



Институт геологии Коми
НЦ УРО РАН, г. Сыктывкар

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НИЖНЕГО ТРИАСА СЕВЕРА ДЕНИСОВСКОЙ ВПАДИНЫ

Н.Н. Тимонина
nntimonina@geo.komisc.ru



Схема тектонического и нефтегазогеологического районирования
Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции



Границы структур: 1 - крупнейших, надпорядковых; 2 - крупных, первого порядка, 3 - средних, второго порядка; 4 - границы нефтегазоносных районов; 5 - административная граница; 6 - железная дорога

Элементы нефтегазогеологического районирования: 1 - Тиманская НГО, Ижма-Печорская НГО, 3 - Печоро-Колвинская НГО, 3-3 - Шапкино-Юрьянский НГР, 4 - Хорейверская НГО, 5 - Варандей-Адвиевская НГО, 6 - Северо-Предуральская НГО

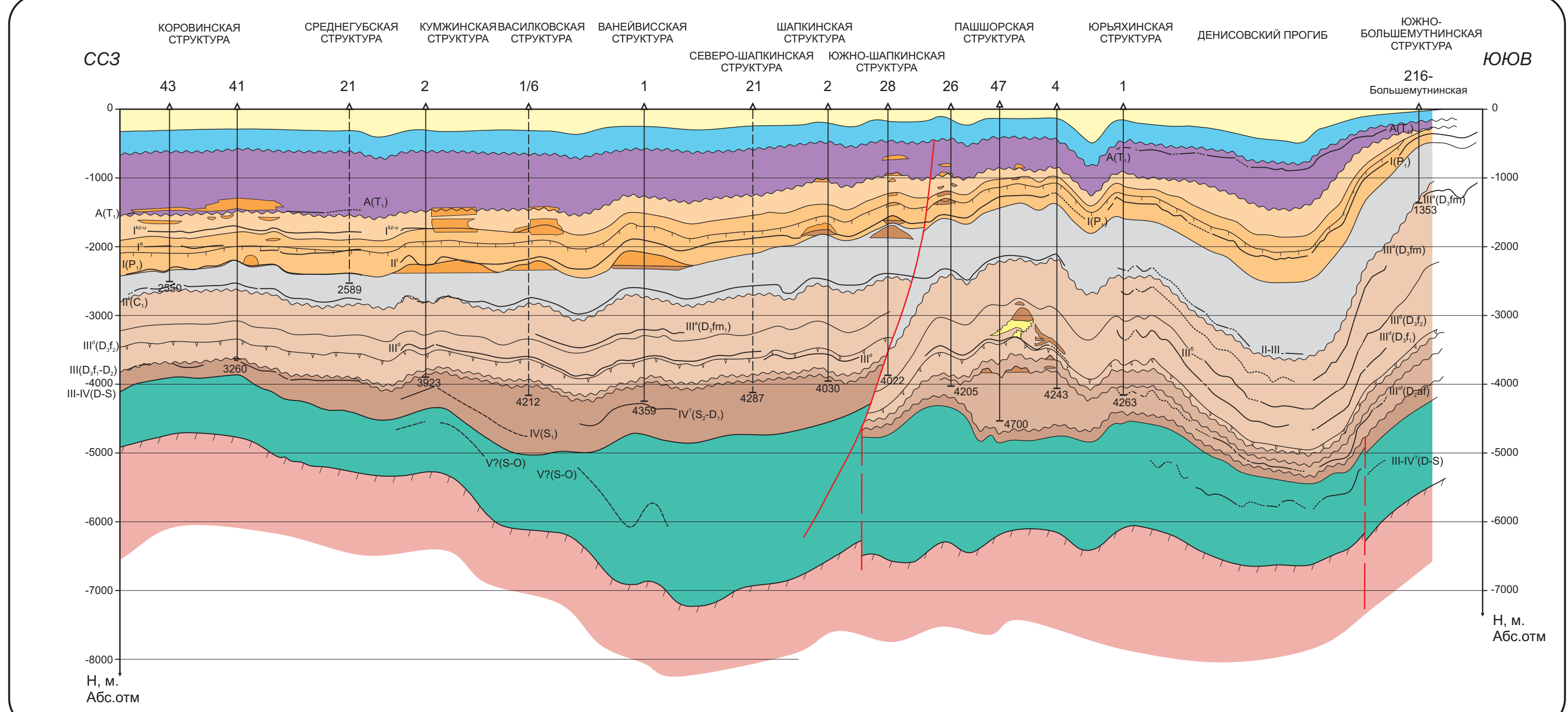
Целью исследований было детальное изучение литологических особенностей строения нижнетриасовых отложений и выявление литологических факторов, контролирующих потенциальную нефтеносность с учетом их локальной неоднородности, в том числе неоднородности цементации песчаников, изменчивости пустотного пространства.

Нижнетриасовые породы-коллекторы относятся к сложным, с высоким содержанием глинистой составляющей, эффективная разработка которых требует специальных методов воздействия на пласт.

В основу работы были положены результаты геолого-геофизического исследования 86 скважин, пробуренных в пределах ряда перспективных площадей и месторождений Шапкино-Юрьянского вала (Южно-Шапкинской, Васильковской, Ванейвской, Кумжинской, Коровинской и др.). Проведено детальное изучение отложений, вскрытых 26 скважинами в пределах Коровинской площади, включающее макрописание керн, детализированное изучением петрографического состава обломочных пород, минерального состава цемента песчаников, литогеохимическими исследованиями и изучением фильтрационных и емкостных свойств отложений.

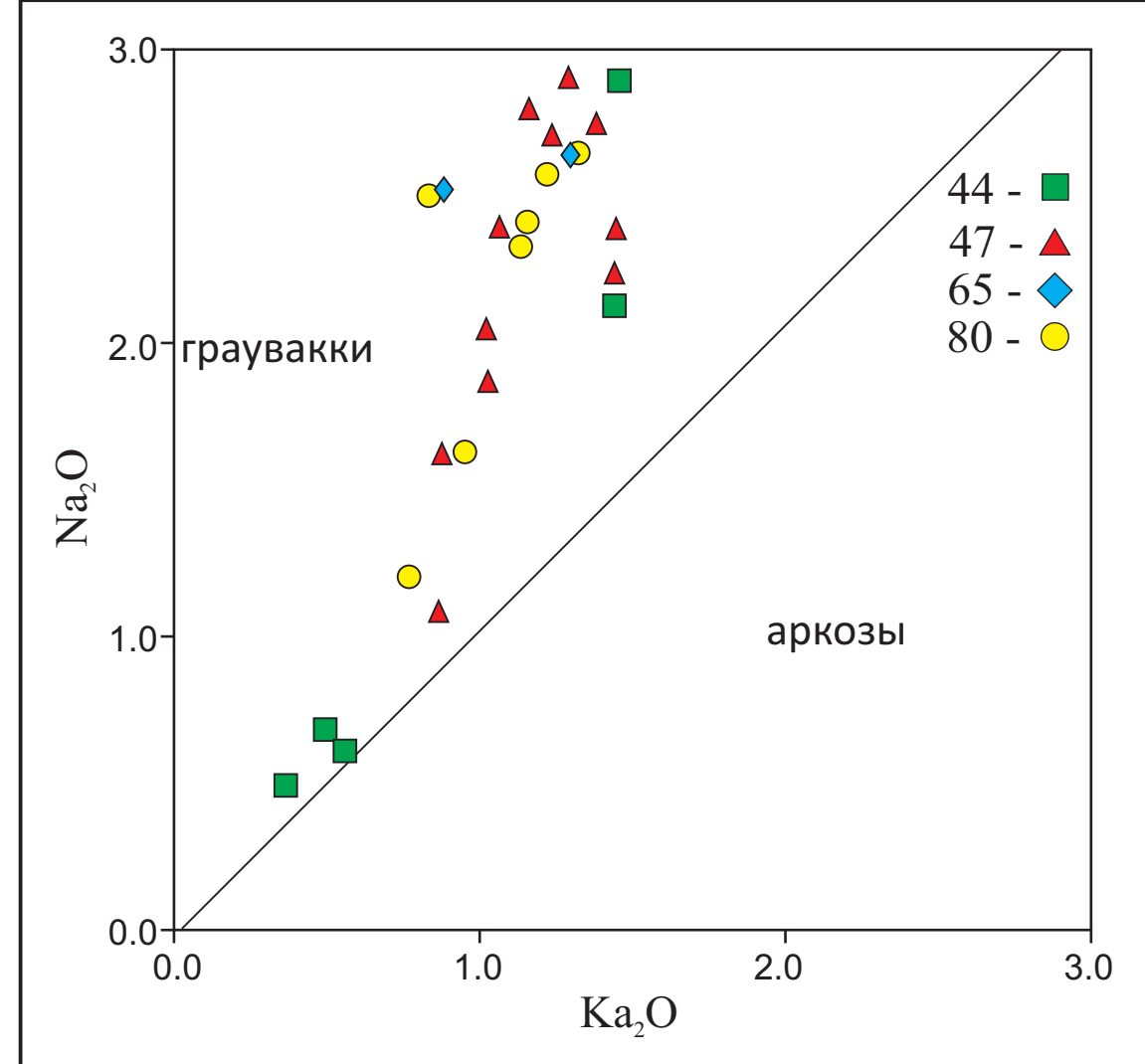
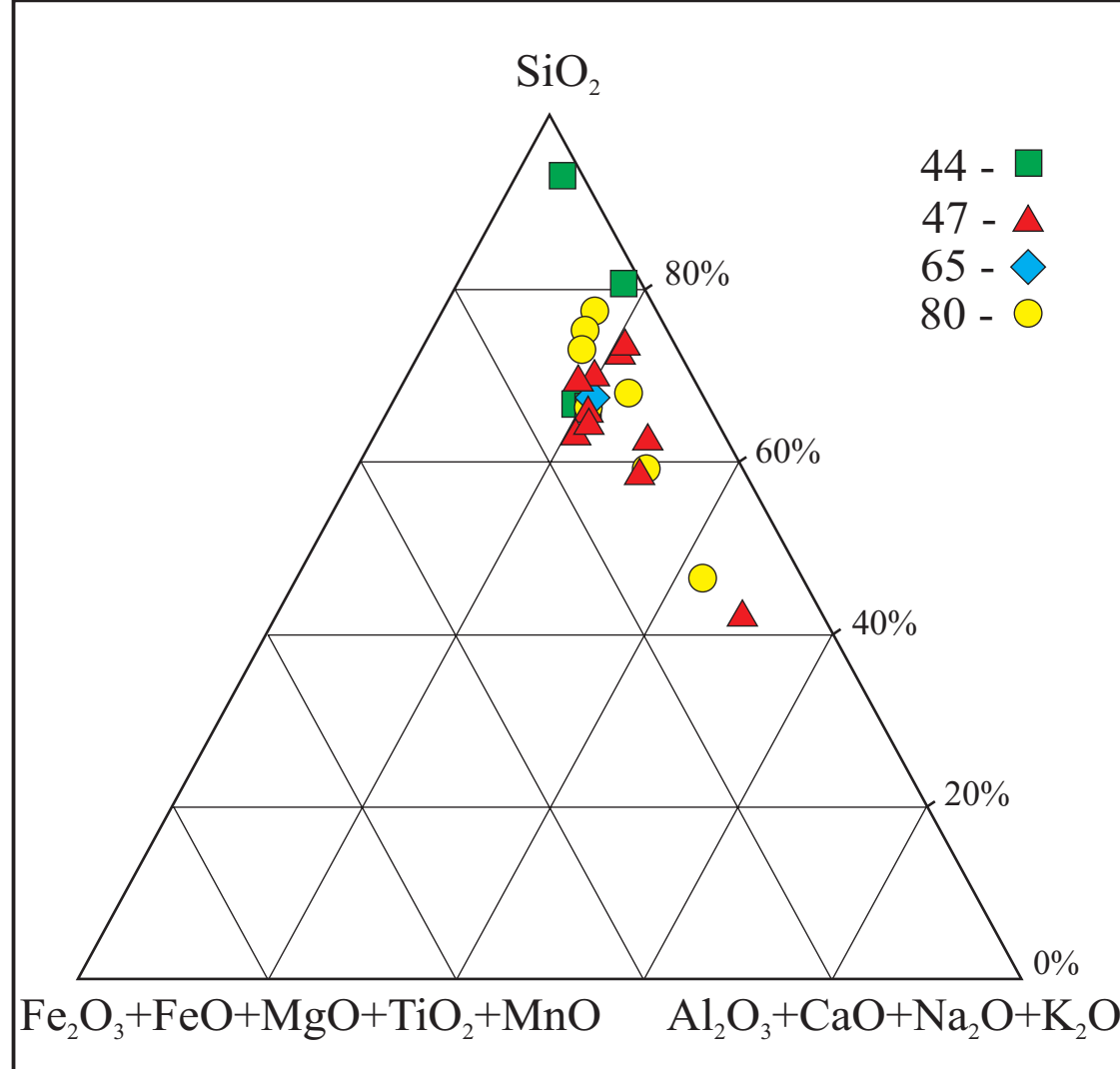
Триасовые отложения распространены практически на всей территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции за исключением осевых зон крупных положительных структур таких как Седужинский и Талотинский вала, восточный борт гряды Чернышева. [Тимонин, 1998]. Отложения с разрывом залегают на различных горизонтах перми и более древних образований.

Геолого-геофизический профиль по простираю Шапкино-Юрьянского вала



Триасовые отложения распространены практически на всей территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции за исключением осевых зон крупных положительных структур таких как Седужинский и Талотинский вала, восточный борт гряды Чернышева. [Тимонин, 1998]. Отложения с разрывом залегают на различных горизонтах перми и более древних образований, максимальная мощность нижнетриасовых образований зафиксирована в Коротаинской и Большесынтинской впадинах (2,8-3,6 км), в северо-западном направлении отмечается их сокращение. В центральных частях Колвинского мегавала и Хорейверской впадины мощности составляют 700-900 м [Природные резервуары..., 2011].

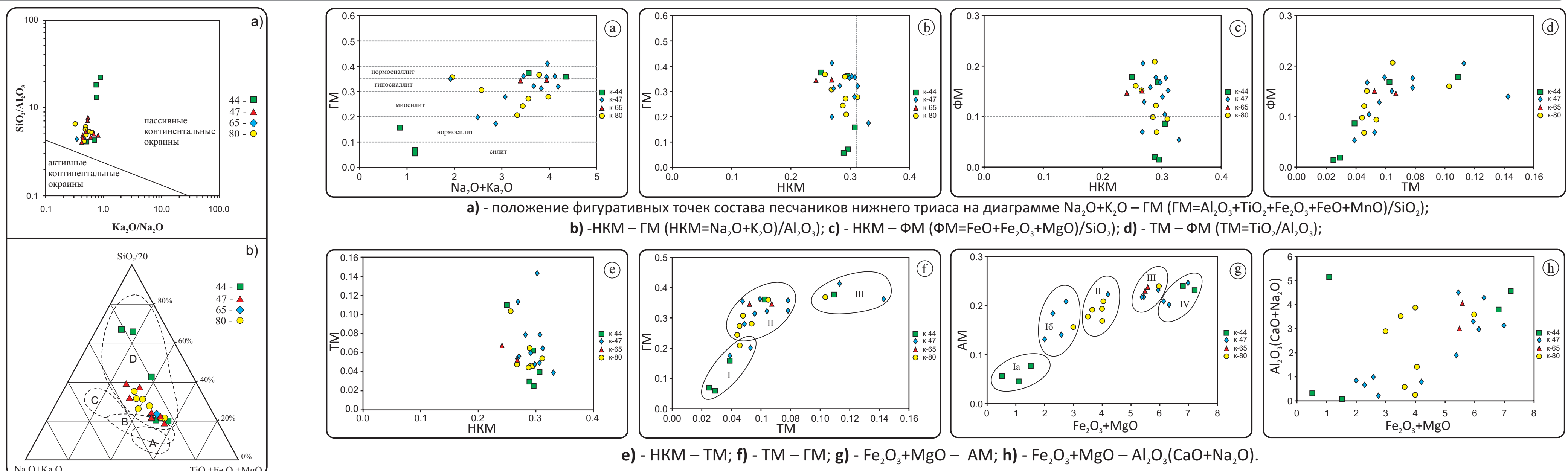
Триасовые отложения на Шапкино-Юрьянском вале, как и по всей Денисовской впадине, представлены всеми тремя отделами. К нижнему триасу относятся отложения чаркабожской свиты мощность которых варьирует от первых метров на юго-западе (в районе Седужинского вала) до 380 м в центральной части Колвинского мегавала, Хорейверской впадине, в среднем мощность свиты составляет 150-250 м [Жирникова, 2013]. Отложения представлены ритмичным переслаиванием красно-коричневых глин, зеленовато-серых алевролитов и серых песчаников с прослоями конгломератов и гравелитов. Содержание песчаников как основных пород-коллекторов в разрезе составляет 14% в северной оконечности вала и доходит до 29% в южной (скв. 126-Чирель). Судя по керну и каротажным диаграммам, мощности пачек песчаников по скважинам в пределах вала варьируют от 5 до 40 м (в среднем 15-20 м). Мощности прослоев глин, которые могут служить покрышками составляют 10-50 м (чаще 25 м).



По петрохимической классификации А.Г. Коссовской и М.И. Тучковой нижнетриасовые песчаники попадают в поле полимиктовых (содержание SiO₂ 62-78%) и вулканомитовых (содержание SiO₂ 54-64%). К первым относятся средне- и крупнозернистые песчаники, ко вторым — их преимущественно мелкозернистые разновидности. Крупнозернистые отложения характеризуются смещением в сторону верхней границы поля полимиктовых песчаников, вследствие повышенного содержания SiO₂. Это обусловлено большим количеством обломков кремнистых пород, фельзитов, устойчивых к химическому разрушению. Более мелкозернистые отложения смещены вниз вследствие обогащения полевыми шпатами. Снизу вверх по разрезу отмечается сокращение содержания SiO₂, связанное с уменьшением количества обломков кремнистых пород и фельзитов. На классификационной диаграмме Ф.Дж. Петтиджона (1976) фигуративные точки состава песчаников локализованы в полях граувакк.

Содержание основных породообразующих оксидов методом «мокрой химии» определены в химико-аналитической лаборатории Института геологии Коми НЦ УРО РАН. Медианные, средние и максимальные значения для песчаников приведены в табл. 1. Как видно из приведенных данных, песчаники характеризуются широкими вариациями содержания всех породообразующих оксидов. Медианные значения содержания в них оксида кремния составляет 61,5%, в то время как максимальное — 91,4%, минимальное — 31,2%. Для оксидов алюминия, калия и натрия соответствующие параметры составляют 12,2; 14,7 и 2,8; 1,47 и 0,37; 2,39; 2,9 и 0,49. Медианное значение потерь при прокаливании равно 7,69, тогда как максимальные и минимальные величины равны 25,36% и 0,74%.

Модульные диаграммы состава песчаников нижнетриасового возраста севера Шапкино-Юрьянского вала.

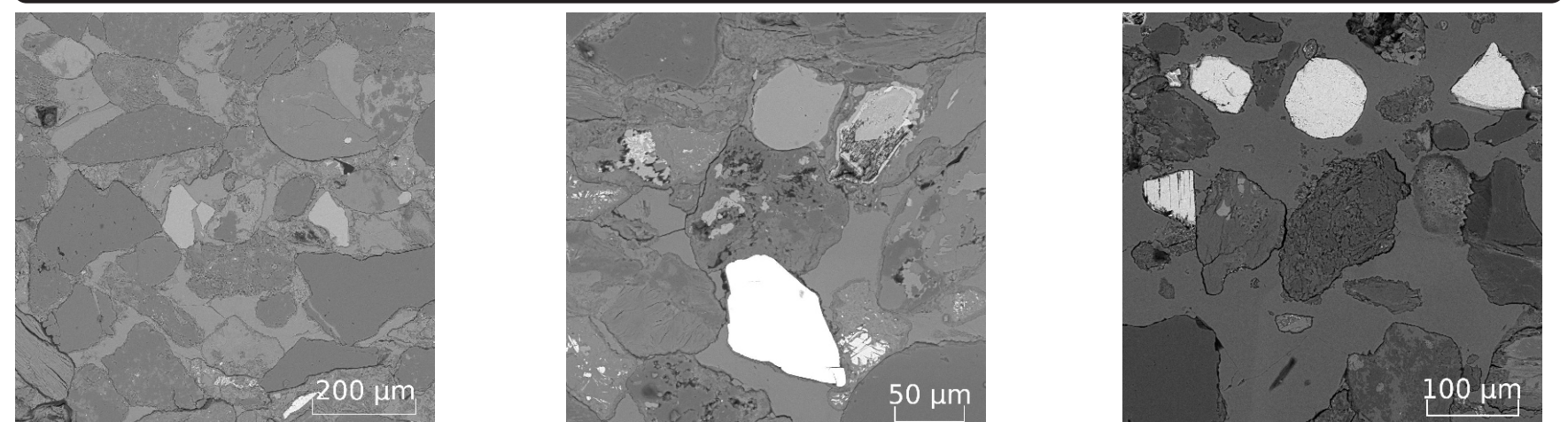


Диаграммы состава песчаников различных динамических обстановок: а - SiO₂/Al₂O₃ - K₂O/Na₂O [Maynard et al., 1982], б - SiO₂/20wt% - (K₂O+Na₂O). Области составов песчаников: А — из океанических островных дуг, В — континентальных островных дуг, С — активных континентальных окраин, D — пассивных континентальных окраин [по Kroonenberg, 1994]

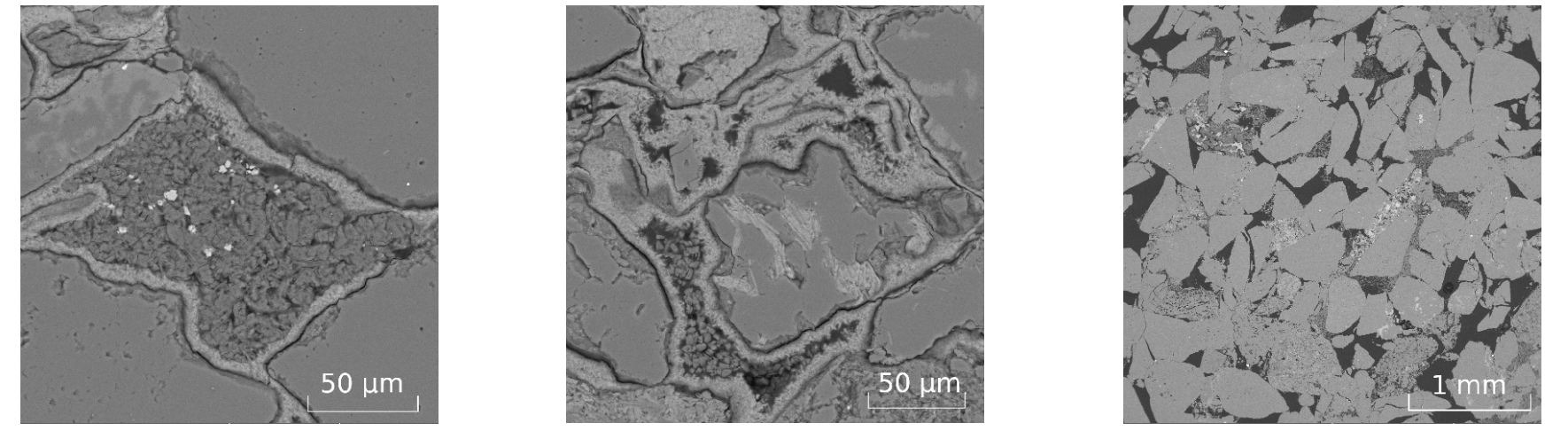
Климатический фактор влияет на величину титанового модуля TiO₂/Al₂O₃ (TM) слабее, чем литодинамический и состав петрофонта [Юдович, Кетрис, 2000]. Значения TM зависят от состава пород в областях сноса и от динамики среды осадконакопления, приводящей к сортировке титаносодержащих минералов и глинистого вещества. Для изучаемых отложений изменение индекса TM может быть обусловлено как динамическим, так и климатическим факторами. Корреляция между значениями гидролизного и титанового модулей подтверждает наличие связи с динамическими фациями седиментогенеза. На модульной диаграмме GM-TM выделяется несколько полей. Первое поле соответствует крупно-среднезернистым песчаникам первого (базального) пласта чаркабожской свиты, отлагавшимся в условиях русла. Второе поле — включает фигуративные точки состава мелкозернистых песчаников, формировавшихся в условиях прирусловых валов, песков разливов. Фигуративные точки состава мелкозернистых песчаников, обогащенных минералами группы лейкоксена (содержание TiO₂ более 0,1), которые могли накапливаться в условиях поймы как базального, так и второго пласта (Т, сб.) попадают в третье поле (рис. б).

Электронные микроскопические снимки сколов образцов нижнетриасовых песчаников

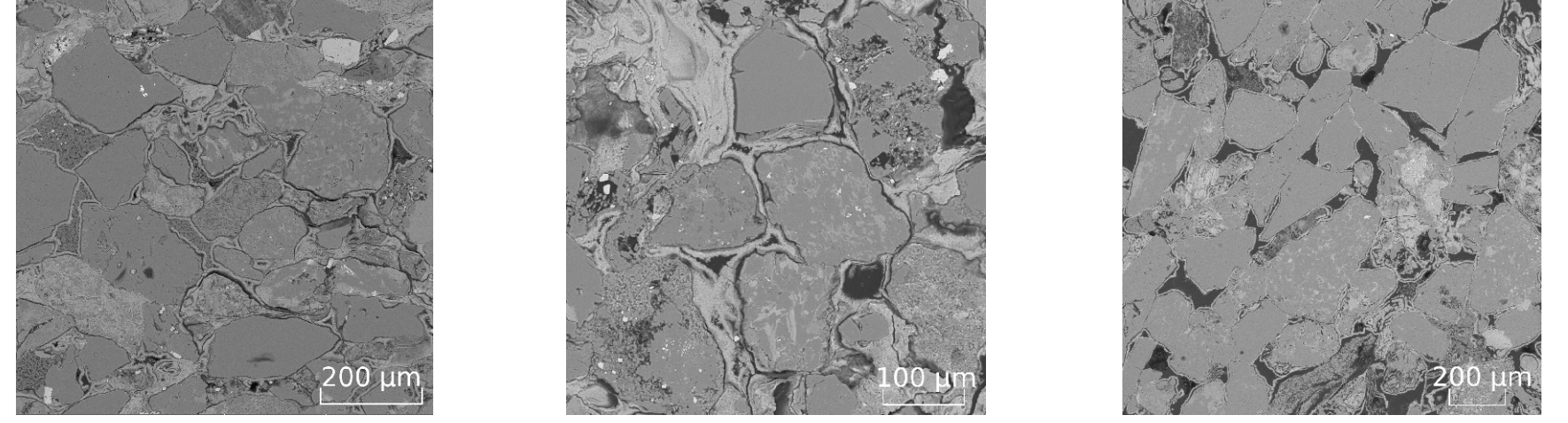
В триасовых песчаниках встречается карбонатные и глинистые минералы цемента. Карбонатные минералы представлены кальцитом с незначительными примесями железа, марганца и магния. Содержание его варьирует и может достигать 40%, по характеру распределения наиболее часто встречаются базальный и поровый типы цемента (a, b, c).



Глинистые минералы представлены каолинитом (d, e, f).

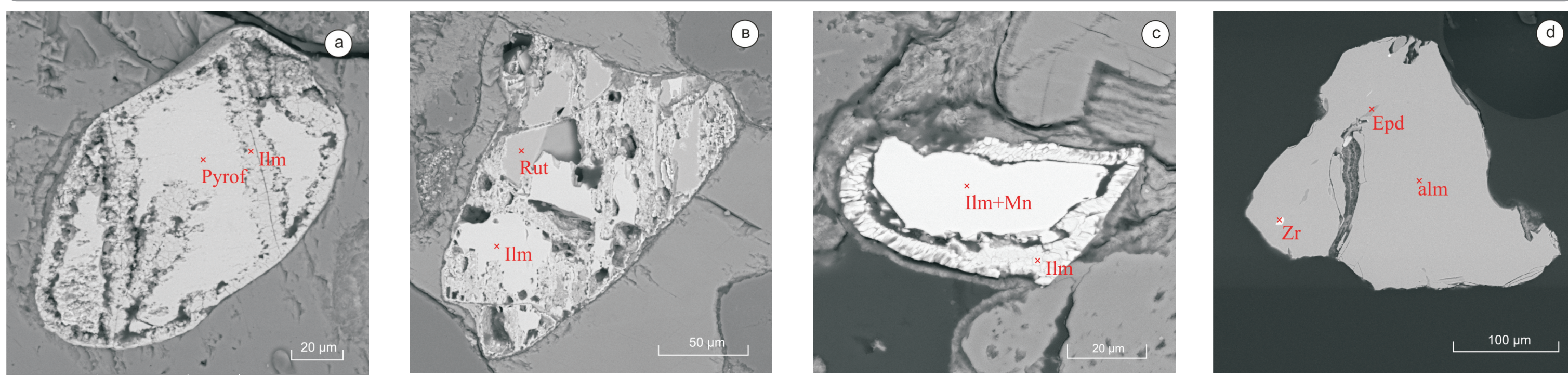


хлоритом, иллитом и минералами группы смектита (g, h, i).



Ильменит из песчаников нижнего триаса:

а - пиррофанит (Pyr) и ильменит (Ilm), б - ильменит (Ilm) и рутил (Rut); с - пиррофанит и ильменит (Ilm); д - ильменит (Ilm), рутил (Rut)



Специфической особенностью триасовых отложений является высокое содержание в тяжелой фракции минералов группы эпидота, максимальное содержание минералов этой группы характерно для нижнего триаса, в среднетриасовых образованиях доля их значительно падает, при этом возрастает роль устойчивых минералов (граната, циркона, турмалина и др.). Эпидот встречается в виде неправильных изометричных зерен желто-зеленого цвета с яркой аномальной интерференционной окраской. Для исследуемой части разреза установлено высокое содержание этого минерала в песчаных продуктивных пластах — 3413 г/т. Как правило, отмечается обогащение этим минералом мелкозернистых песчаников с горизонтально-слоистой структурой, что может быть обусловлено гидродинамическими особенностями среды осадконакопления. Химический состав: Al₂O₃ 22-22,63%, SiO₂ — 37,5-38,5%, CaO — 22,9-24,12%, FeO — 8-14%

В ассоциации с эпидотом встречается магнетит в виде зерен неправильной формы, обогащая поверхность напластования, рутил, ильменит (рис. 3). Содержание TiO₂ в ильмените варьирует от 47,5 до 55,5 масс.%, в трех образцах обнаружена небольшая примесь MgO, содержание MnO меняется в значительных пределах от 1,42 до 17 мас.%. В ряде образцов присутствует примесь ванадия — от 0,57 до 0,92 мас.%. Состав и структурные особенности этого минерала, а также тот факт, что он встречается в ассоциации с эпидотом, сфеном позволяют говорить о том, что источником могли служить эпидот-амфиболовые сланцы.

Лейкоксен часто встречается в виде желтоватых (в отраженном свете) зерен, образующих скопления неправильной формы, и пленок вокруг обломков. Обогащение мелкозернистых песчаников титаносодержащими минералами обусловлено тем, что удельный вес минералов титана незначительно отличается от удельного веса преобладающей части зерен аллювия, поэтому они не концентрируются в нижней части разреза и плотка. Размеры зерен ильменита, лейкоксена, находящихся в виде аксессуаров, не превышает 0,25 мм, поэтому в процессе дифференциации терригенного материала они накапливаются в мелкозернистых песчаниках, обогащая тонкозернистые осадки прирусловой отмели и отложения внешней части поймы.

Выводы

Условия седиментации определили гранулометрический состав и окатанность обломков, степень их сортировки, соответственно, конфигурация и размеры первичных межзерновых пор. Постседиментационные преобразования привели к изменению первичного пустотного пространства. Процессы уплотнения, цементации, регенерации способствовали его сокращению, а растворение — увеличению за счет расширения межзерновых, образующие внутризерновых микропор перекристаллизованного глинистого цемента.

Установлено, что содержание тяжелой фракции в триасовых граувакках варьирует от 0,1 до 0,6%. В ее составе широко представлены такие минералы как эпидот, магнетит, хромшпинелиды, ильменит, лейкоксен, рутил, титанит, гранат и т.д.

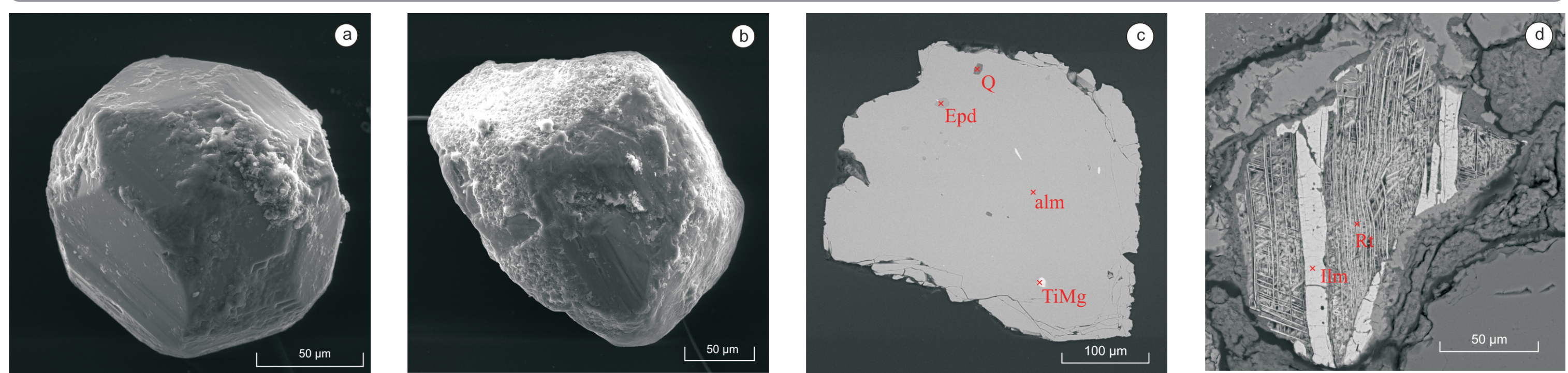
Специфической особенностью триасовых отложений является высокое содержание минералов группы эпидота, в целом, отмечается уменьшение их количества снизу вверх по разрезу. Источником могли служить метаморфические породы, выведенные на поверхность в результате активизации тектонических движений.

Повышенное содержание минералов группы ильменита тяготеет к мелкозернистым песчаникам и встречается в ассоциации с магнетитом, эпидотом, сфеном и другими минералами тяжелой фракции.

Установлено, что в песчаниках преобладает алмандиновый гранат, при этом на долю гроссуляровой составляющей приходится от 10 до 28%, пирропа — от 7 до 21%, спессартина — от 3 до 21%. Источником гранатов, скорее всего, были породы эпидот-амфиболовой фации метаморфизма. Как показывают проведенные исследования, обогащение песчаников теми или иными минеральными зёрнами обусловлено не только составом

Обломочный гранат из песчаников нижнего триаса:

а, б - зерна граната, по которым развивается хлорит, с - полированный срез зерна алмандина (alm) с включениями кварца (Q), титаномангнетита (TiMg) и эпидота (Epd); д - полированный срез зерна алмандина с включениями циркона (Zr), эпидота (Epd)



Высокое содержание лейкоксена характерно для песчаников базального пласта нижнего триаса на тех участках, где размывалась кора выветривания нижележащих отложений. Обогащение лейкоксомом отмечается также благодаря наличию его аутигенных образований и развитию по другим титаносодержащим минералам.

Выявлены зерна граната, разбитые трещинами, по которым развивается хлорит. Расчет гранатовых минералов позволил сделать вывод, что в песчаниках нижнего триаса представлены преимущественно гранаты алмандиновые, с меняющейся гроссуляровой составляющей (от 10 до 28%), на долю пирропа приходится от 7 до 21%.

Таблица. Расчетные формулы обломочных гранатов из песчаников нижнего триаса

Образцы, №	Кристаллохимическая формула (кислородный метод)	Минералы
1	(Mn _{0,08} Ca _{0,11} Mg _{0,04} Fe ²⁺ _{1,92})[Al _{1,08} Fe ^{0,02} Si _{0,2} O ₁₂	Alm ₉₃ Prr ₁₀ Grs ₁₅ Sps _{2,6}
2	(Mn _{0,1} Ca _{0,08} Mg _{0,02} Fe ²⁺ _{1,92})[Al _{1,08} Fe ^{0,02} Si _{0,2} O ₁₂	Alm ₉₃ Prr ₁₀ Grs ₁₅ Sps _{2,6}
3	(Mn _{0,1} Ca _{0,11} Mg _{0,04} Fe ²⁺ _{1,92})[Al _{1,08} Fe ^{0,02} Si _{0,2} O ₁₂	Alm ₉₃ Prr ₁₀ Grs ₁₅ Sps _{2,6}
4	(Mn _{0,05} Ca _{0,08} Mg _{0,02} Fe ²⁺ _{1,92})[Al _{1,08} Fe ^{0,02} Si _{0,2} O ₁₂	Alm ₉₃ Prr ₁₀ Grs ₁₅ Sps _{2,6}
5	(Mn _{0,1} Ca _{0,08} Mg _{0,02} Fe ²⁺ _{1,92})[Al _{1,08} Fe ^{0,02} Si _{0,2} O ₁₂	Alm ₉₃ Prr ₁₀ Grs ₁₅ Sps _{2,6}
6	(Mn _{0,1} Ca _{0,08} Mg _{0,02} Fe ²⁺ _{1,92})[Al _{1,08} Fe ^{0,02} Si _{0,2} O ₁₂	Alm ₉₃ Prr ₁₀ Grs ₁₅ Sps _{2,6}
7	(Mn _{0,1} Ca _{0,08} Mg _{0,02} Fe ²⁺ _{1,92})[Al _{1,08} Fe ^{0,02} Si _{0,2} O ₁₂	Alm ₉₃ Prr ₁₀ Grs ₁₅ Sps _{2,6}
8	(Mn _{0,1} Ca _{0,08} Mg _{0,02} Fe ²⁺ _{1,92})[Al _{1,08} Fe ^{0,02} Si _{0,2} O ₁₂	Alm ₉₃ Prr ₁₀ Grs ₁₅ Sps _{2,6}

размываемых пород, но и гидродинамикой потока, а также способом переноса обломочного материала

По мере увеличения динамической сортировки осадков росло содержание железо-титанового шлиха, а также отношение «полевые шпаты/слиуды» - за счет отмычки из песков легких слиуд. Это явление может служить в качестве минералого-геохимического критерия при фациальной диагностике древних толщ.

Особенности распределения минералов тяжелой фракции можно использовать для реконструкции обстановок осадконакопления, учитывая их физико-химические свойства, распределение минералов по фракциям, их устойчивость в процессе транспортировки.

К высокоемким коллекторам отнесены крупно- и среднезернистые песчаники, образовавшиеся в условиях и характеризующиеся невысоким содержанием цемента преимущественно каолинитового или хлоритового состава. Коллекторы III-IV класса представлены мелко- и среднезернистыми песчаниками с поровым цементом гидрослюдисто-хлорит-монтмориллонитового состава или поровым каолинитом. К низкоемким коллекторам V-VI класса относятся мелкозернистые песчаники и алевролиты, сформировавшиеся в пойменных условиях и отличающиеся высоким содержанием минералов группы смектита в составе цемента. Преимущественно глинистые отложения, образовавшиеся в условиях внутренней части поймы, могут рассматриваться как локальные покрышки. Проведенная реконструкция условий осадконакопления, показала, что наиболее благоприятными емкостными свойствами отличаются отложения, относящиеся к базальным пластам нижней толщи триасовых отложений рассматриваемой площади.