

Г.Ю. Ямских, В.О. Брунгардт, А.С. Жолобов

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск (Россия)

**ОТРАЖЕНИЕ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЛЕСОСТЕПНЫХ
ЛАНДШАФТОВ КРАСНОЯРСКОЙ КОТЛОВИНЫ В СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫХ
СПЕКТРАХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРОБ (ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕКОНСТРУКЦИИ
КЛИМАТОВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ НЕОПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНА)
НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДЭВИСА**

Аннотация. В работе приведены данные детального геоботанического описания пробных площадок лесостепных ландшафтов территории Красноярской котловины, наименее подверженных антропогенному воздействию, и спорово-пыльцевых спектров (СПС) поверхностных проб разногенетических типов отложений для оценки отражения состава растительности в спектрах. Для установления достоверности полученных данных использован коэффициент Дэвиса, который дает возможность рассчитать отношение процентного содержания пыльцы вида в спектре к проценту участия этого вида в составе фитоценоза. Было установлено, что между составом растительного покрова лесостепных ландшафтов и составом спорово-пыльцевых спектров существует прямая корреляция. Наиболее достоверно состав растительного покрова отражается в общем составе пыльцы и спор в спектрах. Травянистая часть спектра не дает возможности в полной мере оценить видовой состав травянистой растительности в связи со сложностью видового определения пыльцы. Среди споровых растений наиболее достоверно прослеживается связь доли спор в СПС и их участия в растительном покрове хвощевых растений и папоротников.

Ключевые слова: реконструкции климатов и растительности, спорово-пыльцевой анализ, палиноспектры, поверхностные пробы, состав растительности.

G.Yu. Yamskikh, V.O. Brungardt, A.S. Zholobov

Siberian Federal University, Krasnoyarsk (Russia)

**REFLECTION OF THE COMPOSITION OF THE VEGETATION COVER
OF THE FOREST-STEPPE LANDSCAPES OF THE KRASNOYARSK BASIN
IN THE SPORE-POLLEN SPECTRA OF SURFACE SAMPLES (FOR THE PURPOSES
OF RECONSTRUCTION OF CLIMATES AND VEGETATION
OF THE NEO-PLEISTOCENE-HOLOCENE) BASED ON THE USE
OF THE DAVIS COEFFICIENT**

Abstract. The paper presents the data of a detailed geobotanical description of sample sites of forest-steppe landscapes in the territory of the Krasnoyarsk Basin that are least susceptible to anthropogenic impact and the spore-pollen spectra of surface samples of different types of sediments to assess the reflection of vegetation composition in the spectra. The Davis coefficient was used to establish the reliability of the data obtained, which makes it possible to calculate the ratio of the percentage of pollen of a species in the spectrum to the percentage of participation of this species in the composition of the phytocenosis. It was found that there is a direct correlation between the composition of the vegetation cover of forest-steppe landscapes and the composition of spore-pollen spectra. The composition of the vegetation cover is most reliably reflected in the total composition of pollen and spores in the spectra. The herbaceous part of the spectrum does not make it possible to fully assess the species composition of herbaceous vegetation due to the complexity of the species definition of pollen. Among spore plants, the most reliable relationship is between the proportion of

spores in the spore-pollen spectra and their participation in the vegetation cover of horsetail plants and ferns.

Keywords: reconstruction of climate and vegetation, spore-pollen analysis, spore-pollen spectra, surface samples, the composition of the vegetation.

В рамках современного глобального изменения климата большое значение отводится вопросам прогнозирования природно-климатических условий будущего. Так как ключ к пониманию будущего лежит в понимании процессов прошлого, высокой научной значимостью в этом аспекте обладают данные о характеристиках ландшафтах последней межледниковой эпохи [1]. В течение многих лет для реконструкций климатов и растительности широко используются данные спорово-пыльцевого анализа, который позволяет выявлять региональную динамику климатических и ландшафтных изменений [2]. Степень насыщенности осадка пылью и спорами, видовой состав палиноспектров является надежными показателями реакции растительных сообществ на изменение состояния природной среды, обусловленное общими тенденциями развития климата. В связи с этим спорово-пыльцевые спектры дают надежную информацию о показателях климата и позволяют прогнозировать их изменение в будущем. Поскольку любой вид растений хоть и обитает в определенных благоприятных для него климатических границах, пыльцевая и споровая продуктивность растений, ее сохранность и способность к переносу и переотложению зависят в большой степени от местных условий [3]. Поэтому для каждого региона с различным набором ландшафтных зон необходимо разрабатывать оценочные критерии связей в системе «растительность настоящего – субрецентные палинологические пробы – фоссильные спорово-пыльцевые спектры». Такие работы являются методической основой для интерпретации ископаемых палиноспектров из отложений разного генезиса и реконструкции растительности прошлых геологических эпох. На территории Красноярской котловины таких исследований было немного, поэтому в последние годы основное внимание исследователей и направлено на изучение поверхностных проб с одновременным геоботаническим изучением состава современной растительности в местах их отбора и выявления особенностей отражения состава современной растительности в спорово-пыльцевых спектрах субрецентных палинологических проб. Отбор поверхностных проб осуществлялся по стандартной методике [4]. Для учета основных закономерностей формирования спорово-пыльцевых спектров при их интерпретации часто применяются поправочные коэффициенты, которые позволяют перейти от процентного содержания компонентов спектра к процентному содержанию соответствующих растений в растительном покрове. Для выражения зависимости состава растительности в поверхностных СПС нами был применен коэффициент Дэвиса (K), рассчитывающийся как отношение процентного содержания пыли вида в спектре к проценту участия этого вида в составе фитоценоза [5]:

$$K = V/R,$$

где V – доля пыли таксона в спорово-пыльцевом спектре;

R – объем участия таксона в растительном покрове.

K – равное 1, показывает равный процентный вклад вида растений в СПС и проективное покрытие своего высотного уровня. $K > 1$ указывает на больший спорово-пыльцевой след, чем на присутствие растения в фитоценозе. Что означает либо высокую спорово-пыльцевую продуктивность растений, либо на дополнительное транзитное попадание спор и пыли с соседних территорий. $K < 1$ указывает на низкий процент спор и пыли по отношению к обильной встречаемости растения в фитоценозе, что означает низкую сохранность спорово-пыльцевого материала, либо низкую спорово-пыльцевую продуктивность вида растений. Ввиду того, что рассматриваемые величины вариативны в природной среде, незначительными отклонениями от значения 1 (равновеликие зависимости) следует пренебрегать, так как они находятся в зоне погрешности исследований. Однако следует учитывать, что данные по сопоставлению поверхностных спорово-пыльцевых спектров с составом фитоценозов могут быть эффективно использованы лишь в том случае,

если они получены для каждого крупного физико-географического региона в результате изучения большого числа субрецентных спектров поверхностных проб.

На территории развития лесостепной растительности для изучения был взят участок, расположенный в долине р. Базаиха – правого притока р. Енисей. Всего было описано 3 растительных сообщества на трех площадках - Бз-1, Бз-2, Бз-3 (рис. 1, 2, 3).



Рис. 1. Площадка Бз-1, березово-черемухово-хвощово-кипрейный молодой лес на средней пойме р. Базаиха

Площадка Бз-1. Березово-черемухово-хвощово-кипрейный молодой лес на средней пойме р. Базаиха (рис. 1). Древесный ярус образован березой повислой (*B. pendula*), формула древостоя – 10Б, средняя высота яруса – 10 м., сомкнутость крон – 0,7. Хорошо развит подлесок из черемухи птичьей (*P. avium*), сомкнутость яруса – 0,2. Травяной покров развит фрагментарно, доминантами здесь выступают хвощ зимующий (*Equisetum hyemale*) и кипрей узколистный (*C. angustifolium*), много – белокопытника гладкого, тимофеевки луговой (*P. pratense*), обычны такие виды как таволга вязолистная (*F. ulmaria*), клевер гибридный (*Trifolium hybridum* L.), вейник Лангсдорфа (*C. langsdorffii*), лютик северный (*R. subborealis*), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.), дудник лесной (*A. sylvestris*), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), лопух войлочный (*A. tomentosum*), камыш лесной (*Scirpus sylvaticus* L.), полынь обыкновенная (*A. vulgaris*), овсяница луговая (*F. pratensis*). Единично встречаются – льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris* Mill.), фиалка удивительная (*Viola mirabilis* L.), люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.), горошек заборный (*V. sepium*), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), манжетка городковатая (*A. subcrenata*). Общее проективное покрытие яруса составляет – 55%. Мохово-лишайниковый покров не развит.



Рис. 2. Площадка Бз-2, пойменный злаково-разнотравный луг на средней пойме р. Базаиха

Площадка Бз-2. Пойменный злаково-разнотравный луг на средней пойме р. Базаиха (рис. 2). Древесный и кустарниковый ярус отсутствуют. Доминантом травяного покрова выступает – вейник Лангсдорфа (*C. langsdorffii*), значительна доля тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.), много на площадке – тысячелистника азиатского (*A. asiatica*), мятлика обыкновенного (*P. trivialis*), пырея ползучего (*E. repens*), встречаются – белокопытник гладкий (*Petasites radiatus* (J.F. Gmel.) J. Toman), гравилат городской (*Geum urbanum* L.), горошек мышиный (*V. cracca*), герань луговая (*G. pratense*), таволга вязолистная. Отмечены, лопух войлочный (*A. tomentosum*), люцерна серповидная (*M. falcata*), лютик северный (*R. subborealis*), осот полевой (*S. arvensis*), очанка мохнатая (*Euphrasia*

	<i>hirtella</i>). Общее проективное покрытие яруса – 95%. Мохово-лишайниковый покров отсутствует.
	<p>Площадка Бз-3. Ивово-камышово-злаковые заросли в пойме р. Базаиха (рис. 3). Древесный ярус не развит. Кустарниковый ярус образован ивой трехтычинковой (<i>S. triandra</i>), встречаются отдельные кусты дерена белого (<i>S. alba</i>). Сомкнутость кустарникового яруса – 0,3. Доминантом травяно-кустарничкового яруса выступает вейник незамеченный (<i>C. neglecta</i>), много манника трехцветкового (<i>G. triflora</i>), камыша лесного (<i>S. sylvaticus</i>), значительна доля таволги вязолистной (<i>F. ulmaria</i>). Встречаются – лютик северный (<i>R. subborealis</i>), крапива двудомная (<i>U. dioica</i>), полынь обыкновенная (<i>A. vulgaris</i>), щавель водный (<i>Rumex aquaticus</i> L.), подорожник большой (<i>Plantago maxima</i> Juss. ex Jacq), клевер ползучий (<i>Trifolium repens</i> L.). Единично отмечены – яснотка белая (<i>Lamium album</i> L.), кипрей болотный (<i>Epilobium palustre</i> L.), вероника длиннолистная (<i>Veronica longifolia</i> L.). Затопляемый в половодье галечник занят белокопытником гладким (<i>P. radiatus</i>) и осокой водяной (<i>Carex aquatilis</i> Wahlenb.). Общее проективное покрытие травяного покрова достигает – 90%. Мохово-лишайниковый покров не развит.</p>

Рис. 3. Площадка Бз-3, ивово-камышово-злаковые заросли в пойме р. Базаиха

В спорово-пыльцевых спектрах лесостепной зоны отмечено пыльцы травянистых – до 30-40 % в среднем, пыльца древесных незначительно на разных участках преобладает над травянистой, количество спор не превышает 20 %. Лесообразующими породами здесь являются сосна и береза, содержание их пыльцы в спорово-пыльцевых спектрах может достигать 60-70%, количество пыльцы пихты и ели не более 10% [6].

В общем составе СПС (спорово-пыльцевых спектров) в отобранных образцах пыльца древесных пород и кустарников составляет – 59,5%, пыльца травянистых – 32,4%, спор – 8,1%. В группе пыльцы древесных около половины приходится на *Betula sp.* (50,2%), много *Pinus sylvestris* (28,05), затем идут *Abies sibirica* (9,55%), *Picea obovate* (5,45%), *Pinus sibirica* (2,5%), *Alnus sp.* (4,35%). В СПС среди трав наибольшее содержание пыльцы семейств Сурегасеae (31,2%), Rosaceae (21,8%), Ranunculaceae (14-15%), заметно участие *Artemisia sp.* (5,2%) и *Chenopodiaceae* (4,9%). В споровых господствует *Polypodiaceae* (50,7%), *Lycopodium sp.* (5,4%), *Equisetum* (2,6%), *Selaginella* (1,25%).

В описанных фитоценозах лесостепной зоны из древесных пород отмечается только береза. В составе СПС поверхностных проб отмечается участие всех основных древесных пород: *Betula sp.*, *Picea obovata*, *Abies sibirica*, *Pinus sibirica*, *Pinus sylvestris* (рис. 4).

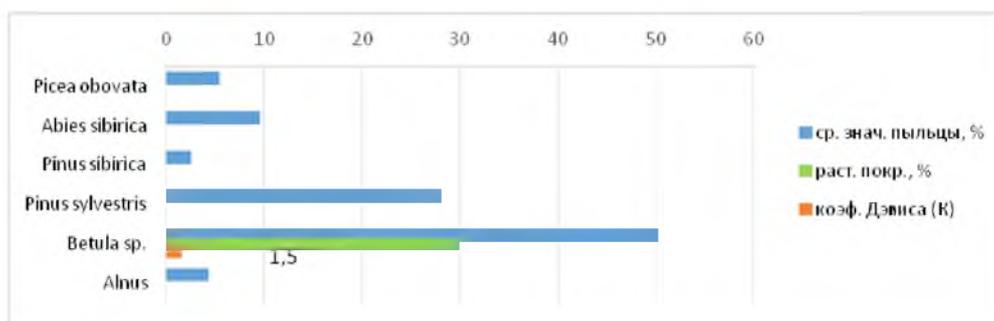


Рис. 4. Соотношение средней частоты встречаемости пыльцы и таксономической структуры древесной растительности лесостепной зоны

При геоботаническом описании травяного покрова лесостепного ландшафта были описаны виды из 16 семейств, в СПС для данной территории определена пыльца 12 семейств. Всего было выявлено 8 совпадающих семейств. Не были обнаружены в описываемых фитоценозах лесостепи представители следующих семейств: Brassicaceae, Chenopodiaceae, Liliaceae, Caprifoliaceae (рис. 5).

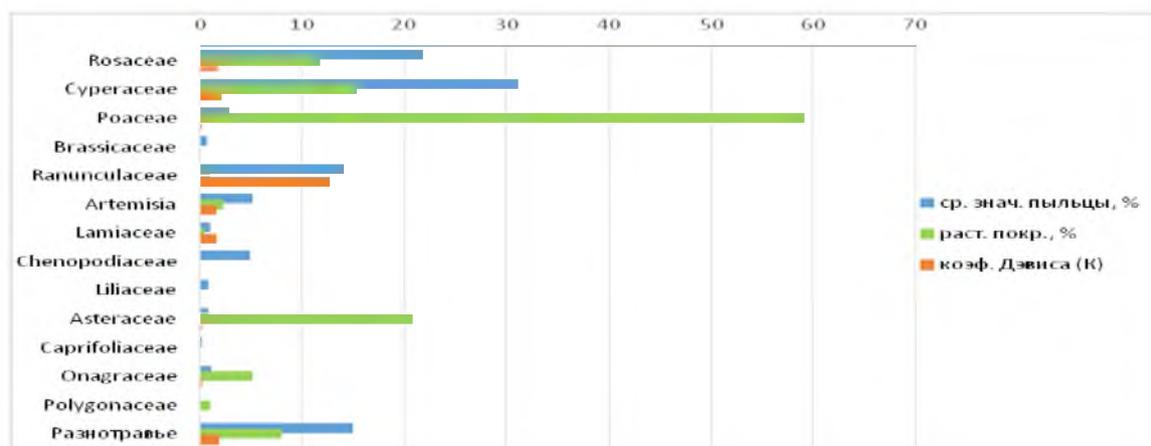


Рис. 5. Соотношение средней частоты встречаемости пыльцы и таксономической структуры травянистой растительности лесостепной зоны

К семействам растений, встречаемость пыльцы которых больше встречаемости видов из этих семейств на изучаемых площадках, относят следующие: Rosaceae, Cyperaceae, Ranunculaceae, Artemisia sp. В большом количестве обнаруженные при геоботаническом описании, но с малой встречаемостью в спорово-пыльцевых спектрах следующие семейства растений: Poaceae, Asteraceae, Onagraceae. Пыльца семейства Polygonaceae не обнаружена в спорово-пыльцевых спектрах, но виды из этого семейства обнаружены в пределах этой ландшафтной зоны.

Из споровых растений в описанных растительных сообществах зафиксированы только виды из рода *Equisetum*, которые отражены в спорово-пыльцевых спектрах (рис. 6). Существенная доля в СПС спор семейства Polypodiaceae и рода *Lycopodium* никак не отражена в растительном покрове лесостепной зоны.

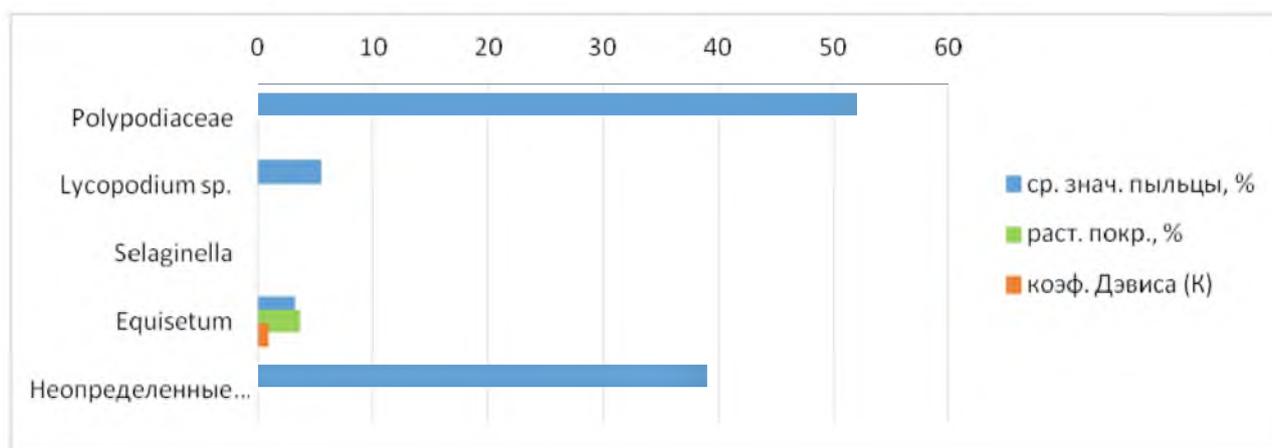


Рис. 6. Соотношение средней частоты встречаемости спор и таксономической структуре споровой растительности лесостепной зоны

Таким образом, в ходе проведенных исследований по изучению поверхностных проб лесостепных ландшафтов Красноярской котловины и отражения в них состава растительного покрова выявлена прямая корреляция. Следует отметить, что общий состав поверхностных проб спорово-пыльцевых спектров наиболее адекватно отражает зональный тип растительного покрова лесостепной зоны.

Трудности в определении видов пыльцы травянистых растений не позволяют произвести детальное сравнение соотношений видового состава поверхностных СПС с таксономической структурой травянистой растительности рассматриваемой зоны, чего нельзя сказать о пыльце древесной и кустарниковой растительности. Среди споровых растений прослеживается связь доли спор в СПС и участие в растительном покрове у хвощевых растений и папоротников из семейства Polypodiaceae.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края и Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 20-45-240001.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дрозд Е.Н. Использование палинологических данных для палеогеографических реконструкций // XI Всероссийская палинологическая конференция «Палинология: теория и практика». – Москва: ПИН РАН, 2005. – С. 74.
2. Жолобов А.С., Ямских Г.Ю., Кокова М.И. Отражение растительного покрова горно-таежных лесов (заповедник "Столбы") в субфоссильных спектрах // Сборник материалов международных научно-практических конференций. – 2018. – С. 539 – 545.
3. Сладков А.Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. – Москва: Наука, 1967. – 267 с.
4. Чернова Г.М. Спорово-пыльцевой анализ отложений плейстоцена-голоцена. – Санкт-Петербург: Изд-во Санкт.-Петербург. ун-та, 2004. – 128 с.
5. Quantitative interpretation of fossil pollen spectra, dissimilarity coefficients and the method of modern analogs / J. T. Overpeck // Quaternary Research. – 1985. – V. 23. – P. 87–108.
6. Ямских Г.Ю., Макаруч Д.Е. Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры – основа реконструкций палинологических данных (на примере территории Красноярской котловины и ее горного обрамления) // Эволюция жизни на Земле: материалы V Международного симпозиума / отв. ред. Подобина В.М. – Томск, 2018. – С. 229–230.

REFERENCES

1. Drozd E.N. Ispol'zovanie palinologicheskikh dannyh dlya paleogeograficheskikh rekonstrukcij [Use of palynological data for paleogeographic reconstructions]. *XI Vserossiyskaya palinologicheskaya konferenciya «Palinologiya: teoriya i praktika»* [XI All-Russian Palynological Conference "Palynology: Theory and Practice"]. Moscow, PIN RAN, 2005. p. 74.
2. Zholobov A.S., Yamskih G.Yu., Kokova M.I. Otrazhenie rastitel'nogo pokrova gornotaezhnyh lesov (zapovednik "Stolby") v subfossil'nyh spektrah [Reflection of vegetation cover of mountain-taiga forests (Stolby Nature Reserve) in subfossil spectra]. *Sbornik materialov mezhdunarodnyh nauchno-prakticheskikh konferencij* [Collection of materials of international scientific and practical conferences]. 2018. pp. 539–545.
3. Sladkov A.N. *Vvedenie v sporovo-pyl'cevoj analiz* [Introduction to spore-pollen analysis]. Moscow, Nauka, 1967. 267 p.
4. Chernova G.M. *Sporovo-pyl'cevoj analiz otlozhenij plejstocena-golocena* [Spore-pollen analysis of Pleistocene-Holocene sediments]. St.-Petersburg, Izd-vo Sankt.-Peterburg. un-ta, 2004. 128 p.
5. Overpeck J.T. Quantitative interpretation of fossil pollen spectra, dissimilarity coefficients and the method of modern analogs. *Quaternary Research*, 1985, vol. 23, pp. 87–108.
6. Yamskih G.Yu., Makarchuk D.E. Subfossil'nye sporovo-pyl'cevye spektry – osnova rekonstrukcij palinologicheskikh dannyh (na primere territorii Krasnoyarskoj kotloviny i ee gornogo obramleniya) [Subfossil spore-pollen spectra are the basis of reconstructions of palynological data (on the example of the territory of the Krasnoyarsk basin and its mountain frame)]. *Evolyuciya zhizni na Zemle: materialy V Mezhdunarodnogo simpoziuma* [Evolution of Life on Earth: Proceedings of the V International Symposium]. Tomsk, 2018. pp. 229–230.

Информация об авторах:

Ямских Галина Юрьевна, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79. E-mail: yamskikh@mail.ru

Galina Yu. Yamskih, Doctor of Science in Geography, professor, Head of the Geography Department, Siberian Federal University, 79, Svobodnyj avenue, Krasnoyarsk, 660041, Russia. E-mail: yamskikh@mail.ru

Жолобов Александр Сергеевич, магистр направления геоэкология, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79. E-mail: zhar327@mail.ru

Aleksandr S. Zholobov, master's degree in geocology, Siberian Federal University, 79, Svobodnyj avenue, Krasnoyarsk, 660041, Russia. E-mail: zhar327@mail.ru

Брунгардт Виктория Олеговна, магистрант направления геоэкология, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79. E-mail: bruvika@mail.ru

Viktoria O. Brungardt, master's student of geocology, Siberian Federal University, 79, Svobodnyj avenue, Krasnoyarsk, 660041, Russia. E-mail: bruvika@mail.ru