

- Е. А. Ганжа**, канд. геол. наук, младший научный сотрудник  
(Институт геологических наук НАН Украины),  
oag2909@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8510-5618>,
- Т. В. Охолина**, канд. геол. наук, старший научный сотрудник  
(Институт геологических наук НАН Украины),  
svilya@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3936-9561>,
- Ю. В. Крошко**, канд. геол. наук, научный сотрудник  
(Институт геологических наук НАН Украины),  
yukrosh.79@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7601-7760>

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И РУДОНОСНОСТЬ ЗЕЛЕНОЯРСКОГО ТИТАН-ЦИРКОНИЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Зеленоярское россыпное месторождение пространственно и генетически связано с отложениями новопетровской и в меньшей степени берекской свит. В геологическом плане промышленные концентраты тяжелых минералов преимущественно приурочены к низам новопетровской свиты. По простираню всех рудных залежей наивысшее содержание коллективного концентрата приурочено к первой трети простираня, причем характерно относительно постепенное нарастание в направлении от северо-западного фланга в юго-восточном направлении.*

*На основе анализа и модернизации традиционных представлений с учетом новых стратиграфических, палеогеографических и литологических данных, а также результатов цифрового структурно-литологического моделирования дана современная трактовка геологического строения, рудных характеристик и условий образования Зеленоярского титан-циркониевого месторождения. Создана цифровая структурно-литологическая модель месторождения, отражающая его рудные характеристики. Построено палеогеографическую схему месторождения, которая дополняет палеогеографическую схему локальной масштабности.*

**Ключевые слова:** титан, цирконий, месторождения, моделирование, палеогеографические схемы.

**Постановка проблемы.** Зеленоярское россыпное титан-циркониевое месторождение расположено в северо-восточной части Винницкой области. Оно выявлено в 1962 г. Правобережной экспедицией треста “Киевгеология” при геологической съемке масштаба 1:50 000 (И. И. Шоцкий, 1962). В 1962–1965 гг. здесь проведены поисково-разведочные работы, в результате чего месторождение было оконтурено и подсчитаны

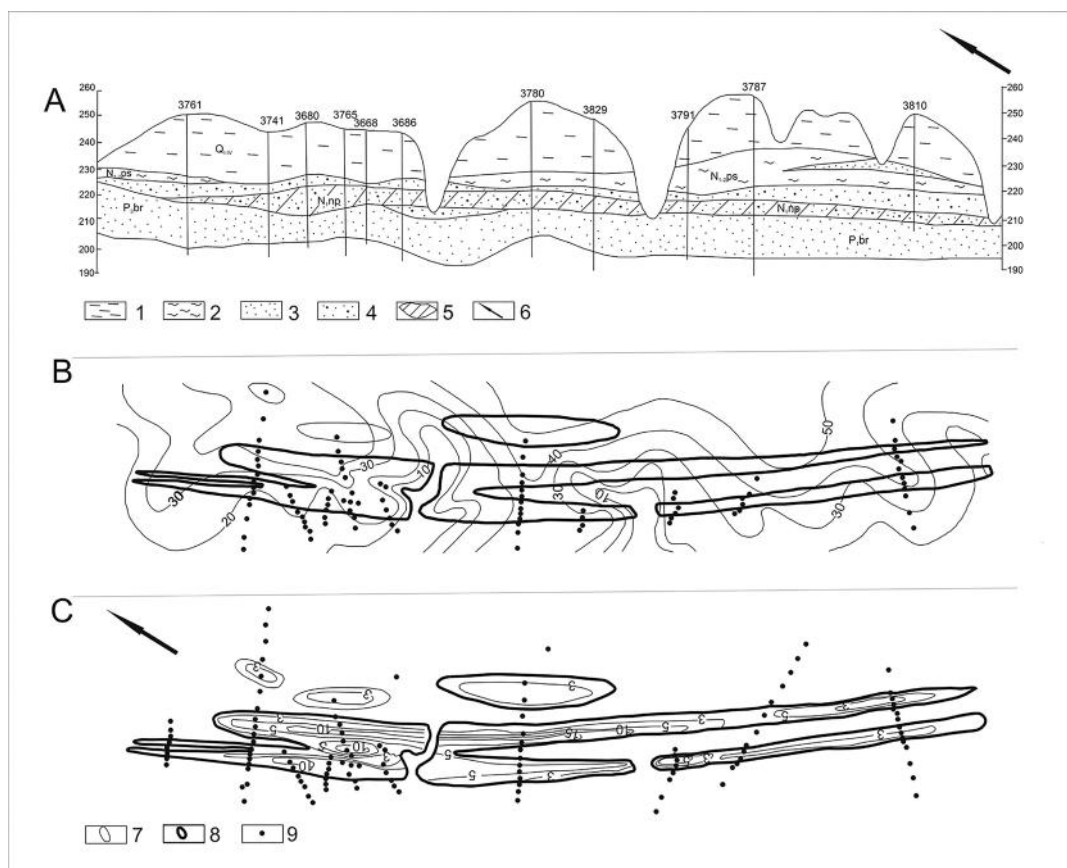
его запасы по категории  $C_2$ . Начиная с 1962 года, Институт геологических наук АН УССР, а с 1965 года Институт минеральных ресурсов Министерства геологии УССР изучали вещественный состав и технологию обогащения полезных ископаемых Зеленоярского месторождения. В 60–70-х годах опубликовано ряд работ, в которых освещены геологическое строение, закономерности размещения, вещественный состав россыпей и др.

[3, 11, 14, 15, 17, 18]. В связи с развитием новых технологий и востребованностью титанового сырья актуальным становится вопрос современной геолого-экономической характеристики Зеленоярского месторождения.

**Геологическое строение.** В геологическом строении Зеленоярского месторождения принимают участие докембрийские, палеогеновые, неогеновые и четвертичные образования (рис. 1). Докембрийские образования представлены биотит-плагиоклазовыми гнейсами, амфиболитами, серыми равномерно-зерни-

стыми гранитами житомирского типа, а также розовыми аплит-пегматоидными гранитами и их мигматитами. На этих породах развита и почти повсеместно сохранилась от размывов кора выветривания мощностью 10–25, редко 40–50 м, поверхность которой расчленена эрозионными понижениями, выполненными бучакскими континентальными отложениями.

На размывтой поверхности коры выветривания залегают отложения бучакской свиты. В пределах месторождения отложения этой свиты развиты на ограниченной площади преимущественно в юго-вос-



**Рис. 1. Геологическое строение Зеленоярского месторождения**

А. Продольный разрез Зеленоярской россыпи (северо-западная залежь): 1 – суглинки четвертичные, 2 – пестроцветные глины сарматской свиты, 3 – пески мелко- и тонкозернистые бережской свиты, 4 – пески средне- и разнотоннозернистые новопетровской свиты, 5 – рудное тело, 6 – кора выветривания кристаллических пород фундамента;

В. Карта изопакит вскрышных пород; С. Карта изопакит рудного тела:

7 – изопакиты, 8 – контуры рудных тел, 9 – скважины разведочного бурения

точной части (сс. Березовка, Осична). Представлены отложения песками, песчаниками, глинами, бурым углем и мало-мощными линзами вторичных каолинов.

Отложения перекрываются отложениями межигорской и берекской свит. Абсолютные отметки подошвы толщи составляют 165,9–198,3 м; разница в отметках – 32,4 м. Кровля толщи довольно ровная, ее абсолютные отметки достигают 190,0–200,0 м.

Отложения межигорской свиты пространственно приурочены к площади развития бучакских отложений и существенной роли в геологическом строении месторождения не играют. Они представлены песками глауконит-кварцевыми, зеленовато-серыми, темно-серыми с неявно выраженной горизонтальной слоистостью. Мощность отложений не превышает 5 м.

В 70-х годах, когда активно проводилось изучение Зеленоярского месторождения И. И. Шоцким, К. А. Пузик, И. И. Бондарем, С. Н. Цымбалом и др. [3, 11, 14, 15, 17, 18], было установлено, что на отложениях межигорской свиты залегает полтавский горизонт. На конкретном месторождении по литологическим признакам этот горизонт четко разделялся на две толщи: среднюю и верхнюю. Разделение на две толщи произведено в соответствии с делением полтавского горизонта, принятом в “Геологии УССР”, том 5. Нижний горизонт в районе работ отсутствует. Параллельно с этими работами решали вопросы литостратиграфии полтавских отложений, которые в конечном итоге были разделены на берекскую и новопетровскую свиты [1, 4–6, 13]. Сопоставляя литологическое описание указанных свит с подгоризонтами полтавской толщи, нами отнесено средний горизонт к отложениям берекской свиты, а верхний горизонт – к новопетровской свите. Однако этот вопрос не изучался достаточно подробно и требует более детального изучения.

Берекская свита залегает на отложениях межигорской свиты, с которыми свя-

зана постепенными переходами, а также в меньшей степени – на размытой поверхности бучакских отложений и древней коры выветривания кристаллических пород. Представлены отложения песками с редкими тонкими прослойками бентонитоподобных зеленоватых глин, мощность которых не превышает 1–2 см.

Пески кварцевые, светло-зеленые, серые до белых, охристо-желтые, к подошве зеленовато-серые, мелкозернистые, каолиновые, изредка углистые, в низах с различным содержанием тяжелых минералов (ильменита, рутила, циркона, дистена, силлиманита и др.).

Содержание рудных минералов в песках горизонта незначительное, но в отдельных случаях повышается до промышленного и колеблется от 1 до 97,5 кг/т.

Для обогащенных песков характерна отчетливая тонкая горизонтальная слоистость, обусловленная скоплением рудных минералов. Встречаются участки равномерного распределения рудных минералов по всему слою песка.

Мощность отложений на большей части выдержана и в большинстве скважин изменяется в пределах 10–15 м. Наименьшая мощность 1,8 м отмечена в скважине 3877, наибольшая – 26,9 м – в скважине 3860.

Новопетровская свита распространена в центральной части месторождения и прослеживается узкой полосой через все месторождение в юго-восточном направлении. Ширина полосы – 1,2–3,5 км. Залегают породы свиты повсеместно на отложениях берекской свиты, с которыми она имеет четкий гранулометрический контакт. Пески новопетровской свиты крупнее и хорошо окатаны.

Четкий контакт между свитами лучше всего прослеживается в местах развития рудных песков, т. е. в пределах рудных залежей. По мере удаления от рудных залежей на северо-восток наблюдается постепенное размывание контакта.

Пески новопетровской свиты в при-контактной части более мелкозернистые и хуже окатаны. В разрезе появля-

ются 2–3 слоя песков, подобных пескам верхнего горизонта.

Дальше на северо-восток пески новопетровской свиты фашиально замещаются песками берекской свиты. Таким образом, северо-восточная граница распространения песков проведена с некоторой условностью, тогда как юго-западная граница прослеживается четко по резкой смене гранулометрического состава песков.

Отложения новопетровской свиты представлены исключительно песками. Пески кварцевые, кирпично-красные, с постепенным переходом к подошве в охристо-желтые, светло-серые и темно-серые (благодаря рудному обогащению) цвета. Окраска песков в значительной степени изменяется и по простиранию пород. Более интенсивные кирпично-красные тона преобладают в северо-западной части месторождения, а по мере продвижения на юго-восток их окраска постепенно переходит в охристо-желтую и светло-серую.

Мощность новопетровских отложений непостоянная, изменяется от 0,7 до 18,8 м. Увеличение мощности песков происходит с юго-запада на северо-восток (вкост простирания рудных залежей) и по простиранию на юго-восток. Абсолютные отметки подошвы песков не поднимаются выше 236 м над уровнем моря, а минимальные – 202 м. Наивысшие отметки преобладают в северо-западной части месторождения. Понижение подошвы пород происходит в восточном и юго-восточном направлениях, но интенсивнее – на восток.

Пески кварцевые (48,2–100 %), тяжелая фракция представлена ильменитом, рутилом, цирконом, дистеном, силлиманитом, ставролитом, турмалином и др. минералами.

Залегание берекской свиты на отложениях морского нижнего – среднего олигоцена [4–6], а новопетровской свиты под среднесарматскими глинистыми отложениями служит основанием для отнесения их к верхнему олигоцену – среднему миоцену. Принадлежность новопетровской свиты к миоцену, а берекской – к оли-

гоцену подтверждает выдвинутое нами предположение о принадлежности горизонтов полтавской серии к определенным свитам.

Сарматский ярус представлен горизонтом “пестрых” глин, которые сплошным чехлом перекрывают отложения новопетровской свиты и связаны с последующим постепенным переходом. Средняя мощность – от первых сантиметров до 4 м.

Нерасчлененные нижнечетвертичные-верхнеогеновые отложения развиты, в основном в юго-восточной части месторождения, и представлены кирпично-красными и красно-бурыми глинами мощностью 1,2–9,7 м.

Четвертичные отложения сплошным чехлом перекрывают всю площадь месторождения, представлены зеленовато-серыми озерными суглинками, песками, лессовидными суглинками и лессами, ископаемыми и современными почвами суммарной мощностью 1,5–29,5 м.

**Рудная характеристика.** Зеленоярское россыпное месторождение пространственно и генетически связано с отложениями новопетровской и в меньшей степени берекской свит.

Поверхность месторождения представляет собой плоскую равнину, сильно изрезанную оврагами. Абсолютные отметки поверхности месторождения варьируют от 221,45 (скв. 3825) до 261,85 м (скв. 3737). Естественных обнажений рудных песков не наблюдается, все поисковые работы проведены с помощью бурения скважин.

Для переоценки и уточнения рудных характеристик месторождения была использована методология структурно-литологического моделирования. Принципы цифрового структурно-литологического моделирования разработаны под руководством Д. П. Хрущева и неоднократно были апробированы на ряде месторождений [2, 7, 8, 16, 19, 20]. Цифровая структурно-литологическая модель месторождения позволила получить комплект карт, которые дают представление об условиях распределения рудных минералов (ильменит, рутил, лейкоксен, сил-

лиманит, циркон) во вмещающих толщах как в вертикальном разрезе, так и по латерали. Особенностью полученных визуализаций является объединение и усреднение повышенных содержаний полезных ископаемых берекской и новопетровской свит, хотя рудная толща является сплошной только на одной залежи. Ниже представлено площадное распределение содержания коллективного концентрата по площади Зеленоярского титан-циркониевого месторождения (рис. 2).

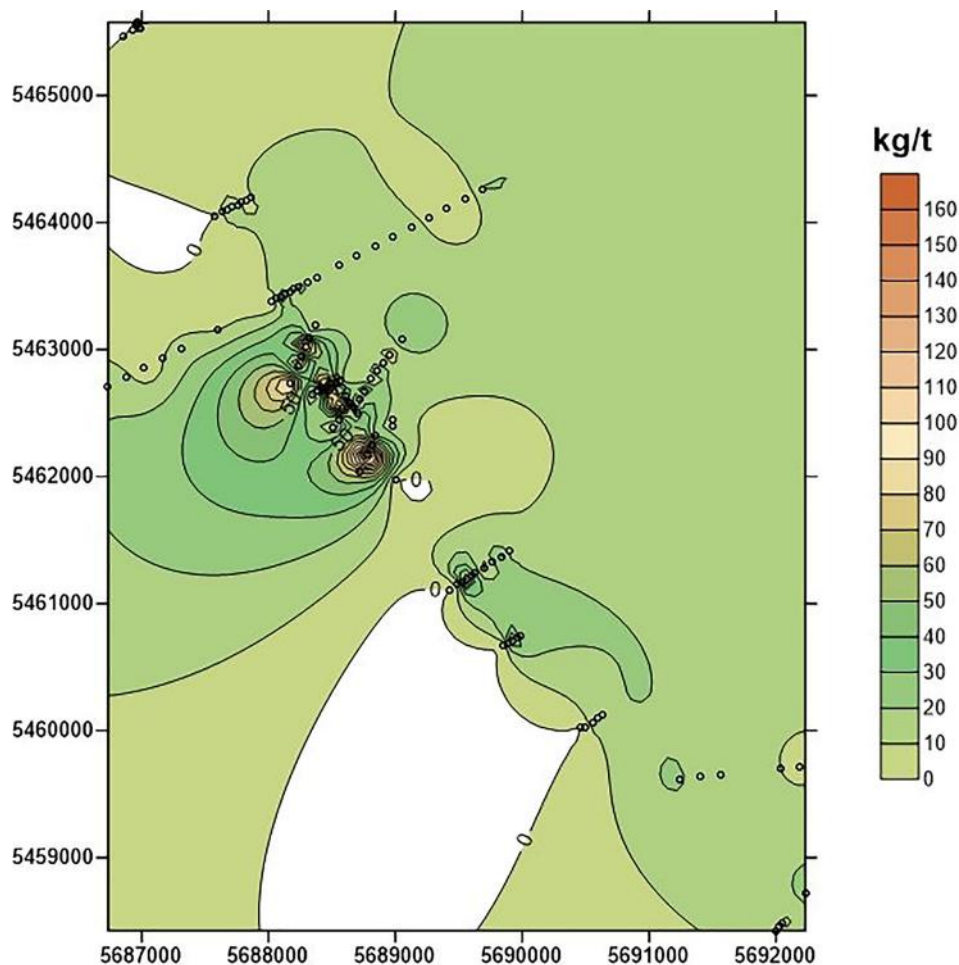
В плане месторождение представляет собой параллельные лентовидные залежи, вытянутые с северо-запада на

юго-восток. Простираение залежей совпадает с общим простираением миоценовой долины, а в пределах последней они располагаются вблизи крутого склона.

Содержание рудных минералов в песках берекской свиты незначительно, но в отдельных пробах достигает 97,5 кг/т.

В отложениях берекской свиты выделено три рудных залежи: Северо-Восточная-1, Северо-Восточная-2 и Юго-Восточная [10, 14, 15].

Первые две залежи находятся в пределах месторождения, а Юго-Восточная залежь выделена по данным только одной скважины. Мощность рудных песков



**Рис. 2.** Площадное распределение содержания коллективного концентрата по площади Зеленоярского титан-циркониевого месторождения



– 2,3 м, содержание коллективного концентрата – 10,8 кг/т. Глубина залегания – 35,7 м. В связи с такими показателями залежь не представляет практического интереса и далее не будет рассмотрена.

В песках новопетровской свиты наблюдаются промышленные концентрации рудных минералов: ильменита, рутила, циркона, лейкоксена, силлиманита, дистена, ставролита и др., содержание которых местами достигает 518 кг/т.

В отложениях новопетровской свиты россыпь титан-циркониевых минералов представлена тремя залежами: Юго-Западной, Северо-Восточной-1 и Северо-Восточной-3.

Северо-Восточная-1 рудная залежь берекской свиты расположена в верхней части разреза в непосредственном контакте с одноименной рудной залежью новопетровской свиты. Мощность обогащенного слоя – 2,1–6,0 м, ширина – 80–350 м, простирание – около 3 км. При подсчете запасов залежи берекской и новопетровской свит объединены в одну и оценка их дана общая.

Северо-Восточная-2 рудная залежь бедная; содержание рудных минералов – 12–20 кг/т, мощность – 3,0–4,3 м, ширина – около 300 м. По простиранию она оконтурена условно.

Юго-Западная рудная залежь прослежена 30-ю скважинами в северо-западном и юго-восточном направлениях на протяжении 13,5 км, при максимальной ширине 206 м. Преобладающая ширина залежи – 40–120 м. Площадь залежи – 904,7 тыс. м<sup>2</sup>.

Форма рудной залежи линзообразная с четкими юго-западным и северо-восточным бортами, которые хорошо оконтуриваются по резкой смене содержания рудных минералов. Мощность рудной залежи непостоянна и колеблется от 0,4 до 10,7 м.

Анализ характера изменения мощностей по простиранию рудной залежи позволил установить, что в крайней северо-восточной части максимальная мощность рудного пласта достигает 1,6 м; затем, по мере продвижения на юго-восток происходит увеличение

мощности рудных песков до 10,7 м, которое сменяется довольно плавным снижением до 0,5 м. В продольном разрезе залежь резко обрывается, что вызвано эрозионной деятельностью современной балки Зеленый Яр.

Вкрест простирания максимальная мощность рудных песков в большинстве случаев фиксируется ближе к юго-западному борту залежи и постепенно выклинивается в северо-восточном направлении; иногда максимум отмечается в осевых частях залежи с постепенным переходом в безрудные пески по ее бортам. Средняя мощность рудных песков по залежи – 4,4 м.

Содержание тяжелых минералов в залежи изменяется от 10,4 до 518 кг/т. Пески с содержанием концентрата ниже 10,4 кг/т в рудную залежь не включали. Среднее содержание рудных минералов по залежи равно 117,2 кг/т.

Северо-Восточная-1 рудная залежь расположена параллельно Юго-Западной залежи и вскрыта 13-ю скважинами. Длина залежи по простиранию – 7,2 км, при максимальной ширине – 400 м. Площадь рудной залежи – 1356,2 тыс. м<sup>2</sup>. Форма залежи линзообразная с более расширенной частью на северо-западном фланге и постепенным сужением в юго-восточном направлении. Мощность рудных песков не превышает 9 м при минимальном значении 0,6.

Изменению мощности рудных песков по простиранию свойственны те же закономерности, что и в Юго-Западной залежи, но вкрест простирания она ведет себя несколько по-иному. В плане она представлена как единое целое, хотя в толще песков новопетровской свиты в центральной части разбивается на две струи. Цельность залежи в плане объясняется тем, что под ней залегают пески берекской свиты с промышленным содержанием рудных минералов. Содержание тяжелых минералов в залежи колеблется от 10,3 до 246,2 кг/т.

Северо-Восточная-3 рудная залежь подсечена только одной скважиной. Раз-

меры залежи точно определить невозможно. Мощность рудных песков равна 4,1 м, содержание тяжелых минералов – 36 кг/т.

В геологическом плане промышленные концентраты тяжелых минералов преимущественно приурочены к низам новопетровской свиты. Более четко эта особенность выдержана в Северо-Восточной-1 залежи. В Юго-Восточной части залежи она нарушена. Здесь промышленные скопления рудных минералов отмечаются в средней части разреза.

Для Юго-Западной залежи промышленные содержания тяжелых минералов отмечаются в низах новопетровской свиты преимущественно ближе к юго-западному борту залежи. По мере удаления на северо-восток (вкост простирания) обогащение как бы “всплывает” и между подошвой вмещающих пород и нижним контактом остается слой пустых пород.

По простиранию всех рудных залежей наивысшее содержание коллективного концентрата приурочено к первой трети простирания, причем характерно относительно постепенное нарастание в направлении от северо-западного фланга в юго-восточном направлении. Достигнув максимума, по мере удаления на юго-восток содержание концентрата уменьшается до бортового, причем отмечаются довольно резкие колебания по отдельным линиям.

Наиболее тяжелые рудные минералы (циркон, рутил, ильменит) играют большую роль в составе концентрата в северо-западных частях рудных залежей. По мере удаления на юго-восток содержания циркона и рутила понижаются довольно плавно соответственно с 8 и 16 % (на северо-западе) до 3 и 7 % (на юго-востоке). Содержание ильменита в концентрате уменьшается скачкообразно с 36 до 16 %.

Минералы группы дистена и ставролита в составе концентрата по простиранию рудных залежей ведут себя в порядке, обратном рудным минералам. Роль этих минералов в составе концентрата заметно повышается в юго-восточной части рудных залежей, где содержание их возрас-

тает с 12 до 26 % для минералов группы дистена и с 18 до 27 % – для ставролита.

Таким образом, наиболее высокие содержания концентрата приходится на первую треть залежи, что объясняется близостью источников сноса тяжелых минералов.

Увеличение содержаний наиболее легких минералов по простиранию рудных залежей указывает на то, что формирование титан-циркониевых россыпей происходило в водной среде с направленным течением.

Видовой состав и типоморфные особенности тяжелых минералов россыпей указывают на то, что их коренными источниками были чудново-бердичевские граниты, гранодиориты, диориты и аплито-пегматоидные граниты, развитые на междуречье Южный Буг – Тетерев [15].

**Генезис.** Изучение генетических аспектов проводили по структурным и текстурным особенностям литофаций и площадному распространению рудных минералов.

Для обогащенных песков берекской свиты характерна отчетливая тонкая горизонтальная слоистость, обусловленная скоплением рудных минералов. Встречается и равномерное распределение рудных минералов по всему слою песчаных отложений.

По данным результатов гранулометрического анализа, с целью выяснения условий формирования песчаных отложений, рассчитаны гранулометрические коэффициенты. Полученные данные свидетельствуют о том, что пески берекской свиты обладают хорошей сортированностью, коэффициент сортировки их колеблется от 0,076 до 0,203, при среднем значении – 0,130. Средний размер зерен изменяется в пределах от 0,073 до 0,157 мм.

Используя полученные коэффициенты, получаем совокупность точек на генетической диаграмме Л. Б. Рухина (рис. 3), попадающих в определенное поле, которое характеризует динамические условия среды формирования, как поле со слабыми колебательными движениями воды. Такие условия характерны для фаций прибрежного мелководья.

Заметное повышение мощности отложений берекской свиты в юго-западном и северо-восточном направлениях является признаком углубления бассейна в данных направлениях.

Характерной особенностью отложений новопетровской свиты является их распространение узкой полосой через все месторождение в юго-восточном направлении. Ширина полосы – 1,2–3,5 км.

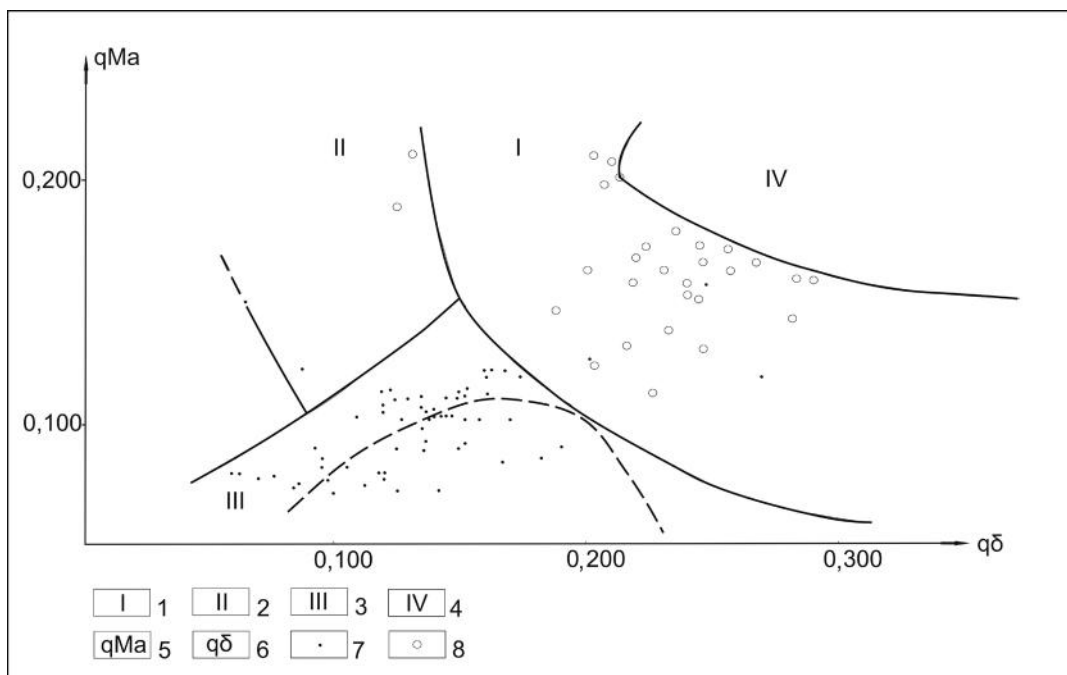
Четкий контакт между отложениями берекской и новопетровской свит лучше всего прослеживается в пределах рудных залежей. По мере удаления от рудных залежей на северо-восток наблюдается постепенный размыв контакта.

Отложения, слагающие новопетровскую свиту, характеризуются хорошей горизонтальной и косой слоистостью. Слоистость обусловлена обогащением песков

рудными минералами, которые накапливаются в виде темно-серых тонких слоев, чередующихся с такими же тонкими безрудными полосками. Косая слоистость несогласно контактирует с горизонтальной слоистостью. Угол падения – 20–22°, направление западное. Мощность косых слоев – 2–3 см, мощность серии слоев – 20 см.

Иногда наблюдается горизонтальная слоистость, вызванная избирательным характером ожелезнения. В таких случаях наблюдается нечеткое переслаивание пород с различной интенсивностью ожелезнения от охристо-желтых до кирпично-красных тонов. Такая слоистость наблюдается у кровли горизонта.

Гранулометрический состав песков изучался по рудным залежам, поэтому характеристика зернового состава отло-



**Рис. 3. Генетическая диаграмма Л. Б. Рухина для песков берекской и новопетровской свит Зеленеярского месторождения**

1 – поле песков, отложенных при поступательном движении воды (русловые, зоны течения); 2 – поле песков, отложенных при сильных колебательных движениях воды (прибрежные, пляжные, мелководные пески); 3 – поле песков, отложенных при слабых колебательных движениях воды (донные пески); 4 – эоловые пески; 5 – средний размер зерен; 6 – коэффициент сортировки; 7 – пески берекской свиты (61 проба); 8 – рудные пески новопетровской свиты (61 проба)



жений дана применительно к пескам этих залежей.

По гранулометрическому составу отложения новопетровской свиты – разнородные с преобладанием среднезернистых. Преобладают среднезернистые пески с размером зерен крупнее 0,25 мм (47,7 %), мелкозернистые пески (0,25–0,1 мм) составляют 31,6 %.

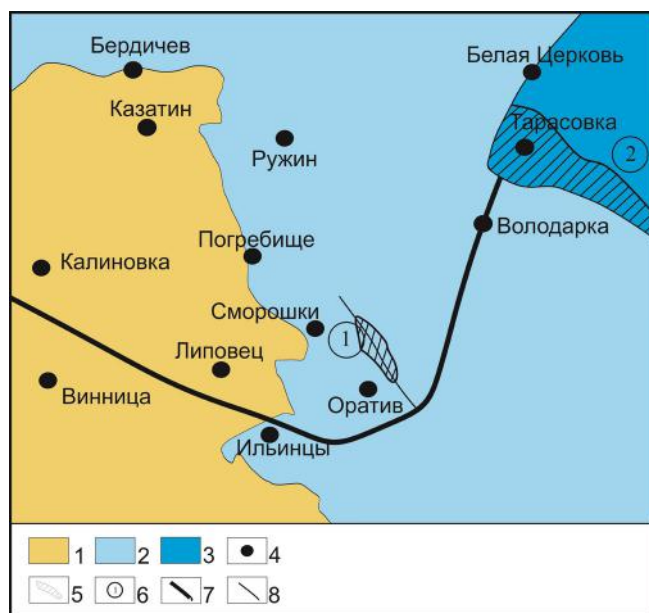
Пески новопетровской свиты обладают значительно худшей сортировкой, чем пески берекской свиты. Коэффициент сортировки в большинстве случаев превышает 0,2, среднее – 0,222. Средний размер зерен – 0,154 мм.

Результаты полученных вычислений на генетической диаграмме Л. Б. Рухина попадают в поле песков, отложенных при поступательном движении воды. Динамически это характерно для русловых фаций и зон течений (рис. 3).

Сопоставление генетических диаграмм Л. Б. Рухина дает ясное представление о том, что берекская и новопетровская свиты имеют различный генезис.

Распространение новопетровских отложений узкой полосой, гранулометрический состав, слоистость, а также динамика образования свидетельствуют о принадлежности продуктивной толщи россыпи к русловой фации. Представленные выводы подтверждают С. Н. Цымбал и Ю. А. Полканов [15], которые предполагают, что нижняя часть продуктивной толщи сложена отложениями плотикового аллювия русловой фации, а верхняя часть может рассматриваться как равновесный и покровный аллювий русловой фации.

Полученные данные дают возможность представить палеогеографическую схему этапа формирования россыпи новопетровской свиты (рис. 4).



**Рис. 4. Палеогеографическая схема этапа формирования Зеленоярского месторождения новопетровского времени (с использованием материалов С. Н. Цымбала [16, 19])**

1 – повышенная слабоденудационная равнина, сложенная с участием кор выветривания докембрийских кристаллических пород – основная область сноса терригенного материала; 2 – приморская денудационно-аккумулятивная низменность; 3 – залив раннемиоценового мелководного моря; 4 – населенные пункты; 5 – контуры месторождений; 6 – месторождения; 1 – Зеленоярское, 2 – Тарасовское; 7 – точно установленная палеодолина раннемиоценового возраста (основной источник сноса терригенного материала); 8 – предполагаемая палеодолина раннемиоценового возраста Зеленоярского месторождения

**Выводы.** Авторами дана современная трактовка геологического строения и рудных характеристик Зеленоярского титан-циркониевого месторождения. Результаты получены на основе анализа и пересмотра традиционных представлений с учетом новейших стратиграфических, палеогеографических и литологических данных, а также использования цифрового структурно-литологического моделирования.

Визуализации цифрового структурно-литологического моделирования позволили более детально изучить рудные характеристики (содержание ильменита, рутила, лейкоксена, циркона, коллективного концентрата и др. в рудной толще) Зеленоярского месторождения. Структурно-литологическое моделирование может быть аналитико-информационной основой для разработки технико-экономического обоснования на более детальную разведку и эксплуатацию месторождения.

На основе изученного материала была создана палеогеографическая схема этапа формирования Зеленоярского месторождения новопетровского времени с использованием новых стратиграфических и палеогеографических данных о юго-западной части Украинского щита.

По нашему мнению, Зеленоярское месторождение, в связи с ростом спроса на титан-циркониевое сырье на мировом рынке, может быть отнесено к разряду перспективных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас “Геологія і корисні копалини України”. Масштаб 1:5 000 000/Під ред. Л. С. Галецького. – К.: НАН України, Міністерство екології та природних ресурсів, 2001. – 168 с.
2. Василенко С. П., Охолина Т. В., Ткаченко П. Г. Геолого-генетична модель об’єкта “Тарасівка східна”//III Міжнародний геологічний форум “Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво (Геофорум-2016)”, с. Коблеве, Миколаївська обл., Україна, 15–20 серпня 2016 р. – С. 10–14.
3. Гурвич С. И. Титано-циркониевые россыпи Русской платформы и вопросы поисков/С. И. Гурвич, А. М. Болотов. – М.: Недра, 1968. – 187 с.
4. Зосимович В. Ю., Ключников М. Н., Носовський М. Ф. Про схему стратиграфічного розчленування палеогенових відкладів платформенної частини УРСР//Геол. журн. АН УРСР. – 1963. – Т. XXIII, вип. 6. – С. 32–41.
5. Зосимович В. Ю. Малакофауна сивашских слоев: стратиграфическое положение, корреляция, возраст, палеоэкология и палеогеография//Проблеми стратиграфії фанерозою України /В. Ю. Зосимович. – К., 2001. – С. 132–138.
6. Зосимович В. Ю. Некоторые проблемы стратиграфии палеогена и неогена Североукраинской палеоседиментационной провинции/В. Ю. Зосимович//Проблеми палеонтології та біостратиграфії протерозою і фанерозою України: Зб. наук. праць Інституту геологічних наук. – К., 2006. – С. 160–172.
7. Кравченко О. А. Моделювання титан-цирконієвих розсіпів на прикладі Краснокутського родовища/О. А. Кравченко, Д. П. Хрущов//Зб. наук. праць УкрДГРІ. – № 3. – 2015. – С. 102–113
8. Лаверов Н. П. Цифровое структурно-литологическое моделирование месторождений тяжелых минералов/Н. П. Лаверов, П. Ф. Гожик, Д. П. Хрущев и др. – К.-М.: Интерсервис, 2014. – 242 с.
9. Металічні і неметалічні корисні копалини України: у 2 т./Д. С. Гурський, К. Ю. Єсипчук, В. І. Калінін та ін. – К.-Львів: Центр Європи, 2005–2006. – Т. 1: Металічні корисні копалини. – 2005. – 785 с.
10. Охолина Т. В., Василенко С. П. Сравнительная геолого-экономическая оценка Зеленоярского и Тарасовского россыпных месторождений титана//Міжнародний геологічний форум “Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво” (Геофорум–2016): Україна, Миколаїв. обл., с. Коблеве, 15–20 серп. 2016 р.: голов. ред. С. В. Гошовський. – Київ: УкрДГРІ, 2016. – 38 с.
11. Россыпные месторождения титана СССР/Под ред. Г. С. Момджи. – М.: Недра, 1976. – 287 с.
12. Рухин Л. Б. Основы литологии. Учение об осадочных породах: учебное посо-

бие/Л. Б. Рухин; Под ред. Е. В. Рухиной. – Л.: Наука, 1969. – 703 с.

13. Стратиграфічний кодекс України: затв. 11.09.2012 р./Нац. стратигр. ком. України; уклад.: П. Ф. Гожик та ін.; відп. ред. П. Ф. Гожик. – 2-е вид. – К.: [б. в.], 2012. – 66 с.

14. Титановые и титано-циркониевые россыпи Украинской ССР/Гл. ред. Н. П. Семенов, отв. ред. М. Ф. Веклич. – К.: АН УССР, Ин-т геол. наук, Сектор геогр., Ин-т экономики СОПС, Мин-во геол. УССР, Ин-т минер. рес., 1967. – 850 с.

15. Цымбал С. Н. Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины/С. Н. Цымбал, Ю. А. Полканов. – К.: Наукова думка, 1975. – 247 с.

16. Цифровая структурно-литологическая модель Тарасовского месторождения титано-циркониевых руд/С. Н. Цымбал, Д. П. Хрущев, А. П. Лобасов//Геологічний журнал. – 2016. – № 1. – С. 81–93.

17. Цимбал С. М. Будова міоценового алювіального розсіпу Придніпров'я/С. М. Цимбал, І. І. Бондар//Геол. журнал АН УРСР. – 1966. – Т. XXIV. – Вип. 2. – С. 41–50.

18. Цымбал С. Н. Закономерности размещения и источники питания титановых и титано-циркониевых россыпей Украины/С. Н. Цымбал, М. Г. Дядченко, И. Л. Личак, Н. И. Половко, К. М. Заруцкий, Г. П. Проскурич//Древние и погребенные россыпи СССР. Сб. тр. – К.: Наукова думка, 1977. – Ч. 1. – С. 84–92.

19. Хрущев Д. П., Ковальчук М. С., Ремезова Е. А., Лаломов А. В., Цымбал С. Н., Босевская Л. П., Лобасов А. П., Ганжа Е. А., Дудченко Ю. В., Крошко Ю. В. Структурно-литологическое моделирование осадочных формаций/Науч. редактор Д. П. Хрущев; Институт геологических наук НАН Украины. – Киев: Интерсервис, 2017. – 352 с.

20. Kroshko Yu. V., Kovalchuk M. S. Formation and development of the lower cretaceous and middle paleogene river valleys with in the central part of the Ukrainian shield//Молодий вчений. – 2017. – № 6 (46). – С. 5–9.

## REFERENCES

1. Atlas “Geology and Minerals of Ukraine” Scale 1:5000000/Edited by L. S. Haletskiy. – Kyiv: NAN Ukrainy, Ministerstvo ecolohii ta pryrodnykh resursiv, 2001. – 168 c. (In Ukrainian).

2. Vasilenko S. P., Okholina T. V., Tkachenko P. H. Geological and genetic model of the Tarasivka skhidna object/ III Mizhnarodnyi heolohichniy forum “Aktualni problemy ta perspektyvy rozvytku heolohii: nauka i vyrobnytstvo (Heoforum–2016)” s. Kobleve, Mykolaivska obl., Ukraina, 15–20 serpnia 2016 r. – P. 10–14. (In Ukrainian).

3. Gurvich S. I. Titanium-zirconium placers of the Russian platform and search questions/S. I. Gurvich, A. M. Bolotov. – Moskva: Nedra, 1968. – 187 p. (In Russian).

4. Zosymovych V. Yu., Kliushnykov M. N., Nosovskyi M. F. About the scheme of stratigraphic differentiation of Paleogene deposits of the platform part of the Ukrainian SSR// Heol. zhurn. AN URSR. – 1963. – V. XXIII. – Iss. 6. – P. 32–41. (In Ukrainian).

5. Zosymovych V. Yu. Malakofauna of the Sivashian layers: stratigraphic position, correlation, age, paleoecology and palogeography// Problemy stratygrafii fanerozoiu Ukrainy. – Kyiv, 2001. – P. 132–138. (In Russian).

6. Zosymovych V. Yu. Some problems of Paleogene and Neogene stratigraphy of the North Ukrainian Paleo-sedimentation province//Problemy paleontolohii ta biostratygrafii proterozoiu i fanerozoiu Ukrainy: Zb. nauk. prats Instytutu heolohichnykh nauk. – Kyiv, 2006. – P. 160–172. (In Russian).

7. Kravchenko O. A., Khrushchov D. P. Simulation of titan-zirconium placers on the example of the Krasnokutsk deposit//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – № 3. – 2015. – P. 102–113. (In Ukrainian).

8. Laverov N. P., Gozhik P. F., Khrushchov D. P. et al. Digital structural and lithological modeling of heavy mineral deposits – Kiev-Moskva: Interservis, 2014. – 242 p. (In Russian).

9. Metal and non-metal minerals of Ukraine: in 2 volumes/D. S. Hurskyi, K. Yu. Esypchuk, V. I. Kalinin et al. – Kyiv-Lviv: Tsentr Yevropy, 2005–2006. – Vol. 1: Metallic minerals. – 2005. – 785 p. (In Ukrainian).

10. Okholina T. V., Vasilenko S. P. Comparative geological and economic assessment of Zelenoyarsk and Tarasovskyi placer deposits of titanium//Mizhnarodnyi heolohichniy forum “Aktualni problemy ta perspektyvy rozvytku heolohii: nauka i vyrobnytstvo” (Heoforum-2016): Ukraina, Mykolaiv. obl., s. Kobleve, 15–20 serpn. 2016 r.: holov. red. S. V. Goshovskyi. – Kyiv: UkrDHRI, 2016. – 38 p. (In Russian).

11. Alluvial deposits of titanium of the USSR/Ed. G. S. Momdzh. – Moskva: Nedra, 1976. – 287 p. (In Russian).

12. *Ruhin L. B.* Fundamentals of lithology. The study of sedimentary rocks: study guide/By ed. E. V. Ruhina. – Leningrad: Nauka, 1969. – 703 p. (In Russian).

13. Stratigraphic Code of Ukraine: approved on 11.09.2012 y./Nats. stratyhr. kom. Ukrainy; uklad.: P. F. Hozhyk ta in.; vidp. red. P. F. Hozhyk. – 2-e vyd. – Kyiv, 2012. – 66 p. (In Ukrainian).

14. Titanium and titanium-zirconium placers of the Ukrainian SSR/Ch. ed. N. P. Semenenko, resp. ed. M. F. Veklich. – Kiev: AN USSR, In-t geol. nauk, Sektor geogr., In-t jekonomiki SOPS, Min-vo geol. USSR, In-t miner. res., 1967. – 850. (In Russian).

15. *Cymbal S. N., Polkanov Yu. A.* Mineralogy of Ukraine's Titanium-Zirconium Placer. – Kyiv: Naukova dumka, 1975. – 247 p. (In Russian).

16. Digital structural-lithological model of the Tarasovskij deposit of titanium-zirconium ores/S. N. Cymbal, D. P. Khrushchov, A. P. Lobasov//*Heolohichnyi zhurnal*. – 2016. – № 1. – P. 81–93. (In Russian).

17. *Cymbal S. M., Bondar I. I.* Structure of the Miocene alluvial placer of Dnieper//*Heol. zhurnal AN URSSR*. – 1966. – V. XXV. – Iss. 2. – P. 41–50. (In Ukrainian).

18. *Cymbal S. N., Dyadchenko M. G., Lichak I. L., Polovko N. I., Zaruckij K. M., Proskurin G. P.* Patterns of location and power sources of titanium and titanium-zirconium placers in Ukraine//*Drevnie i pogrebennye rosyipy SSSR. Sb. tr.* – Kyiv: Naukova dumka, 1977. – Part 1. – P. 84–92. (In Russian).

19. *Khrushchov D. P., Kovalchuk M. S., Revezova E. A., Lalomov A. V., Cymbal S. N., Bosevskaja L. P., Lobasov A. P., Ganzha E. A., Dudchenko Yu. V., Kroshko Yu. V.* Structural and lithological modeling of sedimentary formations/Scientific. editor D. P. Khrushchov; Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. – Kiev: Interservis, 2017. – 352 p. (In Russian).

20. *Kroshko Yu. V., Kovalchuk M. S.* Formation and development of the lower cretaceous and middle paleogene river valleys with in the central part of the Ukrainian shield// *Молодий вчений*. – 2017. – № 6 (46). – P. 5–9.

Рукопис отримано 29.05.2019.

**О. А. Ганжа**, Інститут геологічних наук (Національна академія наук України), oag2909@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8510-5618>,

**Т. В. Охоліна**, Інститут геологічних наук (Національна академія наук України), svilya@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3936-9561>,

**Ю. В. Крошко**, Інститут геологічних наук (Національна академія наук України), ykrosh.79@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7601-7760>

## **ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ТА РУДОНОСНІСТЬ ЗЕЛЕНОЯРСЬКОГО ТИТАН-ЦИРКОНІЄВОГО РОДОВИЩА**

*Зеленоярське розсипне родовище просторово й генетично пов'язане з відкладами новопетрівської і меншою мірою берецької світ. У геологічному плані промислові концентрати важких мінералів переважно приурочені до низів новопетрівської світи. За простяганням усіх рудних покладів найвищий уміст колективного концентрату приурочений до першої третини горизонтів, причому характерне поступове нарощування в напрямку від північно-західного флангу до південно-східного.*

*На основі аналізу і модернізації традиційних уявлень та з огляду на нові стратиграфічні, палеогеографічні і літологічні дані, а також результати цифрового структурно-літологічного моделювання подане сучасне трактування геологічної будови, рудних характеристик та умов утворення Зеленоярського титан-цирконієвого родовища. Створено цифрову структурно-літологічну модель родовища, що зображує його рудні характеристики. Побудовано палеогеографічну схему родовища, яка доповнює палеогеографічну схему локальної масштабовності.*

**Ключові слова:** титан, цирконій, родовища, моделювання, палеогеографічні схеми.

**E. A. Ganzha**, *Institute of Geological Sciences (National Academy of Sciences of Ukraine)*, oag2909@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8510-5618>,

**T. V. Okholina**, *Institute of Geological Sciences National Academy of Sciences of Ukraine*, svilya@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3936-9561>,

**Yu. V. Kroshko**, *Institute of Geological Sciences (National Academy of Sciences of Ukraine)*, ykrosh.79@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7601-7760>

## **GEOLOGICAL STRUCTURE AND ORE CONTENT OF ZELENOYARSK TITANIUM ZIRCONIA DEPOSIT**

*The Zelenoyarsk placer deposit is spatially and genetically associated with sediments the Novopetrovsk and a lesser extent Berek suite. In geological terms, industrial concentrates of heavy minerals are mainly confined to the bottoms of the Novopetrovsk suite. By the strike of all ore deposits, the highest content of collective concentrate is confined to the first third of the strike, and a relatively gradual increase in direction from the northwestern flank to southeast is characteristic.*

*Having reached a maximum, as a distance to southeast is removed, the content of concentrate decreases to the on-board one, with rather sharp fluctuations along individual lines. The study of genetic aspects was carried out on the structural and textural features of lithofacies and areal distribution ore minerals. Based on the analysis and modernization of traditional concepts, taking into account new stratigraphic, paleogeographic and lithological data, as well as the results of digital structural and lithological modeling, a modern interpretation of the geological structure, ore characteristics and formation conditions of the Zelenoyarsk titanium-zirconium deposit is given. A digital structural and lithological model of the deposit was created, reflecting its ore characteristics.*

*A paleogeographic map of the field was constructed, which complements the paleogeographic scheme of local scale. The peculiarity of the obtained visualizations is the combination and averaging of the elevated mineral content of Berek and Novopetrovsk formations, although ore mass is continuous only on one deposit. In our opinion, the Zelenoyarsk field, due to the growing demand for titanium-zirconium raw materials on the world market, can be considered promising.*

*Based on the analysis and modernization of traditional concepts, taking into account new stratigraphic, paleogeographic and lithological data, as well as the results of digital structural and lithological modeling, a modern interpretation of the geological structure, ore characteristics and formation conditions of the Zelenoyarsk titanium-zirconium deposit is given. A digital structural and lithological model of the deposit was created, reflecting its ore characteristics. A paleogeographic map of the field was constructed, which complements the paleogeographic scheme of local scale.*

**Keywords:** *titanium, zirconium, deposits, modeling, paleogeographic schemes.*