

## Значение глинистых минералов для стратиграфических и палеогеографических реконструкций перспективных на алмазы территорий

©2026 Н. Н. Зинчук<sup>✉</sup>

*Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) АН РС (Я)  
ул. Тихонова, 5/1, 678170, Мирный, Российская федерация*

### Аннотация

*Введение:* особенности глинистых минералов в осадочных породах определяются природой источников сноса, влиянием на поступающий в области осадконакопления материал гидрохимического характера среды, а также масштабом изменения химического состава и особенностей материала в зависимости от интенсивности постседиментационного преобразования отложений. Эти факторы способствуют развитию во всех литологических типах пород последовательного процесса аградационного изменения первичного аллотигенного глинистого материала. В порах песчано-алевритовых, а также по трещинам карбонатных и терригенно-карбонатных пород происходит образование аутигенных глинистых образований.

*Объекты, методология исследований, результаты и их интерпретация:* проведен краткий анализ поведения глинистых минералов осадочных формаций на различных стадиях седиментогенеза, диагенеза, катагенеза и метагенеза. Показано, что каждая из выделенных в земной коре зон, характеризуется различными сочетаниями глинистых минералов и степенью постседиментационного преобразования пород. Охарактеризованы глинистые минералы и их ассоциации в терригенных, терригенно-карбонатных, карбонатных, вулканогенных и галогенных формациях. Особенно детально охарактеризованы глинистые минералы ранних стадий седименто- и диагенеза (частично катагенеза), к которым обычно приурочены большинство древних (верхнепалеозойских и мезозойских) алмазоносных россыпей, по наличию в которых индикаторных минералов кимберлитов обычно проводятся поиски коренных месторождений алмазов с помощью шлихо-минералогического метода. На примере конкретных алмазоносных районах Сибирской платформы (СП) показана важность для решения прогнозно-поисковых задач изучения вещественного состава вулканогенной формации и особенностей распределения его материала при формировании разновозрастных коллекторов алмазов.

*Заключение:* на примере изучения отложений терригенной, терригенно-карбонатной, карбонатной и вулканогенной формаций, глинистые минералы в которых отмечаются как аутигенного, так и аллотигенного генезиса, показано широкое развитие несовершенных в структурном отношении разновидностей. Последние характеризуются значительными дефектами (т.е. вакансиями в структуре), которые полностью не заполняются, вплоть до стадии метагенеза (МГ). Это связано с тем, что в пластовых водах и поровых растворах на предшествующих МГ стадиях литогенеза сохраняется дефицит главнейших для структур слоистых силикатов катионов, приводящих к сравнительно незначительным изменениям материала переотложенных кор выветривания в бассейны седиментации, что показано на примере верхнепалеозойских и мезозойских осадочных толщ основных алмазоносных районов СП.

**Ключевые слова:** глинистые минералы, осадочные формации, седиментогенез, диагенез, катагенез, метагенез отложений.

*Для цитирования:* Зинчук Н. Н. Значение глинистых минералов для стратиграфических и палеогеографических реконструкций перспективных на алмазы территорий // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология.* 2026. № 1. С. 43–57. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2026/1/43-57>.



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

<sup>✉</sup> Зинчук Николай Николаевич, e-mail: [nnzinchuk@rambler.ru](mailto:nnzinchuk@rambler.ru)

### Введение

В отложениях различных осадочных формаций глинистые минералы накапливались в различные этапы осадочного процесса, а поэтому характеризуются специфическими химико-минералогическими и морфолого-генетическими особенностями. Для использования их в формационном анализе в каждой из выделяемых [1–8] в осадочном чехле земной коры четырех зонах важное значение имеют глинистые минералы, образовавшиеся в различных гидрогеохимических и термобарических условиях минералообразования. Интерпретация результатов изучения глинистых минералов обычно проводится с учетом подразделения осадочного чехла земной коры на четыре (сверху вниз) зоны [9–13], соответствующие стадиям диагенеза (ДГ): протокатагенеза (ПК<sub>1.3</sub>), ранним подстадиям стадии мезокатагенеза (МК<sub>1.2</sub>), поздним подстадиям этой же стадии (МК<sub>3.5</sub>) – стадии апокатагенеза (АК<sub>1.4</sub>) и стадии метагенеза (МГ). При этом стадия ПК и подстадии МК<sub>1.2</sub>, вместе со стадией ДГ, относятся к раннему, а подстадии МК<sub>3.5</sub> и стадия АК – к позднему катагенезу. При этом следует учитывать, что три верхние зоны сложены обычно осадками и осадочными породами, а четвертая – их метаморфическими аналогами. Выделяемые зоны характеризуются отложениями, для которых свойственна различный уровень постседиментационного преобразования и особенностей глинистых минералов. Изменение отложений в обозначенных зонах связано с интенсивностью термобарических факторов среды и гидрогеохимических условий осадконакопления, характерных для терригенной, терригенно-карбонатной, карбонатной, вулканогенной и галогенной формаций [14–19]. Объективное использование результатов изучения глинистых минералов в отложениях отдельных осадочных формаций проводится с учетом палеотектонических и палеоклиматических факторы, существовавших при накоплении отложений отдельных толщ [20–24].

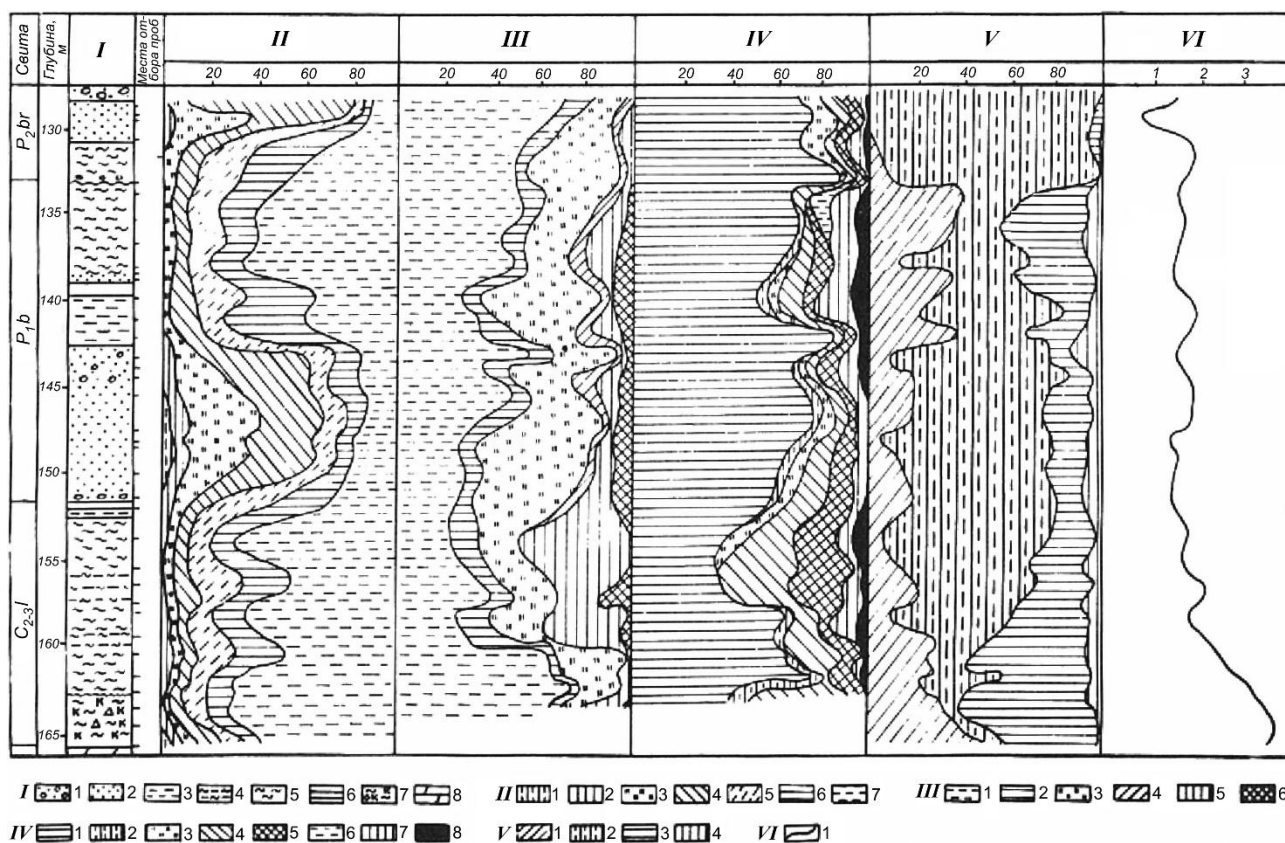
### Объекты, методология исследований, результаты и их интерпретация

Отложения *терригенных формаций* наиболее широко распространены в осадочном чехле земной коры. В верхней части, слагающих эти формации 1-й зоны осадочного чехла земной коры, глинистые, алевроити-стые и песчанистые толщи обычно легко размокают в воде, указывая на изменения, соответствующие диагенезу и начальным этапам раннего катагенеза. В рассматриваемых отложениях присутствуют неизменные разновидности смектита и монтмориллонит-гидрослюдистых смешанослойных образований (МГСО) с содержанием более 40 % разбухающих слоев [25–29]. Слюдистые минералы этой зоны характеризуются псевдоизометричнопластинчатой формой частиц в глинистых и песчано-алевритовых отложениях, указывая на их аллотигенное происхождение [30–32]. Ассоциации глинистых минералов в отложениях рассматриваемой зоны позволяют оценивать климатические условия в предшествующие размыву источников сноса

времени. Присутствие в накапливавшихся мощных толщах терригенных формаций существенного содержания каолинита указывает [33–36] на размыв достаточно зрелых кор выветривания (КВ). Накопление терригенно-обломочных продуктов, связанных с размывом КВ, в пресных водоемах либо в эпиконтинентальных морях на пассивных континентах мирового океана является одной из основных закономерностей формирования отложений *платформенной субформации терригенной формации*. При размыве КВ, сформированных на слюдястых породах, содержащих гидрослюду политипной модификации 2M<sub>1</sub> (особенно в ассоциации с каолинитом) также является характерным признаком отложений платформенной субформации терригенной формации [37–40]. Доминирование в отложениях последних преимущественно диоктаэдрических глинистых минералов свидетельствует о накоплении обломочного материала в пресноводных условиях [41]. Присутствие в этих отложениях хлорита (минерала наиболее ранней генерации, возникшего в процессе трансформации монтмориллонита или преобразования цемента) указывает на образование пород в морских бассейнах [42–44]. Преобладание в терригенных толщах гидрослюды 1M и МГСО связано с размывом окраин континентов и накоплением осадков *геосинклинальной субформации терригенной формации*. Сохранность хлорита в этих толщах может также свидетельствовать о поступлении в бассейны седиментации переотложенного материала за счет размыва гипергенно измененных Fe-Mg-разностей изверженных или метаморфических пород. При постседиментационных преобразованиях отложений терригенной формации глинистые минералы подвергаются аградационной трансформации, масштабы которых зависят от глубины погружения отложений в зоны все более высоких давлений и температур. Во многом интенсивность и направленность процессов преобразования осадочных толщ зависит от гидрогеохимического характера среды осадконакопления [45–47]. Наглядно это видно на примере терригенных образований древних потенциально алмазоносных толщ основных алмазоносных районов Сибирской платформы (СП). Осадочными толщами *верхнего палеозоя* Малоботубинского алмазоносного района (МБАР), в которых доминирует местный обломочный материал, поступивший после размыва и переотложения позднедевонских-раннекаменноугольных КВ, являются (рис. 1 и 2) породы лапчанской (C<sub>2.3l</sub>), ботубинской (P<sub>1bt</sub>) и боруллойской (P<sub>2br</sub>) свит. В нижних горизонтах изученных нами разрезов *лапчанской свиты*, непосредственно залегающих на КВ терригенно-карбонатных пород, установлена (рис. 1) повышенная концентрация каолинита и диоктаэдрической гидрослюды 2M<sub>1</sub>, хотя в отдельных случаях последняя не установлена. Иногда в породах лапчанской свиты наблюдается повышенная концентрация Mg-Fe-хлорита, близкого к установленному нами [48] в КВ терригенно-карбонатных пород. Состав грубообломочного материала, минеральные парагенезисы легкой, тяжелой и глини-

той фракций позволяют утверждать [9], что в период формирования осадков лапчанской свиты в бассейны седиментации поступали преимущественно продукты перемыва и переотложения КВ терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя и кластических образований среднего палеозоя. Подчиненную роль играли в этом процессе выветрелые породы основного и ультраосновного состава [10]. Следует при этом отметить неравномерную обогащенность образований лапчанской свиты продуктами переотложения КВ терригенно-карбонатных пород. Нижние части разрезов лапчанской, ботубинской и боруллойской свит характеризуются и максимальными значениями отношения  $J(10 \text{ \AA}):J(5 \text{ \AA})$  слюдяных минералов, что также может свидетельствовать о повышенной концентрации в базальных горизонтах этих толщ более выветрелого (зрелого) материала. В нижних горизонтах ботубинской свиты увеличивается (рис.1 и 2) концентрация монтмориллонита, неупорядоченных МГСО и вермикулит-монтмориллонитовых смешанослойных образований (ВМСО), что указывает на повышение в этих горизонтах роли продуктов выветривания образований основного и ультраосновного составов и уменьшения доли измененных терригенно-карбонатных пород [20–23]. Это подчеркивается также сравни-

тельно меньшими концентрациями диоктаэдрической гидрослюды  $2M_1$  и каолинита с относительно упорядоченной структурой. Отмечена в отдельных разрезах повышенная роль каолинита по всему разрезу свиты, что связано с поступлением его в бассейны седиментации за счет размыва и переотложения КВ на туфогенных породах трапповой формации. Для глинистых пород боруллойской свиты характерно преобладание в пелито-глинистой составляющей (рис. 1 и 2) монтмориллонита и неупорядоченных МГСО, а для песчаников и алевролитов и каолинита при снижении роли гидрослюды и хлорита. При формировании осадков боруллойской свиты большую роль играли переотложенные продукты КВ основных пород среднепалеозойского возраста при подчиненном поступлении продуктов изменения терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя, которые к тому времени в значительной степени были перекрыты отложениями лапчанской и ботубинской свит. Близкий характер переотложения материала КВ отмечен и в Далдино-Алакитском алмазоносном районе (ДААР), где местный обломочный материал также (как и в МБАР) концентрируется в базальных горизонтах перекрывающих кимберлитовые диатремы верхнепалеозойских осадочных толщ.



**Рис. 1.** Литолого-стратиграфический разрез верхнепалеозойских отложений, вскрытых скважиной 276/168: I – Литологическая колонка: 1 – галечники с песком; 2 – песчаники; 3 – пески; 4 – алевролиты; 5 – глинистые алевролиты; 6 – глины; 7 – кора выветривания на терригенно-карбонатных породах; 8 – терригенно-карбонатные породы; II – гранулометрический состав (размеры фракций в мм): 1 – 1.0–0.75; 2 – 0.75–0.5; 3 – 0.5–0.25; 4 – 0.25–0.1; 5 – 0.1–0.05; 6 – 0.05–0.01; 7 – мельче 0.01 мм; III – Минеральный состав легкой части фракции 0.1–0.05 мм: 1 – кварц; 2 – калиевые полевые шпаты; 3 – плагиоклазы; 4 – кремнистые агрегаты; 5 – глинисто-железистые агрегаты; 6 – обломки пород; IV – Терригенные минералы тяжелой части фракции 0.1–0.05 мм: 1 – ильменит + магнетит; 2 – измененный

ильменит; 3 – турмалин; 4 – апатит; 5 – гранаты; 6 – циркон; 7 – пироксены; 8 – прочие минералы; V – Минеральный состав фракции мельче 0.001 мм: 1 – гидрослюда; 2 – монтмориллонит и монтмориллонит-гидрослюдистые смешанослойные образования; 3 – каолинит; 4 – хлорит; VI – Отношение интенсивностей межплоскостных расстояний на дифрактограммах со значениями 10.0 : 5.0 Å.

[Fig. 1. Lithologic and stratigraphic section of Upper Paleozoic deposits penetrated by well 276/168: (I) – Lithological column: (1) – pebbles with sand; (2) – sandstones; (3) – sands; (4) – siltstones; (5) – clayey silts; (6) – clays; (7) – weathering crust on terrigenous-carbonate rocks; (8) – terrigenous-carbonate rocks; (II) – particle size distribution (fraction sizes in mm): (1) – 1.0–0.75; (2) – 0.75–0.5; (3) – 0.5–0.25; (4) – 0.25–0.1; (5) – 0.1–0.05; (6) – 0.05–0.01; (7) – smaller than 0.01 mm; (III) – Mineral composition of the light fraction 0.1–0.05 mm: (1) – quartz; (2) – potassium feldspars; (3) – plagioclases; (4) – siliceous aggregates; (5) – clay-iron aggregates; (6) – rock fragments; (IV) – Terrigenous minerals of heavy fraction 0.1–0.05 mm: (1) – ilmenite + magnetite; (2) – altered ilmenite; (3) – tourmaline; (4) – apatite; (5) – grenades; (6) – zircon; (7) – pyroxenes; (8) – other minerals; (V) – Mineral composition of fraction smaller than 0.001 mm: (1) – hydromica; (2) – montmorillonite and montmorillonite-hydromica mixed-layer formations; (3) – kaolinite; (4) – chlorite; (VI) – Ratio of interplanar distance intensities in diffractograms with values of 10.0 : 5.0 Å.]

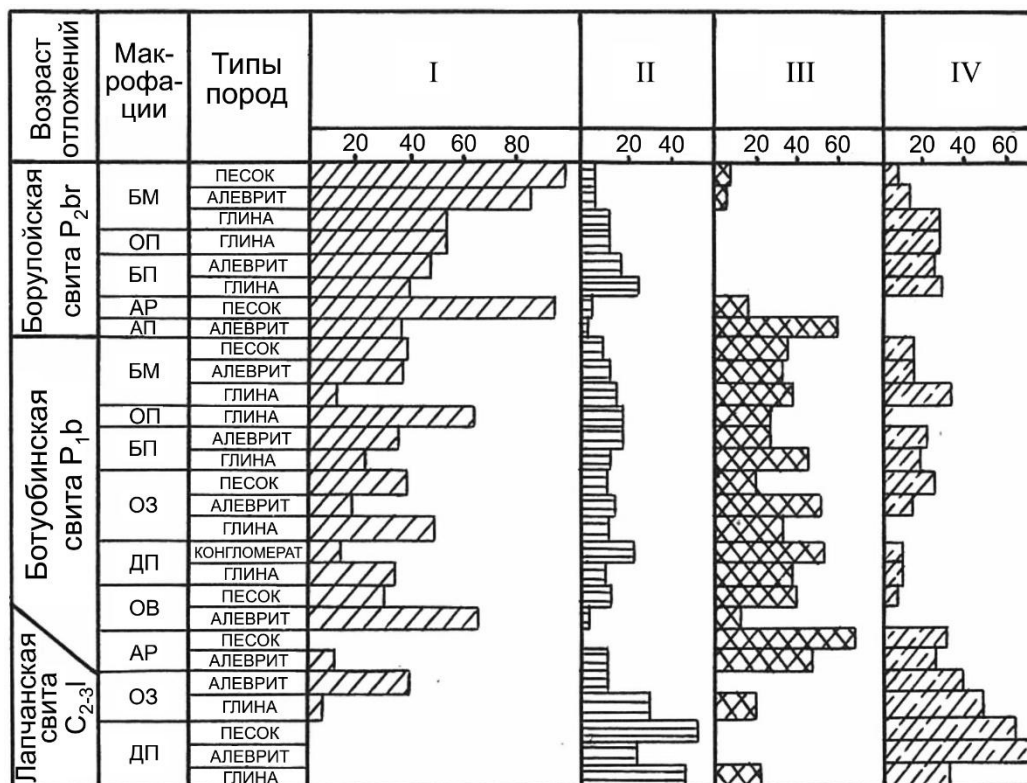
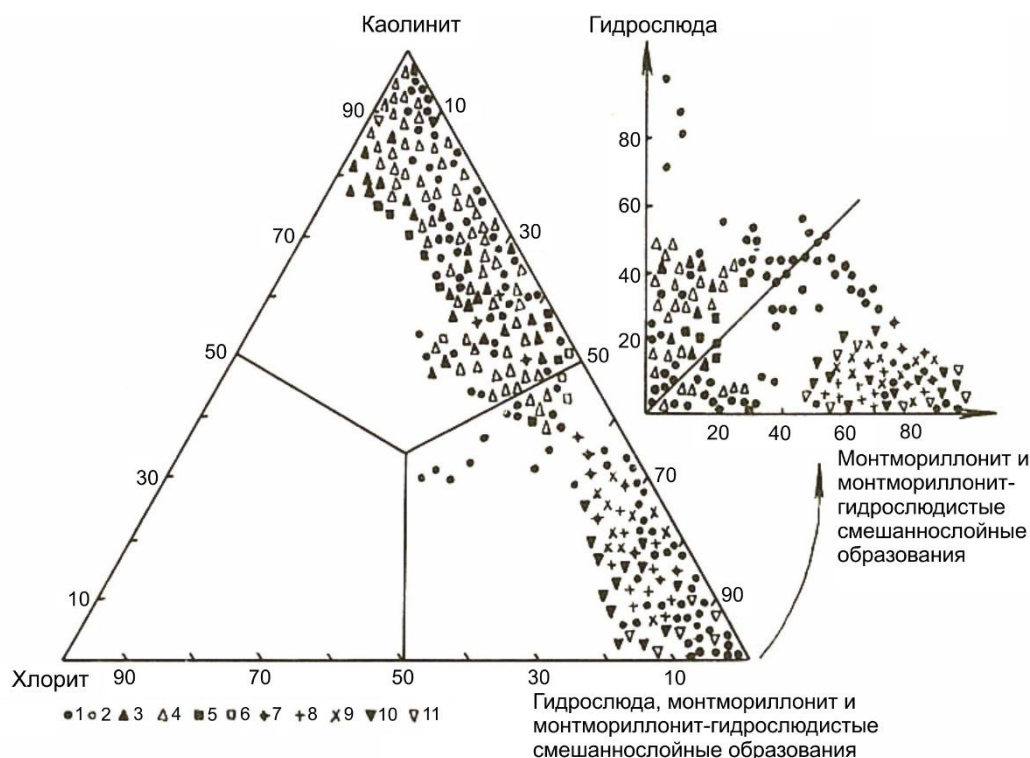


Рис. 2. Среднее содержание глинистых минералов во фракции мельче 0.001 мм из пород различных макрофаций верхнепалеозойского возраста: Название макрофаций: AP – русловых отложений; AP – пойменных отложений; ПК – пролювиальных отложений; ОВ – озерных отложений речных преимущественно аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских равнин; ОЗ – зарастающих слабо заболачивающихся озер и заиляющихся торфяных болот речных аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских равнин; БП – заливно-лагунного прибрежного мелководья бассейна; БМ – открытого подвижного мелководья бассейна. Глинистые минералы: I – монтмориллонит и смешанослойные образования, II – гидрослюда, III – каолинит, IV – хлорит.

[Fig. 2. The average content of clay minerals in the fraction smaller than 0.001 mm from rocks of various macrofaciations of the Upper Paleozoic age: Name of macrofaciations: AR – channel deposits; AP - floodplain deposits; PC – proluvial deposits; OM - lake deposits of river mainly alluvial-deltaic and coastal-marine plains; VA – overgrowing slightly swampy lakes and silting peat bogs of river alluvial-deltaic and coastal-marine plains; BP – bay-lagoon coastal shallow basin; BM – open mobile shallow basin. Clay minerals: (I) – montmorillonite and mixed layer formations, (II) – hydraulic mica, (III) – kaolinite, (IV) – chlorite.]

В средне-позднетриасовое время произошло интенсивное выветривание терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя, долеритов, агломератовых туфов трубок взрыва и туфогенных образований корвунчанской свиты (Т<sub>1</sub>), а также их последующий размыв, что привело [14–16] к формированию континентальных толщ иреляхской (Т<sub>3</sub>-J<sub>1ir</sub>) и укугутской (J<sub>1uk</sub>) свит, а также прибрежно-морских пород плинсбахского (J<sub>1p</sub>) и тоарского (J<sub>1t</sub>) ярусов. Для глинистой составляющей из пород иреляхской (рис. 3) и укугутской свит МБАР характерны преимущественно аллотигенные разно-

видности монтмориллонита, гидрослюды, каолинита, метагаллуазита и хлорита, а также переменная и небольшая примесь вермикулита, серпентина, неупорядоченных диоктаэдрических МГСО и триоктаэдрических ВМСО. Геолого-тектонические и геоморфологические особенности размыва древних КВ и последующего осадконакопления в бассейнах седиментации привели к изменчивому и неравномерному распределению в породах глинистого компонента и отдельных слоистых силикатов. Осадконакопление в мезозойское время контролировалось в описываемом регионе



**Рис. 3.** Содержание глинистых минералов во фракции мельче 0.001 мм из пород иреляхской свиты МБАР: Горные выработки: 1 – северная часть района; 2 – район г. Мирного; 3–4 – правобережье р. Ирелях; 5 – алмазonoная россыпь Новинка; отдельные скважины центральной (6–7) и южной (8–11) частей района.

[Fig. 3. Content of clay minerals in the fraction smaller than 0.001 mm from the rocks of the Irelyakh formation of MBAR: Mine workings: (1) – the northern part of the region; (2) – Mirny district; (3–4) – the right bank of the river. Irelyakh; (5) – diamond placer Novelty; separate wells in the central (6–7) and southern (8–11) parts of the region.]

двумя структурно-формационными зонами [8–12]: юго-восточная часть района (приосевая зона Ангаро-Вилуйского наложенного мезозойского прогиба – АВНМП) в это время была низменной аллювиальной равниной, где накапливался разнообразный грубообломочный материал и северо-западный его борт, где в пределах траппового плато существовали денудационная и денудационно-аккумулятивная равнины, способствующие накоплению преимущественно местного материала. Большая часть песчано-алевритовых пород иреляхской свиты представлена полевошпат-кварцевыми и мезомиктовым кварцевыми разностями кварцевой группы, а также граувакковыми, кварцевыми или полевошпат-кварцевыми граувакками. Во всех изученных породах свиты отмечено переменное количество пелитовой составляющей (цемент преимущественно базального и пленочного типов), однако чисто глинистые породы редки и тяготеют в основном к центральной части МБАР. Глинистые породы иреляхской свиты иногда переполнены углистой органикой и насыщены гидроксидами. Аллотигенные глинистые минералы в бассейны седиментации иреляхского времени поступали за счет размыва и переотложения материала широко развитых в районе и на смежных территориях в различной степени выветрелых терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя и основных образований трапповой формации. В базальных горизонтах и низах иреляхской свиты центральной и северной частей МБАР отмечены

продукты размыва и переотложения терригенно-карбонатных пород, долеритов, туфогенных образований, которые идентифицируются по постоянному присутствию каолинита, диоктаэдрической гидрослюда 2M<sub>1</sub> и неупорядоченного МГСО. Максимальные концентрации их (до 95 % пелитовой составляющей) отмечены в отложениях иреляхской свиты, перекрывающих КВ, в которых доминируют каолинит с моноклинной элементарной ячейкой [17–20]. Следует отметить, что в пределах этого структурного типа каолинита встречены индивиды с различной степенью совершенства структуры. В образцах из разрезов иреляхской свиты центральной части МБАР превалирует каолинит с не совсем строгим периодом *c*, но иногда он имеет более совершенную структуру и элементарную ячейку, приближающуюся по форме к триклинно-моноклинной. Каолинит в породах иреляхской свиты представлен обломками псевдогексагональных кристаллов, что обычно свойственно его аллотигенной разновидности. Различная структурная упорядоченность минерала связана с размывом разных горизонтов элювия терригенно-карбонатных пород. Каолинит с очень плохой упорядоченностью, ассоциирующий с метагаллузитом, поступал в бассейны седиментации иреляхского времени также за счет размыва продуктов выветривания основных пород (особенно туфов и туфогенных образований). Доминирование гидрослюда в глинистой составляющей иреляхских отложений отмечено в породах центральной части МБАР в

поле распространения элювия терригенно-карбонатных пород. Здесь присутствует также гидрослюда  $2M_1$  с примесью  $1M$  (последняя фаза часто ассоциирует с  $MGCO$ ). Переменные соотношения этих минералов связаны с размывом различных горизонтов КВ. Зрелый выветрелый материал обычно концентрируется в нижних частях разреза свиты, что подтверждается также значениями отношения интенсивностей основных базальных отражений диоктаэдрической гидрослюда по изученным разрезам. В пределах траппового плато (северная часть рассматриваемого района) отмечено также повышенная концентрация продуктов КВ, что подтверждается повышенной концентрацией в пелитовой составляющей из пород свиты каолинита и диоктаэдрической гидрослюдой  $2M_1$  с примесью других глинистых минералов. При размыве КВ терригенно-карбонатных пород доминирует каолинит-гидрослюдистая ассоциация, а при поступлении переотложенного выветрелого материала пород трапповой формации базальные горизонты обогащаются монтмориллонитом, ассоциирующим с неупорядоченными смешаннослойными образованиями, иногда с существенной примесью метагаллуазита. Отложениям иреляхской свиты, распространенным вдоль северо-западного борта АВНМП, свойственны неравномерные концентрации выветрелого материала кимберлитовых пород. Это подтверждается также наличием [13–15] в описываемых отложениях вторичных минералов кимберлитов – Fe-Mg- и Mg-хлорита, серпентина и вермикулита.

Для отложений *укугутской свиты* характерна слабая обогащенность продуктами выветривания. Исключение составляют укугутские отложения, залегающие в локальных депрессиях северо-западной части МБАР в случаях их непосредственного залегания на элювии терригенно-карбонатных пород или траппов, что приводит к увеличению в нижних горизонтах концентрации аллотигенных глинистых минералов. Преобладание монтмориллонита и смешаннослойных образований в составе глинистой составляющей в изученных разрезах этой территории указывает на преобладание здесь продуктов выветривания пород трапповой формации и в меньшей степени материала измененных терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя. Для отложений *плинсбахского яруса* МБАР также характерна небольшая роль продуктов КВ, что подтверждается и особенностями их вещественного состава [4–8]. Для плинсбахского яруса характерно переслаивание алевролитов с песчаными образованиями, образуя алевро-песчаный ритмолит. В глинистой составляющей яруса доминируют (рис. 4) монтмориллонит и  $MGCO$  с примесью гидрослюда и хлорита. В базальных горизонтах плинсбахского яруса отмечено наибольшее содержание выветрелого материала, особенно для локальных участков вокруг островов, береговых валов и береговой линии вдоль северо-западного борта АВНМП, где в плинсбахское время происходила значительная абразия слагающих этот борт выветрелых терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя. В случаях размыва и переотло-

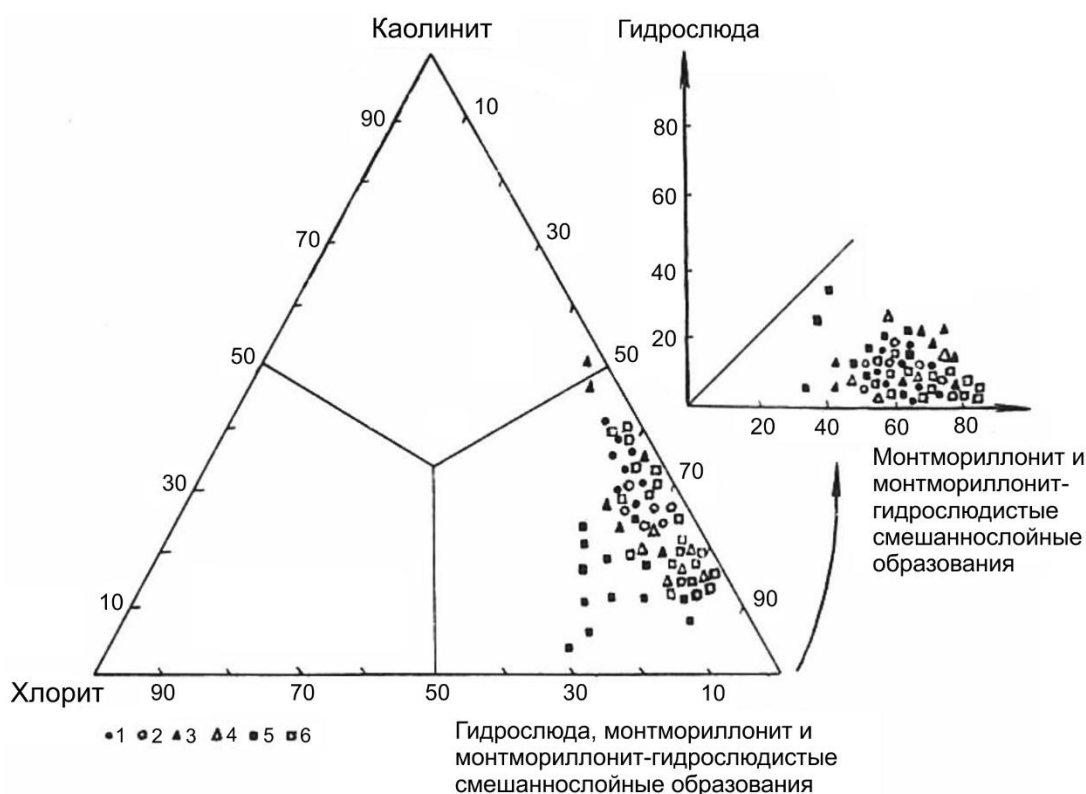


**Рис. 4.** Содержание глинистых минералов во фракции мельче 0.001 мм из образцов плинсбахского яруса МБАР: 1 – район г. Мирного; 2 – правобережье р. Ирелях; 3 – алмазонская россыпь Новинка; 4 – карьер Хататского бурогоугольного месторождения; 5–10 – отдельные скважины центральной части района.

**[Fig. 4.** Content of clay minerals in fraction smaller than 0.001 mm from samples of Plinsbach stage of MBAR: (1) – Mirny district; (2) – the right bank of the river. Irelyakh; (3) – diamond placer Novelty; (4) – open pit of Khatat brown coal deposit; (5–10) – individual wells in the central part of the region.]

жения источников алмазов происходило их накопление в базальных слоях яруса, что подтверждается наличием здесь индикаторных минералов кимберлитов (ИМК) и алмазов. В *тоарское время* на территории АВНМП существовал морской бассейн, что подтверждается выделением [15–17] фаций сильноподвижного мелководья морского бассейна (отложения центральной части подводной дельты) и удаленных от побережья частей морского бассейна. Тоарские отложения формировались преимущественно в неглубокой части моря. Даже возвышенные участки северо-западного борта АВНМП, сложенные траппами,

являлись сублиторалью тоарского моря. Материал КВ сюда поступать не мог, так как к этому времени практически на всей площади МБАР иреляхско-укугутские элювиальные и осадочные толщи, обогащенные продуктами их переотложения, были уже перекрыты плинсбахскими образованиями, а поэтому состав глинистой составляющей (рис. 4 и 5) этих двух прибрежно-морских ярусов довольно близок. Условия формирования тоарских отложений были также неблагоприятными для переотложения продуктов древних КВ, что объясняет не возможность формирования здесь россыпей алмазов.



**Рис. 5.** Содержание глинистых минералов во фракции мельче 0.001 мм из пород тоарского яруса МБАР: Горные выработки: 1–6 – отдельные скважины по площади распространения отложений тоарского яруса.

**[Fig. 5.]** The content of clay minerals in the fraction smaller than 0.001 mm from the rocks of the Toar stage of MBAR: Mine workings: (1–6) – separate wells in the area of distribution of deposits of the Toar stage.]

Во II-ой переходной зоне земной коры повышение термобарических параметров среды обусловило слабое аградационно-трансформационное преобразование разбухающих минералов в отложениях. Характерным признаком этой зоны является развитие в песчано-алевритовых отложениях разновидностей аутигенных глинистых минералов. В пресноводных отложениях платформенной субформации на ранних этапах мезокатагенеза в проницаемых породах происходит образование вторичного каолинитового цемента, обладающего, в отличие от поступающего из КВ каолинита, высокой степенью идиоморфизма частиц. Развитие в аналогичных породах удлиненночешуйчатого монтмориллонита указывает на морские условия осадконакоп-

ления, при котором унаследуются структурно-кристаллографические особенности глинистых минералов [16–19, 24–26]. В структурном отношении эта фаза представляет МГСО, содержащее более 40 % разбухающих слоев. Наличие в породах этого цемента свойственно только поздним этапам подстадий МК<sub>1-2</sub>, на что указывает его закономерная локализация во внутренней части порового пространства (после развития крустификационного бертьеринового или хлоритового цемента). Последовательность выделения в порах цемента песчано-алевритовых пород удлиненночешуйчатого монтмориллонита можно использовать как важный типоморфный признак для выделения раннекатагенетической стадии постседиментационного преобра-

зования морских отложений во II-ой зоне осадочного чехла земной коры. Некоторое уменьшение в структуре МГСО из песчаных отложений описываемого разреза содержания разбухающих слоев до менее 40 % указывает [10–14] на приуроченность этой части разреза III-ей зоне осадочного чехла земной коры. Аллотигенный генезис имеют также псевдоизометричные пластинки глинистых минералы в аргиллитах. При этом свойственная глинистым отложениям всего осадочного чехла земной коры гидрослюда может рассматриваться как фоновый минерал, что затрудняет довольно объективно использовать морфолого-генетическую разновидность этой гидрослюда для разделения осадочного чехла земной коры на упомянутые выше зоны. В III-ей зоне, одновременно с резким уменьшением содержания разбухающих слоев в структуре МГСО, происходит также последовательное увеличение размеров псевдоизометричных пластинок гидрослюда, обусловленное процессами их частичной рекристаллизации. Тем не менее наличие в цементе песчано-алевритовых пород морского генезиса удлиненнопластинчатой гидрослюда (наряду со снижением количества разбухающих слоев в структуре ассоциирующих с ней МГСО до менее 40 %) может являться одним из критериев выделения III-ей зоны, в которой степень постседиментационного преобразования отложений и содержащихся в них минералов соответствуют позднему катагенезу. Для указанных смешанослойных образований на рентген-дифрактометрических кривых характерно значение межплоскостного расстояния основного рефлекса, равного  $\sim 10\text{--}10,1 \text{ \AA}$ . В этой зоне различается также профиль основного рефлекса рассматриваемой фазы, что подчеркивает ее генетическую природу. Основной рефлекс МГСО со значением около  $10 \text{ \AA}$ , связанный с деградацией триоктаэдрических слюд и диоктаэдризацией остаточных её продуктов, характеризуется на дифрактограммах плавным снижением его интенсивности в сторону меньших углов  $\Theta$ . Объясняется это тем, что при деградации первичных слюд изменение свойственных им микроблоков с наибольшей интенсивностью происходит по их периферии. При этом, центральные части микроблоков изменяются в этом случае в меньшей степени (вплоть до сохранения фрагментов исходной слюды), что подчеркивает присутствие на дифрактометрических кривых таких фаз четко выраженного  $10 \text{ \AA}$  рефлекса с резким спадом интенсивности его в сторону увеличения углов  $\Theta$ . Следует отметить, что гетерогенность продуктов первичной деградации слюд, несмотря на интенсивно развивающиеся в III-ей зоне осадочного чехла земной коры аградационные процессы, частично сохраняется. Аналогичного типа смешанослойная фаза (связанная с аградацией собственно монтмориллонита), характеризуется симметрией основного рефлекса [11–14, 30–33], что обусловлено однородной открытостью в структуре исходного монтмориллонита всех межслоевых промежутков. Поэтому МГСО, возникающие при аградации монтмориллонита, следует рассматривать как относительно гомо-

генные структуры. Следует также отметить, что каолинит как типоморфный минерал для I-ой зоны отложений терригенной формации в нижних частях осадочного чехла земной коры (начиная с ранних этапов стадии АК), становится неустойчивым. Мелкие пластинки удлиненночешуйчатого монтмориллонита, свойственного II-ой зоне, при трансформационной аградации его в III-ей зоне в удлиненнопластинчатую гидрослуду, испытывают регенерацию, хотя даже в древних и испытанных максимальные погружения отложениях они не получают кристаллографически полноценной огранки на концах, типа серошпатоquita [24]. Поэтому одной из особенностей накопления и постседиментационного преобразования отложений терригенной формации является относительно невысокая минерализация водной среды (с повсеместным дефицитом К), что способствует сохранению в них каолинита, вплоть до зоны апокатагенеза и метагенеза при накоплении его, соответственно, либо в морских бассейнах, либо в пресных водоемах.

*Отложения терригенно-карбонатной и карбонатной формаций* локализуются либо в виде относительно тонких прослоев, четко выделяющихся в мощных толщах карбонатных пород, либо в обогащенных карбонатным материалом отложениях этого типа. В указанных формациях происходит более интенсивная аградация диоктаэдрических разбухающих минералов, что следует учитывать при геологической интерпретации результатов их изучения, не завышая степени катагенетического изменения содержащих их отложений. При исследовании глинистых минералов в собственно терригенных прослоях отложений этих формаций следует проводить [5, 23] для пластов не только в средних их частях, но и в периферийных участках, что позволит путем сравнительного анализа оценить влияние карбонатной среды в краевых частях терригенных прослоев на степень аградации материала в различных метагенетических зонах осадочного чехла земной коры. При исследовании глинистых минералов из пород этих формаций, кроме рекомендуемого нами раньше [17–20] для отложений всех формаций первоначального получения рентген-дифрактограмм от неориентированных препаратов, в отложениях терригенно-карбонатной и карбонатной формаций изучаемые разновидности пород необходимо обрабатывать на холоде 2% раствором HCl для разложения карбонатов. В процессе этой процедуры следует учитывать возможные изменения обменного комплекса как ди-, так и триоктаэдрических смектитов. Наряду с аллотигенными глинистыми минералами, содержащимися в породах терригенно-осадочных прослоев, в образованиях разрезов этих формаций в I-ой зоне осадочного чехла земной коры присутствуют слоисто-цепочечные Mg-силикаты. Для выявления последних в изучаемых разрезах надо тщательно исследовать прослои карбонатных толщ и переходные зоны между терригенными и карбонатными породами. Такая методология исследований прослоев между карбонатными и терригенными образованиями позволяет определить имеющиеся

преобразования во II-ой зоне слоисто-цепочечных минералов в смектиты, а затем в III-ей зоне охарактеризовать их трансформацию в тальк- и хлорит-сапониты. Такие минералы способствуют не только реконструкции палеогеографических условий седиментогенеза, но и имеют большое значение в решении ряда вопросов нефтегазовой геологии [14, 24]. Накоплению и постседиментационному преобразованию осадков терригенно-карбонатной и карбонатной формаций способствовала общая повышенная гидрогеохимическая минерализация среды, а поэтому последний фактор следует рассматривать, как важный типоморфный признак седиментогенеза указанных формаций.

Наличие в осадочном чехле земной коры мощных толщ Na- и Ca-монтмориллонитовых глин (нередко в ассоциации с цеолитами) свидетельствует, что содержащие эти минералы отложения относятся к *вулканогенной формации*. Если в отложениях терригенно-карбонатной и карбонатной формаций на высокую интенсивность аградационно-трансформационных процессов влияет гидрогеохимический характер среды их накопления, то в отложениях вулканогенной формации эти процессы определяются природой исходного материала. Показательны в этом отношении туфогенные образования основных алмазоносных районов СП, представленные как трубчатыми телами, так и вулканогенно-осадочными породами корвунчанской свиты нижнего триаса. Трубки взрыва туфобрекчий обнаружены в различных позднепалеозойских и мезозойских структурно-формационных зонах МБАР. Слабая устойчивость туфов и туфобрекчий в гипергенных условиях (по сравнению с вмещающими породами) приводит к более интенсивному развитию и лучшей сохранности КВ в пределах денудационной поверхности выравнивания, территориально совпадающей с конседиментационными палеоподнятиями и их склонами, а также концентрации продуктов выветривания в денудационно-аккумулятивных и аккумулятивных палеовпадинах. В глинистой составляющей из нижних частей разрезов этого типа присутствует в основном Mg-Fe-хлорит ( $b=9.27 \text{ \AA}$ ), характеризующийся определенной «дефектностью» структуры. Для этих частей профилей выветривания туфогенных образований характерны триоктаэдрические и дитриоктаэдрические минералы, с небольшой примесью каолинита. Вверх по профилю выветривания отмечается вермикулит и Mg-Fe<sup>3+</sup>-монтмориллонит, которые постепенно переходят в неупорядоченное ВМСО с  $d=1.49 \text{ \AA}$ , что указывает на увеличение роли трехвалентных катионов (в том числе и Al) в его структуре. По мере выветрелости этих пород доминирует каолинит и появляется примесь гиббсита. В нижних частях профилей этот монтмориллонит близок к дитриоктаэдрическому типу, который по мере выветрелости пород вместе с Fe-хлоритом, постепенно переходит в ВМСО неупорядоченного типа, содержащие в октаэдрических позициях структуры в основном Al и Fe<sup>3+</sup>. Этот процесс сопровождается существенным перераспределением Si. Удаление из структуры указанной фазы избытка кремния и фемических элементов обуславливает обогащение

элювия Al и развитие в нем каолинита. Кроме образования каолинита непосредственно по микроклину либо по плагиоклазам (через стадию монтмориллонита), возникает он также за счет ВМСО. Каолинит здесь имеет нечеткую псевдогексагональную форму кристаллов, похожим на возникшие разности минерала в КВ основных пород. Такой тип каолинита характеризуется не только несовершенной огранкой, но и весьма неупорядоченной структурой. Следует отметить, что, возникая за счет раскristализации витрокластического материала различного химического состава при низких термобарических параметрах среды, продукты изменения указанного материала практически не содержат слюды [10, 17]. В отложениях этой формации могут образовываться однородные толщи монтмориллонитовых глин, образуя ценные в промышленном отношении месторождения Na- и Ca-разновидностей (бентонитов, либо флоридинов). Учитывая различную активность отдельных катионов, Na-разновидность монтмориллонита может замещаться кальциевой. С отдельными минералами вулканогенного происхождения, образующихся по кислой витрокластике, ассоциирует высокодисперсный кристобалит.

За счет преобразования вулканогенного материала в пресных водоемах и в нормально морских бассейнах происходит раскristализация его на ранних этапах литогенеза в виде различного типа смектитов с низким зарядом слоев. Ограниченная способность фиксации ими K и сохранение на одинаковых стадиях постседиментационного изменения содержащих их отложений более значительного количества лабильных слоев, чем в продуктах аградации МГСО, приводит к деградации триоктаэдрических слюд и диоктаэдризации остаточных продуктов. Это различие, слабо фиксирующееся в I и II-ой зонах осадочного чехла земной коры, особенно четко проявляется в III-ей зоне, обуславливая выделение в толще, содержащей деградированные слюды, прослоев аградированного монтмориллонита в виде характерных «маркеров», которые используются для расчленения и корреляции разрезов [14–17]. Указанное различие в интенсификации адсорбции K этими двумя типами разбухающих минералов можно рассматривать как основную особенность отложений вулканогенной формации, что имеет важное практическое значение. Это объясняет наблюдающееся в таком случае нарушение общей тенденции последовательного уменьшения разбухающих слоев в структуре минералов из трехэтажных слоев в процессе погружения содержащих их отложений в стратисферу. Прослои с аномально пониженным количеством лабильных слоев в структуре МГСО, присутствующие в III-ей зоне осадочного чехла земной коры, указывают на их вулканогенную природу. Выделение в мощных осадочных толщах таких прослоев позволяет использовать их, как надежные маркеры при расчленении и корреляции фаунистически обедненных отложений.

Несмотря на высокую минерализацию водной среды в условиях накопления отложений *галогенной формации* [10–13], вследствие свойственной I-ой зоне

низких термобарических параметров среды, тенденция к более высокой упорядоченности структуры глинистых минералов в отложениях формации проявляется в ограниченных масштабах. Учитывая, что слоистые силикаты и алюмосиликаты в рассматриваемой формации практически не возникают, фиксируются только аллотигенные минералы, адсорбирующие из водной среды катионы. Поэтому из аутигенных минералов в этой формации возникают только гидроталькиты, алюминиты, сульфаты, карбонаты и другие минералы ранней генерации.

### Заключение

Таким образом, как показано нами на примере изучения отложений терригенной, терригенно-карбонатной, карбонатной и вулканогенной формаций, глинистые минералы в них отмечаются как аутигенного, так и аллотигенного генезиса, представленные несовершенными в структурном отношении разновидностями. Для глинистых минералов в целом отмечены существенные дефекты, вызванные вакансиями в структуре, не заполненными полностью (вплоть до стадии МГ). Во многом это вызвано некоторыми недостатками отдельных катионов при образовании (или преобразовании) слоистых силикатов в осадках в зоне седиментации (предшествующих МГ стадиях литогенеза), приводя к несущественным преобразованиям материала переотложенных КВ в бассейнах их накопления, что показано на примере верхнепалеозойских и мезозойских осадочных толщ основных алмазоносных районов СП. Особенности распределения переотложенных продуктов КВ в верхнепалеозойских отложениях ДААР, по сравнению с МБАР, в целом различаются из-за величины эрозионного среза кимберлитовых диатрем, что значительно облегчает процесс проведения прогнозно-поисковых работ на территории первого, делая их более эффективными. Оконтуривание и палеографические реконструкции ореолов рассеяния кимберлитового материала в базальных слоях каменноугольно-пермских отложений в этом регионе обычно позволяет открывать новые кимберлитовые трубки. В то же время, в мезозойских отложениях МБАР материал переотложенных древних КВ диагностируется по типоморфным особенностям аллотигенных глинистых слоистых минералов, а также по ассоциациям некоторых химических элементов. В терригенных образованиях иреляхской свиты, образовавшимся в обстановке низменной аллювиальной равнины (центральная часть АВНМП), установлена доминирующая роль монтмориллонита, ассоциирующего с ВМСО. В отличие от этого, в глинистых образованиях, сформированных в условиях озерной, озерно-болотной и денудационно-аккумулятивной равнины, доминирует каолинит и диоктаэдрическая гидрослюда  $2M_1$ , что объясняется обогащенностью иреляхских отложений низменной аллювиальной равнины материалом перемыва и переотложения верхнепалеозойских отложений, в отличие от двух других ландшафтных зон, в которых доминируют продукты выветрелых терри-

генно-карбонатных пород и трапфов, а иногда и кимберлитов. Период мезозойского осадконакопления в МБАР контролировался развитием на этой территории двух структурно-формационных зон. В иреляхское время в юго-восточной зоне происходило накопление материала перемыва древних кор выветривания только на склонах центральной части прогиба. В укугутское время эти образования были существенно эродированы и вынесены за пределы региона, а сохранившиеся от размыва их останцы были перекрыты мощной (до 100 м) толщей аллювиальных отложений, в которых доминирует чуждый району материал. Плинсбахское и тоарское осадконакопление произошло в прибрежно-морских условиях при небольшом поступлении материала из областей размыва, обрамлявших морской бассейн. На протяжении описываемого мезозойского времени северо-западная структурно-формационная зона, занимающая трапповое плато, характеризуется интенсивным корообразованием, размывом элювиальных толщ и их переотложением в локальные депрессии. Здесь формировались осадки делювиально-пролювиальных, пролювиально-аллювиальных и озерных (озерно-болотных) фаций. В домерское время находящиеся в рассматриваемой зоне КВ и отложения, обогащенные ими, подверглись дальнейшей абразии, а их продукты накапливались в базальных горизонтах в прибрежно-морских условиях. Тоарские толщ сформировались уже после перекрытия КВ или их полного размыва. Для поисков алмазных месторождений наиболее благоприятной является полоса вдоль бровки северо-западного борта АВНМП, где сохранились породы иреляхской и укугутской свиты, а также карикского подъяруса. В этих толщах, сохранившихся в Иреляхской и Мачобинской депрессиях, находятся все известные в настоящее время россыпи алмазов промышленного значения.

Поисковый интерес представляют слабо изученные участки Мирнинского поднятия, которые могут быть поставщиками кимберлитового материала в ближние депрессии. В образованиях терригенно-карбонатных и карбонатных формаций наиболее характерными слоистыми силикатами являются ди- триоктаэдрические смектиты и хлорит-сапониты. В отложениях галогенной формации отмечена интенсивная фиксация катионов аллотигенными глинистыми минералами. В песчано-алевритовых породах на поздних этапах стадии ПК кристаллизуется хлорит характеризующийся повышенной магниальностью. В отложениях галогенной формации обычно нет условий для образования каолинита, но он может присутствовать лишь как реликтовая примесь, поступившая при размыве и переотложении осадочных толщ, образовавшихся в условиях аридного литогенеза. При погружении отложений во II-ую зону и повышении термобарических параметров среды в песчано-алевритовых отложениях происходит кристаллизация аутигенных глинистых минералов более поздней, чем хлорит, генерации. В пресноводных бассейнах седиментации кристаллизуются либо каолинит, либо удлиненночешуйчатый монтмориллонит, в то

время как при формировании галогенной формации образуется только последний минерал. Аутигенные глинистые минералы наиболее характерны для песчано-алевритовых отложений III-ей зоны. Развитие в этих породах удлиненопластинчатой гидрослюды с пирамидальными окончаниями частиц и высокой степенью совершенства структуры является главнейшим признаком накопления терригенного материала в условиях формирования отложений галогенной формации. В этом случае при повышенной минерализации пластовых вод и поровых растворов и высокими термобарическими параметрами среды образуются слюдяные минералы с оптимальной кристаллографической огранкой частиц. Эти минералы ассоциируют с хлоритом, частицы которого в рассматриваемых фациальных условиях также характеризуются элементами псевдогексагональной огранки. Результаты комплексного исследования глинистых минералов можно успешно использовать как для стратиграфических построений, так и для палеогеографических реконструкций перспективных на алмазы территорий.

**Конфликт интересов:** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьев В. П., Елисеев А. П., Надолинный В. А., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Рылов Г. М., Томиленко А. А., Горяйнов С. В., Юрьева О. П., Сонин В. М., Чепуров А. И. Минералогия и некоторые вопросы генезиса алмазов У и УП разновидностей (по классификации Ю. Л. Орлова) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*. 2000. № 5. С. 79–97
- Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н. Минерагения древних россыпей алмазов восточного борта Тунгусской синеклизы // *Геология и геофизика*. 1987. № 1. С. 90–96
- Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Харьков А. Д., Соколов В. Н. Закономерности изменения мантийных минералов в коре выветривания кимберлитовых пород // *Минерагения зоны гипергенеза*. ИГЕМ АН СССР. 1980. С. 45–54
- Афанасьев В. П., Похиленко Н. П., Логвинова А. М., Зинчук Н. Н., Ефимова Э. С., Сафьянников В. И., Красавчиков В. О., Подгорных М. М., Пругов В. П. Особенности морфологии и состава некоторых хромшпинелидов алмазоносных площадей в связи с проблемой «ложных» индикаторов кимберлитов // *Геология и геофизика*. 2000. Т. 41. № 12. С. 1729–1741
- Бардухинов Л. Д., Седых Е. М., Евстратов А. А., Гаранин К. В., Зинчук Н. Н. Первые результаты изучения крупных алмазов из промышленных месторождений Якутии // *Геология рудных месторождений*. 2024. Вып. 66. № 4. С. 363–384
- Гладков А. С., Борняков С. А., Манаков А. В., Матросов В. А. Тектонофизические исследования при алмазопроисхождении. Метод. пособие. М.: Научный мир, 2008. 175 с.
- Горшков А. И., Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д., Шлыков В. Г., Жухлистов А. П., Мохов А. В., Сивцов А. В. Новый упорядоченный смешанослойный минерал лизардит-сапонит из кимберлитов Южной Африки // *Доклады РАН*. 2002. Т. 382. № 3. С. 374–378
- Дукардт Ю. А., Борис Е. И. Авлакогенез и кимберлитовый магматизм. Воронеж: ВГУ, 2000. 161 с.
- Зинчук Н. Н. Состав и генезис глинистых минералов в верхнепалеозойских осадочных толщах восточного борта Тунгусской синеклизы // *Геология и геофизика*. 1981. № 8. С. 22–29
- Зинчук Н. Н. Об основных источниках глинистых минералов в мезозойских континентальных алмазоносных отложениях Западной Якутии // *Геология и геофизика*. 1982. № 8. С. 81–90
- Зинчук Н. Н. Особенности состава и распределения слюдяных образований в кимберлитовых породах Якутии // *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 1991. № 7. С. 58–66.
- Зинчук Н. Н. Влияние вторичных минералов на облик и состав кимберлитовых пород // *Геология и геофизика*. 1998. Т. 39. № 12. С. 1704–1715
- Зинчук Н. Н. Особенности минералов слюд в кимберлитах // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*. 2018. № 2. С. 29–39
- Зинчук Н. Н. Типоморфные свойства индикаторных минералов кимберлитов и их использование при прогнозировании месторождений алмаза на Сибирской платформе // *Отечественная геология*. 2021. № 2. С. 41–56
- Зинчук Н. Н. Геологические исследования при поисках алмазных месторождений // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*. 2021. № 4. С. 35–52
- Зинчук Н. Н. Роль петролого-минералогических и геохимических исследований в оценке потенциальной алмазности кимберлитов // *Отечественная геология*. 2022. № 1. С. 36–47
- Зинчук Н. Н. Кремнистые минералы в кимберлитах // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*. 2022. № 4. С. 38–52
- Зинчук Н. Н. Особенности петрографического изучения кимберлитовых пород // *Отечественная геология*. 2022. № 4. С. 34–49
- Зинчук Н. Н. Коры выветривания и их роль в формировании посткимберлитовых осадочных толщ // *Руды и металлы*. 2022. № 2. С. 100–120
- Зинчук Н. Н. О специфике глинистых минералов в осадочных формациях // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2022. № 1. С. 10–23
- Зинчук Н. Н. Особенности гидротермального и гипергенного изменения слюдяных кимберлитов // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2023. Т. 22. № 1. С. 32–50
- Зинчук Н. Н. Сульфаты в кимберлитовых породах // *Отечественная геология*. 2023. № 2. С. 56–72
- Зинчук Н. Н. Особенности кальцита из кимберлитовых пород // *Вестник Воронежского государственного университета. Геология*. 2023. № 2. С. 28–43
- Зинчук Н. Н. О геолого-поисковых типах кимберлитовых трубок // *Известия Коми НЦ УрО РАН. Науки о Земле*. 2023. № 2 (60). С. 43–56
- Зинчук Н. Н. Особенности распространения и генезиса некоторых карбонатных минералов в кимберлитовых породах (на примере Сибирской платформы) // *Отечественная геология*. 2023. № 6. С. 62–77
- Зинчук Н. Н. Особенности сульфидов в кимберлитовых породах // *Вестник Воронежского государственного университета. Геология*. 2023. № 4. С. 47–62
- Зинчук Н. Н. Геолого-тектоническое строение и особенности развития Сибирской платформы в связи с алмазопроисхождением // *Отечественная геология*. 2024. № 3. С. 43–72
- Зинчук Н. Н. О некоторых особенностях региональной поисковой алмазной минералогии // *Вестник Пермского государственного университета. Геология*. 2024. Т. 23. № 2. С. 152–172
- Зинчук Н. Н. Об особенностях некоторых индикаторных минералов кимберлитовых пород // *Вестник Пермского государственного университета. Геология*. 2024. Т. 23. № 4. С. 352–376
- Зинчук Н. Н., Афанасьев В. П. Генетические типы и основные закономерности формирования алмазоносных россыпей // *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 1998. № 2. С. 66–71.
- Зинчук Н. Н., Борис Е. И. О концентрации продуктов переотложения кор выветривания в верхнепалеозойских осадочных толщах восточного борта Тунгусской синеклизы // *Геология и геофизика*. 1981. № 8. С. 22–29
- Зинчук Н. Н., Борис Е. И., Стегницкий Ю. Б. Структурно-формационное и минерагеническое районирование территорий развития погребенных кор выветривания и продуктов их переотложения в алмазоносных регионах (на примере Якутской кимберлитовой провинции) // *Геология и геофизика*. 1998. Т. 39. №

7. С. 950–964.
33. Зинчук Н. Н., Дукардт Ю. А., Борис Е. И. Тектонические аспекты прогнозирования кимберлитовых полей. Новосибирск: Сибтехнорезерв, 2004. 166 с.
34. Зинчук Н. Н., Зинчук М. Н., Котельников Д. Д., Шлыков В. Г., Жухлистов А. П. Структурно-кристаллохимические преобразования слоистых минералов на разных стадиях гипергенного изменения кимберлитов // *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2002. № 1. С. 47–60
35. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Особенности алмазов из древних осадочных толщ на площадях влияния кристаллических массивов // *Отечественная геология*. 2020. № 3. С. 75–88
36. Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д., Горшков А. И. Идентификация и генезис лизардит-сапонитового смешанослойного образования в кимберлитах одной из трубок Южной Африки // *Литология и полезные ископаемые*. 2003. № 1. С. 87–96
37. Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д., Соколов В. Н. Изменение минерального состава и структурных особенностей кимберлитов Якутии в процессе выветривания // *Геология и геофизика*. 1982. № 2. С. 42–53
38. Коптиль В. И. Типоморфизм алмазов северо-востока Сибирской платформы в связи с проблемой прогнозирования и поисков алмазных месторождений: автореф. дис. ... кан. геол. мин. наук. Новосибирск: ИГМ СО РАН. 1994. 25 с.
39. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Об устойчивости и палеогеографическом значении гидрослоев в корях выветривания и продуктах их переотложения на территории Западной Якутии // *ДАН СССР*. 1980. Т. 255. № 3. С. 705–709
40. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Особенности глинистых минералов в отложениях различных осадочных формаций // *Известия ВУЗов. Геология и разведка*. 1997. № 2. С. 53–63
41. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Геологическая интерпретация результатов изучения глинистых минералов в осадочном чехле земной коры // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*. 2001. № 12. С. 45–51
42. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Условия накопления и постседиментационного преобразования глинистых минералов в отложениях терригенной формации // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический*. 2001. Т. 76. № 1. С. 45–53
43. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Об аномалии общей схемы преобразования разбухающих глинистых минералов при погружении содержащих их отложений в стратисферу // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*. 2003. № 2. С. 57–68
44. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н., Кузьмин В. А. Морфогенетические разновидности каолинита в корях выветривания и осадочном чехле земной коры. Статья 1. Механизм образования каолинита в корях выветривания различных петрохимических типов пород // *Известия ВУЗов. Геология и разведка*. 2006. № 5. С. 19–25
45. Лапин А. В., Толстов А. В., Антонов А. В. Изотопный состав Sr- и Nd-кимберлитов и конвергентных с ними пород Сибирской платформы // *Доклады РАН*. 2007. Т. 414. № 1. С. 78–82
46. Савко А. Д., Зинчук Н. Н., Шевырёв Л. Т., Ильяш В. В., Афанасьев Н. С. Алмазоносность Воронежской антеклизы. Труды научно-исследовательского института геологии. Воронеж: Изд-во Воронеж. Гос. ун-та. Вып. 17. 2003. 121 с.
47. Серокуров Ю. Н., Калмыков В. Д., Зуев В. М. Космические методы при прогнозировании и поисках месторождений алмазов. М.: Недра, 2001. 198 с.
48. Rosen O. M., Serenko V. P., Spetsius Z. V., Manakov A. V., Zinchuk N. N. Yakutian kimberlite position in the Siberian craton and composition of the upper and lower crust // *Geologiya and Geofizika*. 2002. Vol. 43. No. 1. P. 3–26

*Зинчук Николай Николаевич*, д.г.-м.н., профессор, академик Академии наук РС (Якутия), председатель ЗЯНЦ АН РС (Якутия), Мирный, Республика Саха (Якутия), Российская Федерация; e-mail: nzninchuk@rambler.ru; ORCID: DOI: <https://doi.org/0000-0002-9682-3022>

*Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.*

*Nikolay N. Zinchuk*, PhD, Dr. habil. In Geol.-Min., professor, academician of the Academy of Sciences of the RS (Yakutia), chairman of West-Yakutian Scientific Centre of the SR (Yakutia) Academy of Sciences, Mirny, Republic of Sakha (Yakutia), Russian Federation; e-mail: nzninchuk@rambler.ru; ORCID: DOI: <https://doi.org/0000-0002-9682-3022>

*Author have read and approved the final manuscript.*

## The importance of clay minerals for stratigraphic and paleogeographic reconstructions of diamond-promising territories

©2026 N. N. Zinchuk<sup>✉</sup>

*West-Yakutian Scientific Centre of the SR (Yakutia) Academy of Sciences, Tichonova 5/1, 678170, Mirni, Russian Federation*

### Abstract

*Introduction:* the characteristics of clay minerals in sedimentary rocks are determined by the nature of the source areas, the influence of the hydrochemical nature of the environment on the material entering sedimentation areas, and the scale of changes in the chemical composition and properties of the material depending on the intensity of post-sedimentation transformation of deposits. These factors contribute to the development of a sequential process of aggradational alteration of primary allochthonous clay material in all lithological types of rocks. The formation of authigenic clay formations occurs in the pores of sandstone-siltstone rocks and along the fractures of carbonate and terrigenous-carbonate rocks.

*Objects, Research Methodology, Results and Their Interpretation:* a brief analysis of the behaviour of clay minerals in sedimentary formations at various stages of sedimentogenesis, diagenesis, catagenesis and metagenesis has been carried out. It is shown that each of the zones identified in the Earth's crust is characterised by different combinations of clay minerals and degrees of post-sedimentation rock transformation. Clay minerals and their associations in terrigenous, terrigenous-carbonate, carbonate, volcanic and halogenic formations have been characterised. Clay minerals from the early stages of sedimentation and diagenesis (partially catagenesis) have been described in particular detail. These stages are usually associated with most ancient (Upper Palaeozoic and Mesozoic) diamond-bearing placers. The presence of indicator minerals of kimberlites in such placers is commonly used to prospect for primary diamond deposits using the heavy-mineral concentrate (placer) mineralogical method.

Using specific diamond-bearing areas of the Siberian Platform (SP) as an example, the importance of studying the material composition of volcanic formations and the distribution patterns of their material during the formation of multi-age diamond reservoirs has been demonstrated for solving predictive and prospecting tasks.

*Conclusion:* based on the study of deposits from terrigenous, terrigenous-carbonate, carbonate and volcanic formations – where clay minerals are noted to be of both authigenic and allochthonous origin – the widespread development of structurally imperfect varieties has been demonstrated. The latter are characterised by significant defects (i.e., vacancies in the structure) that are not fully filled even up to the metagenesis stage (MS). This is due to the fact that formation waters and pore solutions at the lithogenesis stages preceding MS retain a deficit of the major cations essential for the structures of layered silicates. This leads to relatively minor changes in the material of reworked weathering crusts during their transport into sedimentary basins. This has been illustrated using the example of Upper Palaeozoic and Mesozoic sedimentary sequences from the main diamond-bearing regions of the SP.

**Keywords:** argillaceous minerals, sedimentary formations, sedimentogenesis, diagenesis, katagenesis, metagenesis of sediments.

*For citation:* Zinchuk N. N. The importance of clay minerals for stratigraphic and paleogeographic reconstructions of diamond-promising territories // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*.

*Seriya: Geologija – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2026, no. 1, pp. 43–57.

DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2026/1/43-57>.



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

<sup>✉</sup> Nikolay N. Zinchuk, e-mail: [nnzinchuk@rambler.ru](mailto:nnzinchuk@rambler.ru)

*Conflict of interests:* The author declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

#### REFERENCIS

- Afanas'ev V. P., Eliseev A. P., Nadolinniy V. A., Zinchuk N. N., Koptil' V. I., Rylov G. M., Tomilenko A. A., Gorjajnov S. V., Jur'eva O. P., Sonin V. M., Chepurov A. I. Mineralogija i nekotorye voprosy genezisa almazov U i UP raznovidnostej (po klassifikacii Ju. L. Orlova) [Mineralogy and some issues of variety V and VII diamonds genesis (by classification of Y. L. Orlov)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologija – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2000, no. 5, pp. 79–97 (In Russ.)
- Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N. Mineragenija drevnih rossypej almazov vostochnogo borta Tungusskoj sineklizy [Ninerageny of ancient placers of diamonds on the eastern side the Tunguska syncline]. *Geologija i geofizika – Geology and geophysic*. 1987, no. 1, pp. 90–96 (In Russ.)
- Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Har'kiv A. D., Sokolov V. N. Zakonomernosti izmenenija mantijnyh mineralov v kore vyvetrivanija kimberlitovyh porod [Pafferns of changes in mantle minerals in the weathering crust of kimberlite rocks]. *Mineragenija zony gipergeneza – Mineralogy of the hypergenesis zone*, 1980, pp. 45–54 (In Russ.)
- Afanas'ev V. P., Pokhilenko N. P., Logvinova A. M., Zinchuk N. N., Efimova E.S., Saf'jannikov V.I., Krasavchikov V.O., Podgornyykh M.M., Prugov V.P. Osobennosti morfologii i sostava nekotorykh khromshpinelidov almazonosnykh ploshchadei v svyazi s problemoi «lozhnykh» indikatorov kimberlitov [Features of the morphology and composition of some chromespinels of diamond-bearing areas in connection with the problem of "false" indicators of kimberlites]. *Geologija i geofizika – Geology and geophysics*, 2000, vol. 41, no. 12, pp. 1729–1741 (In Russ.)
- Barduhinov L.D., Sedyh E.M., Evstratov A.A., Garanin K.V., Zinchuk N.N. Pervye rezul'taty izuchenija krupnyh almazov iz promyshlennyh mestorozhdenij Jakutii [The First Results of a Study of Large Diamonds from Industrial Deposits of Yakutia]. *Geologija rudnyh mestorozhdenij – Geology of Ore Deposite*, 2024, vol.66, no. 4, pp.412–429 (In Russ.)
- Gladkov A. S., Bornjakov S. A., Manakov A. V., Matrosov V. A. *Tektonofizicheskie issledovanija pri almazoposkovykh rabotah. Metod. posobie* [Tectonophysical studies in diamondiferous operations. Methodical posobical]. Moscow, Nauthni mir publ., 2008, 175 p. (In Russ.)
- Gorshkov A. I., Zinchuk N. N., Kotel'nikov D. D., Shlykov V. G., Zhuhlistov A. P., Mohov A. V., Sivcov A. V. Novyj uporjadochennyj smeshanoslojnyj mineral lizardit-saponit iz kimberlitov Juzhnoj Afriki [New ordered mixed-layer mineral lysardite-saponite from kimberlites of South Africa]. *Doklady RAN – Reports of RAN*, 2002, vol. 382, no. 3, pp. 374–378 (In Russ.)
- Dukardt Ju.A., Boris E. I. *Avlakogenez i kimberlitovyj magmatizm* [Avlacogenesis and kimberlite magmatism]. Voronez, VGU publ., 2000, 161 p. (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Sostav i genezis glinistyh mineralov v verhnepaleozojskikh osadochnyh tolshhah vostochnogo borta Tungusskoj sineklizy [Composition and genesis of clay minerals in the Upper Paleozoic sedimentary strata of the eastern side of the Tunguska syncline]. *Geologija i geofizika – Geologia and Geophysika*, 1981, no. 8, pp. 22–29 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Ob osnovnyh istochnikah glinistyh mineralov v mezozojkskikh kontinental'nyh almazonosnyh otlozhenijah Zapadnoj Jakutii [About main sources of argillaceous minerals in Mesozoic continental diamondiferous deposits of Western Yakutia]. *Geologija i geofizika – Geology and Geophysics*, 1982, no. 8, pp. 81–90 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Osobennosti sostava i raspredelenija sljudistyh obrazovanij v kimberlitovyh porodah Jakutii [Specific features of composition and distribution of micaceous formations in kimberlite rocks of Yakutia]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geologija i razvedka – News of HEI. Geology and exploration*, 1991, no.7, pp. 58–66 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Vlijanie vtorichnyh mineralov na oblik i sostav kimberlitovyh porod [Influence of secondary minerals on appearance and composition of kimberlite rocks]. *Geologija i geofizika – Geology and geophysics*, 1998, vol. 39, no. 12, pp. 1704–1715 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Osobennosti mineralov sljud v kimberlitah [Features of micaceous Formations in kimberlite]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologija – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2018, no. 2, pp. 29–39 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Tipomorfnye svojstva indikatornyh mineralov kimberlitov i ih ispol'zovanie pri prognozirovanii mestorozhdenij almaza na Sibirskoj platforme [Tipomorphic properties of kimberlite indicator minerals and their use in forecasting diamond deposits on the Siberian platform]. *Otechestvennaja geologija – Otechestvennaja geologija*, 2021, no. 2, pp. 41–56 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Geologicheskie issledovanija pri poiskah almaznyh mestorozhdenij [Geological research in Prospecting for Diamond deposits]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologija – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2021, no. 4, pp. 35–52 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Rol' petrologo-mineralogicheskikh i geohimicheskikh issledovanij v ocenke potencial'noj almazonosnosti kimberlitov [The role of petrological-mineralogical and mineralogical and geochemical shoties in assessing the potential diamond content of kimberlites]. *Otechestvennaja geologija – Otechestvennaja geologija*, 2022, no. 1, pp. 36–47 (In Russ.)
- Zinchuk N.N. Kremnistye mineraly v kimberlitah [Silicegus Minerals in Kimberlite] *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologija – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2022, no. 4, pp. 38–52 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Osobennosti petrograficheskogo izuchenija kimberlitovyh porod [Specific features of petrographic study of kimberlite]. *Otechestvennaja geologija – Otechestvennaja geology*, 2022, no. 4, pp. 34–49 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Kory vyvetrivanija i ih rol' v formirovanii postkimberlitovyh osadochnyh tolshh [Weathering crusts and their role in formation of post kimberlite fedimentary sequeces]. *Rudy i metally – Ores and metals*, 2022, no. 2, pp. 100–120 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. O specifikke glinistyh mineralov v osadochnyh formacijah [About specific character of argillaceous Minerals in sedimentary formations]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologija – Proceedings of Permsk State University. Series: Geology*, 2022, no. 1, pp. 10–23 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Osobennosti gidrotermal'nogo i gipergennogo izmenenija sljudistyh kimberlitov [Specific features of Hydrothermal and Hypergene Alterations of Micaceous Kimberlites]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologija – Vestnic Permskogo universiteta. Geology*, 2023, vol. 22, no. 1, pp. 32–50 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Sul'faty v kimberlitovyh porodah [Sulfates from kimberlite rocks]. *Otechestvennaja geologija – Otechestvennaja geology*, 2023, no. 2, pp. 56–72 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Osobennosti kal'cita iz kimberlitovyh porod [Features of calcite from kimberlite rocks]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologija – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2023, no. 2, pp. 28–43 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. O geologo-poiskovyh tipah kimberlitovyh trubok [Geological-fearching and petrographi of kimberlite pipes]. *Izvestija Komi NC UrO RAN. Nauki o Zemle – Izvestija Komi NTs UrO RAN. Nauki o Zemle*, 2023, no. 2 (60), pp.43–56 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Osobennosti rasprostraneniya i genezisa nekotoryh karbonatnyh mineralov v kimberlitovyh porodah (na primere Sibirskoj platformy) [Specific features of the dictribution and genesis of some carbonate minerals in kimberlite rocks (on the example of the Siberian Platform)]. *Otechestvennaja geologija – Otechestvennaja geology*, 2023, no. 6, pp. 62–77 (In Russ.)
- Zinchuk N. N. Osobennosti sulfidov v kimberlitovyh porodah

- [Specific features of Sulphides in kimberlite rocks]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2023, no. 4, pp. 47–62 (In Russ.)
27. Zinchuk N. N. Geologo-tektonicheskoe stroenie i osobennosti razvitiya Sibirskoj platformy v svyazi salmazopiskovymi rabotami [Geological and structure and development features of the Siberian platform in Connecticut with diamond prospecting]. *Otechestvennaya geologiya – Otechestvennaya geologiya*, 2024, no. 3, pp. 43–72 (In Russ.)
28. Zinchuk N. N. O nekotoryh osobennostyah regional'noj poiskovoj almaznoj mineralogii [About Perspectives of Studyina the kimberlite Indicator Minerals]. *Vestnik Permskogo gosuniversiteta. Geologiya – Vestnik Permskogo gosuniversiteta. Geologiya*, 2024, vol. 23, no. 2, pp. 152–172 (In Russ.)
29. Zinchuk N. N. Ob osobennostyah nekotoryh indikatornykh mineralov kimberlitovykh porod [About Characteristics of Some Kimberlite Indicator Minerals] *Vestnik Permskogo gosuniversiteta. Geologiya – Vestnik Permskogo gosuniversiteta. Geologiya*, 2024, vol. 23, no. 4, pp. 352–376 (In Russ.)
30. Zinchuk N. N., Afanas'ev V. P. Geneticheskie tipy i osnovnyye zakonomernosti formirovaniya almazonosnykh rossypej [Genetic types and basis pafferns of diamondiferous pacer formation]. *Izvestija vysshikh uchebnykh zavedenij. Geologiya i razvedka – News of HEI. Geology and Exploration*, 1998, no. 2, pp. 66–71 (In Russ.)
31. Zinchuk N. N., Boris E. I. O koncentracii produktov pereotlozheniya kor vyvetrivanija v verhnepaleozojskikh osadochnykh tolshhah vostochnogo borta Tunguskoj sineklizy [Koncentration of Weathering crust vedeposition products in the Upper Peleozoic sedimentary strata of the eastern side of the Tunguska syneclise]. *Geologija i geofizika – Geology and geophysics*, 1981, no. 8, pp. 22–29 (In Russ.)
32. Zinchuk N. N., Boris E. I., Stegnickij Ju. B. Strukturno-formacionnoe i mineragenicheskoe rajonirovanie territorij razvitiya pogrebennykh kor vyvetrivanija i produktov ih pereotlozhenija v almazonosnykh regionah (na primere Jakutskoj kimberlitovoj provincii) [Structural-formational and mineragenetic zoning of the territory of buried crusts of weathering and products of their redeposition in diamondiferous regions (on the example of Yakutian kimberlite province)]. *Geologija i geofizika – Geology and geophysics*, 1998, vol. 39, no. 7, pp. 950–964 (In Russ.)
33. Zinchuk N. N., Dukardt Ju. A., Boris E. I. *Tektonicheskie aspekty prognozirovaniya kimberlitovykh polej* [Tektonic aspect forecast of kimberlite field]. Novosibirsk, Sibtehnozrezerp publ., 2004, 166 p. (In Russ.)
34. Zinchuk N. N., Zinchuk M. N., Kotel'nikov D. D., Shlykov V. G., Zhuhlistov A. P. Strukturno-kristallohimicheskie preobrazovaniya sloistykh mineralov na raznykh stadijah gipergennogo izmenenija kimberlitov [Structural and crystal-chemical transformations of layered minerals at different stages of hypergenic kimberlite changes]. *Izvestija vysshikh uchebnykh zavedenij. Geologija i razvedka – News of higher educational institutions. Geology and exploration*, 2002, no. 1, pp. 47–60 (In Russ.)
35. Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Osobennosti almazov iz drevnykh osadochnykh tolshh na ploshhadjah vlijanija kristallicheskih massivov [Specific features of diamonds from ancient sedimentary thicks layers within crystalline massif influence arcas]. *Otechestvennaya geologija – Otechestvennaya geologiya*, 2020, no. 3, pp.75–88 (In Russ.)
36. Zinchuk N. N., Kotel'nikov D.D., Gorshkov A. I. Identifikatsiya i genezis lizardit-saponitovogo smeshanosloinogo obrazovaniya v kimberlitakh odnoi iz trubok Yuzhnoi Afriki [Identification and genesis of lizardite-saponite mixed-layer formation in kimberlites of one of the pipes of South Africa]. *Litologija i poleznye iskopaemye – Lithology and Minerals*, 2003, no. 1, pp. 87–96 (In Russ.)
37. Zinchuk N. N., Kotel'nikov D. D., Sokolov V. N. Izmenenie mineral'nogo sostava i strukturnykh osobennostej kimberlitov Jakutii v processe vyvetrivanija [Changes in the mineral composition and structural features of kimberlites of Yakutia during weathering]. *Geologija i geofizika – Geology and Geophysics*, 1982, no. 2, pp. 42–53 (In Russ.)
38. Koptil' V. I. *Tipomorfizm almazov severo-vostoka Sibirskoj platformy v svyazi s problemoj prognozirovaniya i poiskov almaznykh mestorozhdenij*: avtoref. diss. ... kan. geol. min. nauk [Tipomorfizm diamante of nordt-east of Sibirian platforme in bond of problem poiskov and deposits diamante. Abstract diss.]. Novosibirsk, IGM SO RAN publ., 1994, 25 p. (In Russ.)
39. Kotel'nikov D.D., Zinchuk N.N. Ob ustojchivosti i paleogeograficheskom znachenii gidroslyud v korah vyvetrivanija i produktah ih pereotlozhenija na territorii Zapadnoj Jakutii [About stability and paleogeographical significance of hydromicas in crusts of weathering and products of their redeposition on the territory of Western Yakutia]. *DAN SSSR – USSR DAS*. 1980, vol. 255, no. 3, pp. 705–709 (In Russ.)
40. Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N. Osobennosti glinistykh mineralov v otlozheniyakh razlichnykh osadochnykh formatsii [Features of clay minerals in deposits of various sedimentary formations]. *Izvestija VUZov. Geologija i razvedka – Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*, 1997, no. 2, pp. 53–63 (In Russ.)
41. Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N. Geologicheskaja interpretacija rezul'tatov izuchenija glinistykh mineralov v osadochnom chehle zemnoj kory [Geological interpretation of the rezultations of the Sedimentary cover on the larth's crust]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2001, no. 12, pp. 45–51 (In Russ.)
42. Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N. Usloviya nakopleniya i post-sedimentatsionnogo preobrazovaniya glinistykh mineralov votlozheniyakh terrigennoi formatsii [Conditions of accumulation and postsedimentary transformation of clay minerals in the sediments of the terrigenous formation]. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelej prirody. Otdel geologichesk – Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Geological department*, 2001, vol. 76, no. 1, pp. 45–53 (In Russ.)
43. Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N. Ob anomalii obshhej shemy preobrazovaniya razbuhajushhih glinistykh mineralov pri pogruzenii soderzhashhih ih otlozhenij v stratisferu [On the anomaly of the general scheme of transformation of swelling clay minerals when the sediments containing them are immersed in the stratosphere]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2003, no. 2, pp. 57–68 (In Russ.)
44. Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N., Kuz'min V. A. Morfogeneticheskie raznovidnosti kaolinita v korah vyvetrivanija i osadochnom chehle zemnoj kory. Stat'ja 1. Mehanizm obrazovaniya kaolinita v korah vyvetrivanija razlichnykh petrohimiicheskikh tipov porod [Morphogenetic varieties of kaolinite in weathering crusts and sedimentary cover of the cartc Mechanism of kaolinite formation in the weathering crusts of varions petrochemical teaks of rocks]. *Izvestija VUZov. Geologija i razvedka – News of universities. Geology and exploration*, 2006, no. 5, pp. 19–25 (In Russ.)
45. Lapin A. V., Tolstov A. V., Antonov A. V. Izotopnyj sostav Sr- i Nd-kimberlitov i konvergentnykh s nimi porod Sibirskoj platformy [SR- and ND isotopic compositions of Kimberlites and associated rocks of the Siberian craton]. *Doklady RAN – Doklady Earth Sciences*, 2007, vol. 414, no. 1, pp. 557–560 (In Russ.)
46. Savko A. D., Zinchuk N. N., Shevyryov L. T., Il'jash V. V., Afanas'ev N. S. Almazonosnost' Voronezhskoj anteklizy [Diamond bearing of the Voronezh anteclise]. *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta Geologii* [The work of the Research Institute of Geology], Voronezh, VSU publ., vol. 17, 2003, 121 p. (In Russ.)
47. Serokurov Ju. N., Kalmykov V. D., Zuev V. M. *Kosmicheskie metody pri prognozirovanii i poiskah mestorozhdenij almazov* [Space methods for fogecasting and prospecting for diamond deposits]. Moscow, Nedra publ., 2001, 198 p. (In Russ.)
48. Rosen O. M., Serenko V. P., Spetsius Z. V., Manakov A. V., Zinchuk N. N. Yakutian kimberlite position in the Siberian craton and composition of the upper and lower crust. *Geologija and Geofizika*, 2002, vol. 43, no. 1, pp. 3–26