показателями данного коэффициента в глинистых отложениях ($aQ_4\text{-gln}$) (25–26) и ($aQ_3\text{-gln}$) (24–31), распространенных, как на урбанизированных территориях, так и за их пределами, поскольку с утяжелением гранулометрического состава пород величина отношения концентраций Ti к Zr возрастает и достигает максимальных значений в иловатых тяжелых суглинках и глинах [Сысо, 2007].

Выводы:

- 1. доминирующими элементами микроэлементных составов исследуемых песчаных отложений террас реки Селенги являются Ba, Sr и Zr, как и в случаях практически всех исследуемых объектов;**
- 2. пески со следами связности и связные озерно-аллювиального верхнечетвертичного комплекса характеризуются более высокими концентрациями оксидов титана, марганца и железа, а также повышенными содержаниями токсичных элементов, ванадия, хрома, лантана, церия, неодима по сравнению с нормальными песками;**
- 3. в эоловых песках зафиксированы более низкие концентрации токсичных элементов в отличие от песчаных отложений аллювиальных комплексов;**
- 4. песчаные отложения террас реки Селенги характеризуются минимальным процентным содержанием токсичных элементов по сравнению с песками Баргузинской впадины и дисперсными грунтами опорных разрезов “Маршал” г. Иркутска;**
- 5. получены значения определённых индикаторных коэффициентов, дающих информацию об условиях среды осадконакопления и о характере протекания процессов химического выветривания в исследуемых песках террас реки Селенги.**

Спасибо за внимание!

