

# **Петрографические и литогеохимические особенности верхов средней юры–низов нижнего мела нижнего течения реки Анабар (Восточная Сибирь, Арктика)**

Попов А. Ю., Вакуленко Л. Г., Никитенко Б. Л.

## **Аннотация**

На основе анализа петрографических и литогеохимических особенностей среднеюрско–нижнемеловых толщ нижнего течения р. Анабар прослежены закономерности изменения состава верхней части юрjungтумусской, содиемыхайнской и нижней части буолкалахской свит. Установлено, что алеврито-песчаные породы первой и базальных слоев второй свиты представлены граувакковыми аркозами и разновидностями существенно полевошпатовыми, а основная часть содиемыхайнской свиты – кварцево-полевошпатовыми, реже полевошпато-кварцевыми граувакками. Выполнена химическая классификация пород, большинство из них отнесено к нормосиаллитам. Породы маркирующих пластов: обогащенного железосодержащими компонентами (низы содиемыхайнской свиты), а также базального глауконитового пласта буолкалахской свиты и перекрывающих его глинистых слоев, отнесены к гипогидролизатам. Все изученные отложения обладают низкой седиментационной зрелостью и существенно петрогенным характером обломочного материала. В петрофонде преобладали магматические породы среднего, в меньшей степени кислого состава, в областях сноса существовали условия умеренного химического выветривания. В периоды формирования маркирующих пластов увеличивалась роль пород основного, отчасти ультраосновного состава при заметном усилении химического выветривания. Выявленные изменения в характере материнских толщ могут проявляться в среднеюрско–нижнемеловых отложениях всей рассматриваемой петрографо-минералогической провинции, что позволяет использовать их в корреляционных целях.

## **Ключевые слова:**

Петрография, литогеохимия, источники сноса, средняя–верхняя юра, нижний мел, Восточная Сибирь, Арктика

**ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ И ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕРХОВ  
СРЕДНЕЙ ЮРЫ–НИЗОВ НИЖНЕГО МЕЛА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ  
АНАБАР (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ, АРКТИКА)**

**А.Ю. Попов<sup>1,2</sup>, Л.Г. Вакуленко<sup>1,2</sup>, Б.Л. Никитенко<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090,  
Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

<sup>2</sup>*Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1,*

На основе анализа петрографических и литогеохимических особенностей среднеюрско–нижнемеловых толщ нижнего течения р. Анабар прослежены закономерности изменения состава верхней части юрiongтумусской, содиемыхаинской и нижней части буолкалахской свит. Установлено, что алеврито–песчаные породы первой и базальных слоев второй свиты представлены граувакковыми аркозами и разновидностями существенно полевошпатовыми, а основная часть содиемыхаинской свиты – кварцево–полевошпатовыми, реже полевошпато–кварцевыми граувакками. Выполнена химическая классификация пород, большинство из них отнесено к нормосиаллитам. Породы маркирующих пластов: обогащенного железосодержащими компонентами (низы содиемыхаинской свиты), а также базального глауконитового пласта буолкалахской свиты и перекрывающих его глинистых слоев, отнесены к гипогидролизатам. Все изученные отложения обладают низкой седиментационной зрелостью и существенно петрогенным характером обломочного материала. В петрофонде преобладали магматические породы среднего, в меньшей степени кислого состава, в областях сноса существовали условия умеренного химического выветривания. В периоды формирования маркирующих пластов увеличивалась роль пород основного, отчасти ультраосновного состава при заметном усилении химического выветривания. Выявленные изменения в характере материнских толщ могут проявляться в среднеюрско–нижнемеловых отложениях всей рассматриваемой петрографо–минералогической провинции, что позволяет использовать их в корреляционных целях.

*Петрография, литогеохимия, источники сноса, средняя–верхняя юра, нижний мел, Восточная Сибирь, Арктика.*

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в качестве перспективного объекта для поиска углеводородного сырья в арктической акватории России рассматривается лаптевоморский шельф [Конторович А.Э. и др., 2010; Конторович В.А. и др., 2014; Полякова, Борукаев, 2017; Скворцов и др., 2020 и др.]. Согласно одной из распространенных в публикациях точек зрения, осадочный чехол моря Лаптевых слагают преимущественно континентальные осадки кайнозоя и, возможно, позднего мезозоя, обладающие низким нефтегенерационным потенциалом [Franke et al., 2001; Виноградов, Драчев, 2000; Шкарубо, Заварзина, 2011 и др.]. Другая часть исследователей [Ким и др., 2011; Конторович В.А., 2020 и др.] полагает, что в акваторию моря Лаптевых (западную и центральную части) продолжают отложения чехла Сибирской платформы. В этом случае значительный интерес в плане нефтегазоносности будут представлять погруженные толщи палеозоя и мезозоя. От решения этой проблемы зависит стратегия России по освоению Северо-Сибирского шельфа. Поэтому крайне важна реконструкция геологической истории мезозоя обрамления Сибирской платформы и прибрежных частей моря Лаптевых, выявление источников и особенностей сноса, разработка седиментационных моделей.

Перспективным нефтегазоносным объектом шельфовых районов могут являться горизонты верхов средней юры – низов нижнего мела, представляющие систему коллекторов и флюидоупоров [Захаров и др., 2013; Каширцев и др., 2018]. Кроме того, особый интерес вызывают стратиграфические аналоги высокоуглеродистой баженовской свиты Западной Сибири. Наиболее стратиграфически полная и относительно хорошо изученная верхнеюрско–нижнемеловая алеврито-глинистая толща морского генезиса представлена в разрезах п-ова Нордвик (юго-западное побережье моря Лаптевых). Южнее, где в более близбереговых обстановках формировались в значительной степени алеврито-песчаные осадки с многочисленными следами размывов и перерывов, отложения этого возраста привлекали внимание специалистов значительно реже.

В нижнем течении р. Анабар расположен сводный юрско–меловой разрез, являющийся опорным для верхней части бата – верхней юры западной части Нижнеленского фациального района Обь–Ленской фациальной области [Никитенко и др., 2013]. В рамках комплексных исследований этого разреза на основе материалов полевых работ 2013 г. [Никитенко и др., 2021] авторами были проанализированы стратиграфические, петрографические и литогеохимические характеристики алеврито-глинистых, алеврито-песчаных и терригенно-карбонатных пород. Рассматриваемые отложения слагают серию обнажений по правому берегу р. Анабар между устьями рек Средняя и Содиемыха (рис. 1). Сводный разрез представлен верхней частью юрюнгтумусской свиты (бат; около 15 м), содиемыхаинской свитой (верхи бата–низы верхнего оксфорда; 2–11 м) и нижней частью буолкалахской свиты (верхи верхнего оксфорда–бореальный берриас; более 15 м) [Никитенко и др., 2013, 2021]. Характерной чертой изученных пород является слабая степень их литификации.

Петрографические исследования выполнены для 46 шлифов различных типов пород. При оценке состава глинистого вещества алеврито-глинистых пород (валовые пробы, 8 обр.) использовались данные рентгеновской дифрактометрии (аналитик Н.А. Пальчик, ИГМ СО РАН). Литогеохимические исследования выполнены для 44 валовых проб. Определение содержания основных породообразующих оксидов проведено на рентгенофлуоресцентном спектрометре ARL-9900-XP (Thermo Electron Corporation), а редких и рассеянных элементов – на ИСП масс-спектрометре высокого разрешения ELEMENT (Finnigan MAT) в лабораториях ИГМ СО РАН.

На основе полученных данных установлены закономерности изменения состава изученных отложений, происходившие под действием ряда палеогеографических факторов. В представленной работе основное внимание уделено влиянию характера петрофонда (состав и степень химического выветривания пород областей сноса). Ранее основные представления об источниках сноса обломочного материала в арктических районах Восточной Сибири в юрский и меловой периоды были получены по данным терригенно-минералогического анализа [Ронкина, 1965; Осипова, 1968; Каплан и др., 1972; Каплан, 1976]. Установлено, что для второй половины батского времени (по современным представлениям) характерно снижение интенсивности размыва Сибирских траппов и увеличение поступления в осадочный бассейн продуктов размыва амфиболитовых гнейсов и терригенного комплекса перми–триаса Анабарского щита, а также эпидотсодержащих и щелочных пород локальных источников. В келловее вновь активизировался привнос материала из интрузивных и эффузивных разностей траппов, при усилении размыва древних кислых изверженных и метаморфических пород

Анабарского щита. В позднеюрское время характер источников сноса существенно не изменился. Несколько усилилась роль Анабарского кристаллического массива, что продолжалось и в берриасе. Увеличение интенсивности химического выветривания в областях сноса зафиксировано в келловейский и кимериджский века. В работе С.В. Малышева с соавторами [2016] на основе Sm-Nd изотопных исследований сделан вывод, что в раннеюрско-меловое время на северо-востоке Сибирской платформы основной обломочный материал поставлялся за счет размыва зрелой континентальной коры.

#### ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД

Петрографические особенности пород средней-верхней юры и нижнего мела арктических районов Восточной Сибири рассматривались в ряде работ второй половины прошлого века [Ронкина, 1965; Каплан, 1976, Каплан и др., 1979; Левчук, 1985 и др.]. Территория нижнего течения р. Анабар была отнесена к Хатангско-Анабарской позднеюрско-раннемеловой петрографо-минералогической провинции [Каплан, 1976]. Показано, что алеврито-песчаные породы провинции имеют преимущественно кварцево-полевошпатовый состав с различным количеством слюдисто-хлоритового и кальцитового цемента. В келловейских отложениях присутствуют плохо сортированные прослои, обогащенные железисто-хлоритовыми оолитами, а в кимериджских и волжских часты прослои, обогащенные глауконитом и фосфатами. Для всей толщи характерны карбонатные конкреционные горизонты. Глинистые породы преимущественно смектит-гидрослюдистого состава содержат значительную долю алевритовой примеси. В акцессорном комплексе отложений бассейна р. Анабар преобладают минералы эпидот-цоизитовой группы, сфен, черные рудные.

Выполненные нами петрографические исследования пород среднеюрско-нижнемеловой толщи нижнего течения р. Анабар позволили проследить закономерности изменения состава отложений в серии изученных разрезов, что в значительной степени детализирует и уточняет имеющиеся представления о литологии толщи. Рассмотрим особенности состава и строения верхней части юр-юр-юртумусской, содиемыхаинской и нижней части буолкалахской свит.

**Юр-юртумусская свита.** Изученная верхняя часть свиты (рис. 1) сложена алевролитами/аледритами крупнозернистыми песчаными, песчаниками/песками мелко- и средне-мелкозернистыми (рис. 2а, 2б). В подчиненном количестве присутствуют алеврито-глинистые породы, встречаются терригенно-карбонатные конкреционные прослои. Характерно общее увеличение зернистости пород вверх по разрезу. Обломки угловатые, реже полуокатанные, часто вытянутой формы, свидетельствующие о незначительной дальности их переноса и быстром захоронении. По составу обломочного материала алеврито-песчаные породы граувакково-аркозовые и существенно полевошпатовые (поле не собственно терригенного происхождения) (рис. 3). Среди обломков преобладают полевые шпаты (в среднем 56%), присутствуют кварц (в среднем 28%) и литокласты (в среднем 16%). В карбонатизированных прослоях наблюдается резкое увеличение доли кварца вследствие замещения обломков пород и полевых шпатов кальцитом.

Кварц, как правило, монокристаллический, часто с мелкими пылеватыми и газожидкостными включениями, некоторые обломки обладают волнистым и облачным погасанием. Среди полевых шпатов преобладают калиевые разновидности (в среднем 42% обломочной части), представленные в основном ортоклазом, иногда микроклином.

Плагиоклазы составляют в среднем 14%. Полевые шпаты как чистые, так и подвержены разной степени серицитизации и пелитизации. Среди литокластов преобладают обломки каркасного типа (в среднем 13% обломочной части), представленные эффузивами кислого и среднего, редко основного составов (8%), встречаются обломки кремнистых пород, кварцитов, мелкозернистых алевролитов, единичные обломки карбонатных пород. Пластичные обломки (4%) представлены глинистыми и хлоритизированными породами, редко слюдястыми сланцами. Постоянно присутствуют слюды – первые %, в более тонкозернистых разновидностях – до 8–10%. Они представлены биотитом, нередко хлоритизированным, иногда сидеритизированным, реже мусковитом, встречается обломочный хлорит. Среди акцессориев резко преобладают минералы с умеренной химической и относительно низкой гидромеханической устойчивостью – эпидот-цоизитовая группа, сфен, реже роговая обманка (рис. 2а, 2б), в небольших количествах присутствуют циркон, гранат, встречены единичные апатит, турмалин.

В породах в разной степени развиты глинистый и карбонатный цементы. Содержание порово-пленочного глинистого цемента варьирует в пределах от долей до 5%, он представлен хлорит-гидрослюдистым материалом. Карбонатный цемент (20–50%) развит неравномерно и проявлен преимущественно в конкреционных уровнях, где представлен мелкокристаллическим кальцитом порового и базального типов (рис. 2б). При интенсивной кальцитизации формируются терригенно-карбонатные породы. В некоторых случаях отмечается поровый пелитоморфный сидерит (доли %, редко до 1.5%), иногда развивающийся и по обломкам глинистых пород. В качестве включений присутствует гумусовое органическое вещество в виде растительного детрита (в среднем первые %), различные макро- и микрофаунистические остатки. По растительным фрагментам и в виде мелких конкреционных образований может развиваться пирит (до 1.5%). Породы слабо затронуты вторичными изменениями.

**Содиемыхаинская свита.** Свита сложена преимущественно мелкопесчаными, в разной степени алевритовыми и алевритистыми породами (рис. 1, 2в, 2е, 2ж) с подчиненным количеством алеврито-глинистых прослоев. В нижней части присутствует линзовидный маркирующий пласт (слой 6 разреза А9, слой 2 разреза ОК1, слой 20 разреза А7; рис. 2г, 2д). В нем наряду с разномзернистым, преимущественно угловатым алеврито-песчаным материалом резко возрастает доля хлорит-гидрослюдистого глинистого вещества (до 35–50%, вплоть до перехода в глинистые породы). Характерной особенностью является обогащение железосодержащими компонентами (сидеритовые конкреции, гетит-шамозитовые оолиты и бобовины), доля которых может достигать 15–20%, встречаются фосфатизированные обломки. Подобные породы рассматриваются, как базальные трансгрессивные слои конденсированных толщ [Posamentier, Allen, 1999; Барабошкин, 2009 и др.].

Анализ вещественного состава алеврито-песчаных пород показал, что они являются в большей степени полимиктовыми, чем нижележащие (рис. 3). Наиболее близкий к породам юрiongтумусской свиты состав имеют отложения базальных слоев содиемыхаинской свиты, расположенных под маркирующим пластом (слой 5 разреза А9, слой 2 разреза ОК2, слои 18, 19 разреза А7), которые отнесены к граувакковым аркозам. В большинстве образцов основной части свиты среди обломков преобладают полевые шпаты (в среднем 42%), присутствуют литокласты (в среднем 31%) и кварц (в среднем 27%), что соответствует кварцево-полевошпатовым грауваккам (рис. 3). Встречены редкие

прослой полевошпато-кварцевых граувакк (кварца до 45%), в отложениях непосредственно над маркирующим пластом среди обломков могут преобладать литокласты.

Характеристики основных компонентов обломочной части близки таковым пород юрiongтумусской свиты. Среди кварца можно отметить несколько большее количество с волнистым и облачным погасанием. Калиевые разновидности полевых шпатов (30%) преобладают над плагиоклазами (10%). Литокласты в разных соотношениях представлены каркасными (12–20%) и пластичными (10–23%) обломками. Первые представлены эффузивами кислого и среднего, реже основного составов (в среднем 10% обломочной части), мелкозернистыми алевролитами (2%), кремнистыми породами и кварцитами (по 1%). Пластичные обломки представлены преимущественно хлоритизированными породами (измененные эффузивные породы и туфы основного состава) – до 15–20%. Встречаются обломки глинистых пород (4%), реже слюдяных сланцев (2%). Некоторые прослой содержат агрегаты хлорита с радиально-лучистой структурой. Постоянно присутствуют слюды (первые %, иногда до 8%). Акцессорный комплекс в значительной степени унаследован (рис. 2в, 2е, 2ж), чаще встречаются минералы с высокой химической устойчивостью.

В изученных породах свиты развит глинистый цемент пленочно-порового типа хлорит-гидрослюдистого состава (преимущественно от 5 до 25%). Повышенным количеством глинистого материала, до 50% и более, обладают некоторые участки маркирующего пласта (рис. 2г) и перекрывающих его прослоев. Постоянно, но неравномерно развит пелитоморфный сидеритовый цемент, выполняющий некоторые поры, развивающийся по глинистому цементу и некоторым обломкам (от первых процентов до 10, редко 20%). Присутствуют несколько кальцитизированных прослоев, доля кальцита в которых доходит до 30–50%, вплоть до перехода в терригенно-карбонатные породы. В качестве включений постоянно отмечается растительный детрит (1–3%), встречается сапропелевое органическое вещество в виде фрагментов водорослей. Присутствуют фосфатизированные обломки, вероятно, костной ткани рыб. Пирит крайне редок. В большей степени, чем для изученной части юрiongтумусской свиты, проявлены хлоритизация и сидеритизация отложений.

**Буолкалахская свита.** Изученная нижняя часть свиты имеет существенно алеврито-глинистый состав, а в ее основании залегает развитый регионально маркирующий глауконитовый пласт с карбонатно-фосфатными конкрециями, большим количеством разноразмерных растительных остатков, ростров белемнитов (слой 8 разреза А9, слой 6 разреза ОК2, слой 6а разреза ОК1, слой 22, разреза А7; рис. 1, 2з). Породы пласта сложены преимущественно глауконитовыми глобулами округлой и овальной формы средне-мелкопесчаного размера иногда с трещинами синерезиса, выполненными железистым материалом. Некоторые зерна окружены тонкой концентрической шамозитовой оторочкой, часть в разной степени хлоритизирована. Присутствуют зерна лимонит-гетитового и шамозитового состава (до 10%). Обломочная часть имеет средне-мелкопесчаную размерность, составляет первые проценты и представлена полевыми шпатами (как калиевыми, так и плагиоклазами), кварцем, обломками кислых, средних эффузивов и кремнистых пород, биотитом. Встречаются акцессорные минералы эпидот-цоизитовой группы, апатит, роговая обманка. Цемент хлорит-гидрослюдистого состава развит неравномерно и составляет в среднем около 30% (линзами до 50% и более).

Отмечаются разноразмерный растительный детрит (до 1%), редкие фосфатизированные обломки. Как и маркирующий пласт в нижней части содиемыхайнской свиты, описанные породы можно рассматривать, в качестве базальных трансгрессивных слоев конденсированной толщи.

Непосредственно над маркирующим глауконитовым пластом и выше, в глинистых отложениях, фиксируются прослой глинисто-карбонатных пород (рис. 2и). Карбонатный материал представлен преимущественно микритовым кальцитом с различной долей пелитоморфного сидерита и составляет в среднем 40–50%, участками до 90%. В нем неравномерно распределены в разной степени трещиноватые шамозит-глауконитовые глобулы, лимонит-гетитовые оолиты и их обломки. Кластический материал алевритовой размерности составляет до 10%. Встречается мелкий растительный детрит, фосфатизированные обломки. Прослой могут содержать участки в разной степени сидеритизированного хлорит-гидрослюдистого материала. Согласно И.В. Николаевой [1977] особенности строения глауконитовых глобул свидетельствуют, что в базальном пласте они являются в значительной степени перемытыми без существенного переноса. В вышележащих прослоях глобулы подвержены транспортировке и не являются парагенетическими для вмещающего осадка.

Перекрывающие глауконитовый пласт глинистые слои (10а разреза А9, 7 разреза ОК1, 24 разреза А7; рис. 2к) содержат небольшую (преимущественно первые %) примесь терригенного материала мелкоалевритовой размерности. Послойно встречаются зерна и обломки хлоритизированного глауконита, шамозитовых бобовин и оолитов, редкие фосфатизированные обломки. Мелкий растительный детрит составляет первые проценты, иногда пиритизирован. Пирит отмечается также в виде мелких фрамбоидов (рис. 2к). Постоянно фиксируются следы жизнедеятельности организмов. Выше по разрезу наблюдается постепенное увеличение доли алевритовой примеси от 5–10 до 40–50% (рис. 2л, 2м). Она становится более грубозернистой, появляется крупноалевритовая, редко мелкопесчаная фракции. Распространены слюды, представленные биотитом, реже мусковитом (до 5–10%), разнообразнее становятся акцессорные минералы (циркон, эпидот-цоизитовая группа, сфен, редкий апатит), увеличивается количество растительного детрита (до 5–6%). Появляются отдельные мелко- и крупно-мелкоалевритовые прослой, доля которых резко возрастает в верхней изученной части свиты (разрез ОК-4).

Глинистое вещество глауконитового пласта, в большей степени сосредоточенное в глобулах, представлено преимущественно сильно разупорядоченным смектитом (70–80%), а также диоктаэдрической слюдой и Fe-Mg хлоритом, находящимися примерно в равных соотношениях. Вышележащие глинистые слои имеют схожий состав, с несколько сниженной долей смектита (65–75%). Следует отметить, что смешанослойный компонент распространен во многих верхнеюрских глинистых осадках севера Сибирской платформы [Каплан и др., 1972; Каплан, Николаева, 1975] и представлен преимущественно неупорядоченными диоктаэдрическими смектитами ряда гидрослюда-монтмориллонит. Состав глинистого вещества залегающей выше основной части свиты меняется. Начинает преобладать слюда мусковитового типа 2М1 (50–60%), в меньшей степени развит Fe-Mg хлорит (25–40%), доля разупорядоченного смектита падает до 15–20%.

## ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД

Литогеохимические исследования мезозойских толщ арктических районов Восточной Сибири крайне немногочисленны [Галабала, 1971; Каплан, 1976 и др.]. В работах, как правило, приведены содержания основных пороодообразующих оксидов, характеризующие крупные литостратиграфические подразделения (свиты, толщи) некоторых опорных разрезов. В работе М.А. Левчука [1985] рассмотрены, в том числе, результаты комплексных геохимических исследований фракции менее 0,002 мм ряда разрезов Енисей–Хатангского прогиба. В рамках всесторонних исследований юрско–меловых отложений п-ова Нордвик были представлены геохимические характеристики приграничной волжско–берриасской части разреза [Dyrpvik, Zakharov, 2010; Mizera et al., 2010].

Выполненные нами литогеохимические исследования среднеюрско–нижнемеловых отложений нижнего течения р. Анабар позволили впервые охарактеризовать особенности химического состава отдельных слоев и пачек верхней части юрюнгтумусской, содиемыхаинской и нижней части буолкалахской свит. В силу специфики состава и строения толщи отдельно рассмотрены литогеохимические особенности существенно алеврито-песчаных первых двух свит и преимущественно алеврито-глинистой последней. Содержания пороодообразующих оксидов, а также редких и рассеянных элементов приведены в таблицах (табл. 1–3).

**Юрюнгтумусская и содиемыхаинская свиты.** Выявленные содержания основных пороодообразующих оксидов (табл. 1) в целом близки для большинства изученных алеврито-песчаных пород, однако удалось отметить определенные литохимические особенности, отражающие вариации петрографического состава. Прикровельные слои юрюнгтумусской свиты, с повышенной долей кварцевых обломков, ожидаемо обладают повышенным на общем фоне содержанием оксида кремния при снижении долей оксидов титана, алюминия, железа, магния и серы. Перекрывающие их базальные слои содиемыхаинской свиты (подстилающие в ряде разрезов маркирующий, обогащенный железосодержащими компонентами пласт) напротив характеризуются пониженным содержанием оксида кремния и повышенным – оксидов кальция и фосфора. В целом, основная часть содиемыхаинской свиты отличается от юрюнгтумусской несколько повышенными содержаниями оксидов титана, железа и слегка пониженными оксидов натрия, калия, что отражает снижение в составе обломочной части доли полевых шпатов при увеличении литокластов. Специфические породы маркирующего пласта свиты, богатые различными аутигенными образованиями и несколько обедненные терригенной составляющей обладают высокими содержаниями оксидов железа, магния и пониженными – оксидов кремния, натрия, калия. Изученный известковый прослой этого пласта (слой 20 разреза А7) помимо высокого содержания оксида кальция характеризуется повышенной долей оксида фосфора (повышенная концентрация фосфатизированного костного детрита).

В целом невысокие показатели отношения  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  для изученных алеврито-песчаных пород свит (в среднем 4.5) указывают на их весьма низкую седиментационную зрелость. На классификационной диаграмме Ф.Дж. Петтиджона с соавторами [1976] практически все фигуративные точки изученных пород сосредоточены в поле граувакк вблизи поля лититов (рис. 4а). На классификационной диаграмме М. Херрона [Herrop, 1988] фигуративные точки попали преимущественно в поле вакк, а некоторые образцы верхов юрюнгтумусской свиты также в поля литаренитов и аркозов (рис. 4б). Точки пород

маркирующего пласта расположились на границе железистых сланцев и железистых песчаников.

Основные литохимические особенности отложений наглядно проявляются при нормировании полученных значений относительно средней мезо–кайнозойской граувакки К. Конди [Condie, 1993] (рис. 5а). Изученные алеврито-песчаные породы отличаются от эталона пониженными содержаниями оксида магния и повышенными оксида калия. Кроме того, для содиемыхаинской свиты характерны несколько большие содержания оксидов титана и железа и меньшие оксида кальция. Специфические породы маркирующего пласта обладают относительно высокими содержаниями оксидов титана и железа (при пониженных оксидов магния, кальция, натрия). Показателен разброс содержания в изученных породах оксида фосфора.

Анализ петрохимических модулей (отношений основных петрогенных оксидов), разработанный Я.Э. Юдовичем и М.П. Кетрис [2000], позволил провести химическую классификацию пород, а также получить представление об исходном петрофонде осадков (табл. 1). Для большинства изученных алеврито-песчаных пород характерны достаточно выдержанные значения гидролизатного модуля (ГМ) – в среднем 0.36. С учетом относительно невысоких содержаний оксида магния (в среднем 1%) и значений железного модуля (ЖМ) (0.27–0.68) породы относятся к сиаллитам пониженно- и нормально-гидролизатного класса. Более низкими значениями ГМ обладают породы прикровельных слоев юрюнгтумусской свиты (в среднем 0.24), что, с учетом пониженных содержаний оксида магния, позволяет отнести их к миосилитам. Эти слои обладают наименьшими среди изученных содержаниями продуктов гидролиза. Достаточно невысокие выявленные значения ГМ свидетельствуют об умеренной интенсивности химического выветривания в источниках сноса. Несколько другими характеристиками обладают породы маркирующего пласта содиемыхаинской свиты. Повышенные значения ГМ (в среднем 0.59), связанные с присутствием в породах значительного количества аутигенных минералов железа, классифицируют их как гипогидролизаты. Изученные терригенно-известковые прослой юрюнгтумусской свиты и маркирующего пласта ожидаемо относятся к типу карбонатолитов кальциевого класса (СаО – 31.3 и 34.8 % соответственно).

Значения фемического модуля (ФМ) для большинства изученных алеврито-песчаных пород составляют в среднем 0.13, а пониженными обладают прикровельные пласты юрюнгтумусской свиты (в среднем 0.06). Средние значения железного модуля для изученной части юрюнгтумусской свиты составляют 0.33, а для алеврито-песчаных пород содиемыхаинской – 0.49, что позволяет классифицировать отложения как нормально-железистые. Ожидается высокими значениями ФМ и ЖМ обладают породы маркирующего пласта, богатые различными железистыми компонентами (в среднем 0.35 и 0.97 соответственно). Относительно невысокими выдержанными значениями титанового модуля (ТМ) обладают породы верхней части юрюнгтумусской и базальные слои содиемыхаинской свит (в среднем 0.04), что позволяет предположить незначительный вклад в их формирование высокотитанистых базитов. Более высокие значения ТМ (в среднем 0.08) наблюдаются для основной части содиемыхаинской свиты, в том числе маркирующего пласта, что, при прочих равных условиях, может отражать увеличение вклада в ее формирование магматических пород основного состава.

Показатели нормированной щелочности или натриево-калиевого модуля (НКМ) несколько варьируют по разрезу. Повышенные значения модуля для юрюнгтумусской

свиты (в среднем 0.50) относительно содиемыхайнской (в среднем 0.37) обусловлены, вероятно, более высоким содержанием в первой полевых шпатов (преимущественно калиевых). Гидролизаты маркирующего пласта характеризуются пониженными значениями НКМ (в среднем 0.27). Показатели щелочного модуля (ЩМ) незначительно изменяется по разрезу и составляют в среднем 0.87. В целом, полученные значения НКМ и ЩМ позволяют отнести изученные породы к нормально-щелочному классу.

Для изученных алеврито-песчаных пород характерны ненарушенные положительная корреляция модулей ТМ–ЖМ и отрицательная НКМ–ГМ, что может свидетельствовать о существенном содержании в них компонентов первого цикла седиментации [Юдович, Кетрис, 2000]. Таким образом, с учетом слабых постседиментационных изменений отложений, можно утверждать, что их геохимическая специфика в значительной степени определена составом питающих провинций. На генетической диаграмме F1–F2 [Bhatia, 1983], характеризующей основной состав материнских толщ, фигуративные точки пород юрюнгтумусской свиты попали в поле изверженных кислых пород, а практически все точки содиемыхайнской сосредоточились в поле изверженных средних пород, точки пород маркирующего пласта обособились в поле изверженных основных пород (рис. 6а). На диаграммах А.Г. Коссовской и М.И. Тучковой [1988], позволяющих сопоставить состав песчаников с основными типами размываемых пород, большинство фигуративных точек попали в поля гранодиоритов и андезитобазальтов (рис. 6б, 6в). Точки прикровельных слоев юрюнгтумусской свиты, несколько обогащенных обломками кварца, смещены в поля кислых магматических пород. Таким образом, можно отметить максимальный вклад в формирование изученных отложений пород кислого и среднего составов при некотором снижении вклада пород кислого состава и увеличение роли пород основного состава в период формирования содиемыхайнской свиты, особенно маркирующего пласта. Анализ расположения фигуративных точек пород на диаграмме трендов выветривания Г. Несбитта и Г. Янга [Nesbitt, Young, 1982, 1989] показал постепенное усиление интенсивности химического выветривания в питающих провинциях по мере формирования верхней части юрюнгтумусской и содиемыхайнской свит (рис. 7). Характерно существенное возрастание интенсивности для времени формирования маркирующего пласта.

Особенности распределения по разрезу содержания в породах свит редких и рассеянных элементов (табл. 2, 3) наглядно проявляются при нормировании значений относительно средней мезо–кайнозойской граувакки К. Конди [Condie, 1993] (рис. 5б). Для юрюнгтумусской свиты характерно близкое или несколько пониженное содержание многих транзитных (Sc, V, Cr, Co, Ni) и крупноионных литофильных (Rb, Sr, Ba) элементов, а также близкое или повышенное высокозарядных (Y, Zr, Nb, Hf, Ta, Th, U, редкоземельные элементы (РЗЭ)). В алеврито-песчаных породах содиемыхайнской свиты наблюдаются близкие или несколько повышенные содержания редких и рассеянных элементов, пониженные – Co и Rb. Отмечаются более высокие содержания Sr и Y в базальном слое свиты в разрезе А9 и Ba в ряде образцов разреза ОК1. Высокие концентрации в породах маркирующего пласта ряда транзитных элементов (Sc, V, Cr, Co, Ni), превышающие эталонные в несколько раз, вероятно, отражают увеличение влияния продуктов разрушения магматических пород основного состава [Wronkiewicz, Condie, 1987; Cullers, 2002] и хорошо согласуются с химическим составом Сибирских траппов [Альмухамедов и др., 2004].

Распределение спектров РЗЭ относительно средней мезо–кайнозойской граувакки, сопоставимо для большинства изученных алеврито-песчаных пород. Можно отметить относительное обогащение легкими РЗЭ верхней части юрiongтумусской свиты (средние значения  $(La/Yb)_{\text{граув}} = 1.4$ ;  $(La/Sm)_{\text{граув}} = 1.3$ ;  $(Gd/Yb)_{\text{граув}} = 1$ ), что, вероятно, отражает более кварцевый состав осадков, подверженных некоторому рециклингу. Для пород содиемыхаинской свиты эти отношения близки к единице. Средние значения европиевой аномалии ( $Eu/Eu^* = 2Eu_N / (Sm_N + Gd_N)$ ) в изученных алеврито-песчаных породах юрiongтумусской и содиемыхаинской свит составляют 0.69 и 0.73 соответственно (табл. 3). Менее выраженные показатели аномалии, чем для средней мезо–кайнозойской граувакки К. Конди (0.6) [Condie, 1993], могут являться следствием меньшего относительного вклада в состав осадков магматических пород кислого состава. Повышенные концентрации редкоземельных элементов в породах маркирующего пласта, вероятно связаны с его природой (базальный трансгрессивный пласт конденсированной толщи) [Loutit et al., 1988].

Отношение  $Ti/Zr$ , используемое многими исследователями для оценки дальности переноса терригенного материала, делит рассматриваемую часть разреза на два интервала. Верхи юрiongтумусской и нижние слои содиемыхаинской свит обладают средними значениями этого параметра – 14.2, а основная часть содиемыхаинской свиты, включая маркирующий пласт, – 28. С учетом незначительной доли в осадке материала богатых  $Ti$  базальтовых пород, полученная картина может указывать на меньшую зрелость отложений основной части содиемыхаинской свиты, обусловленную меньшей дальностью переноса компонентов.

Анализируя распределение фигуративных точек изученных пород на диаграмме  $La/Sc-Th/Co$  [Taylor, McLennan, 1985], можно отметить их расположение относительно эталонных средних значений для различных типов пород К. Конди [Condie, 1993] (рис. 8а). Точки верхней части юрiongтумусской свиты попали в область между эталонными точками фанерозойских кислых вулканических пород и гранитов, тогда как для содиемыхаинской свиты характерно расположение фигуративных точек в области между эталонными точками фанерозойских кислых вулканических пород и андезитов (преимущественно вблизи эталонной точки средней мезо–кайнозойской граувакки). Вследствие повышенных концентраций  $Co$  в породах маркирующего пласта и непосредственно перекрывающих его слоев их фигуративные точки смещены к точкам средних андезитов. На диаграмме  $Hf-La/Th$  [Floyd, Leveridge, 1987], характеризующей состав пород в источниках сноса, практически все фигуративные точки изученных пород сосредоточились в поле (или вблизи) отложений, сформированных за счет разрушения кислых вулканических источников (рис. 8б).

Для оценки наличия в изученных отложениях эксгалационного материала проанализировано отношение  $(Fe+Mn)/Ti$  [Страхов, 1976]. Для изученных алеврито-песчаных пород юрiongтумусской свиты оно варьирует от 9 до 17 (в среднем 12), а содиемыхаинской – от 5 до 20 (в среднем 10). Для пород маркирующего пласта оно составляет 17–19. Полученные невысокие значения свидетельствуют об отсутствии влияния эксгалационного фактора. Такие же выводы можно сделать, оценив отношение  $Ce/La$  [Стрекопытов и др., 1999], значения которого весьма выдержаны для всех изученных пород (в среднем 2.1) и значительно выше предложенного граничного норматива (0.12–0.4 и менее).

**Буолкалахская свита.** Литогеохимические характеристики изученных отложений тесно связаны с выявленными изменениями их состава. Особенности содержания в породах основных породообразующих оксидов (табл. 1) наглядно проявляются при нормировании полученных данных относительно эталонных значений среднего постархейского австралийского глинистого сланца (РААС) [Taylor, McLennan, 1985] (рис. 5 в). Породы маркирующего глауконитового пласта и перекрывающих его глинистых слоев (0.5–1 м), близкие по своим характеристикам, отличаются от эталона высоким средним содержанием оксида железа (3.1xРААС и 2.7xРААС соответственно) и низким оксида марганца (0.4xРААС) при повышенном оксидов титана и магния, пониженном оксида натрия. В маркирующем глауконитовом пласте также высоко среднее содержание оксида фосфора (5.4xРААС), а для некоторых прослоев – оксида кальция. Перекрывающие пласт глинистые слои свиты обладают схожими содержаниями основных породообразующих оксидов при некотором снижении доли оксида железа и значительном снижении оксида фосфора. Достаточно быстро, но постепенно, вверх по разрезу эти отложения сменяются алеврито-глинистыми породами с весьма выдержанными содержаниями основных породообразующих оксидов. Отмечается близкое к эталонному содержание оксида железа и пониженное оксида марганца (в среднем 0.6xРААС). Постепенное увеличение в основной части разреза доли оксида натрия (до 2.5xРААС), связано, вероятно, с увеличением в породах терригенной составляющей, в особенности плагиоклазов. Развитие в верхней части свиты аутигенного кальцита, отразилось на некотором увеличении доли оксида кальция.

Согласно положению фигуративных точек пород низов свиты, обогащенных оксидом железа, и вышележащих алеврито-глинистых отложений на классификационной диаграмме М. Херрона [Heron, 1988], они относятся к железистым и обычным сланцам соответственно (рис. 4).

Полученные значения содержания основных породообразующих оксидов в алеврито-глинистых отложениях буолкалахской свиты хорошо соотносятся с данными по пограничной волжско-берриасской части нордвикского разреза [Dyrvik, Zakharov, 2010]. Можно отметить более высокие содержания в изученных породах оксидов кремния, натрия, калия, связанные с большей долей кластического материала, а также оксидов кальция (аутигенный кальцит) и фосфора (костный детрит).

Анализ литохимических особенностей отложений [Юдович, Кетрис, 2000] (табл. 1) показал, что значения гидролизатного модуля (0.65–0.83) позволяют отнести породы маркирующего глауконитового пласта и перекрывающих их глинистых слоев к гипогидролизатам, а отчасти к псевдогидролизатам, вследствие содержания в них оксида магния около 3%. Вышележащие алеврито-глинистые породы имеют выдержанные значения ГМ (в среднем 0.45), классифицирующие их (с учетом средних значений ЖМ – 0.42) как сиаллиты нормально-гидролизатного класса. Фемический модуль имеет ожидаемо высокие средние значения для глауконитового пласта и перекрывающих глинистых слоев (0.49 и 0.44 соответственно), что отражает высокую долю в их составе аутигенных минералов железа. Вышележащие сиаллиты обладают выдержанными значениями ФМ (в среднем 0.18), характеризующими их, как нормально-железистые. Значения титанового модуля повышены для глауконитового пласта и перекрывающих глинистых слоев (в среднем 0.08) и выдержаны в вышележащих алеврито-глинистых

породах (0.05). Повышенные значения ТМ в низах свиты могут быть связаны с усилением роли высокотитанистых магматических пород основного состава в источниках сноса.

Средние значения нормированной щелочности для маркирующего глауконитового пласта составляют 0.34 и несколько снижаются в перекрывающих глинистых слоях (0.24). Вышележащие алеврито-глинистые породы характеризуются средними значениями НКМ – 0.37. Средние значения ЩМ постепенно изменяются по разрезу от глауконитового пласта (0.25) к вышележащим глинам (0.37) и основной алеврито-глинистой части свиты (0.91). Подобная картина, вероятно, отражает содержание в породах терригенной примеси (в том числе плагноклазов), увеличивающееся вверх по разрезу.

Выявленные выраженные положительная корреляция ТМ–ЖМ и отрицательная НКМ–ГМ, как и в случае с описанными алеврито-песчаными породами, может свидетельствовать о значительном содержании в отложениях компонентов первого цикла седиментации [Юдович, Кетрис, 2000]. На генетической диаграмме [Bhatia, 1983] (рис. 6а) фигуративные точки глауконитового пласта и перекрывающих его глин попали в поле изверженных пород основного состава, что может отражать усиление роли подобных источников сноса (например, Сибирских траппов). Точки вышележащих алеврито-глинистых пород расположились вблизи границы полей осадков, богатых кварцем, а также изверженных пород кислого и среднего составов, что может отражать разнообразный состав петрофонда, в том числе, наличие в источниках сноса накопившихся ранее осадочных образований.

Сравнение содержания в породах буолкалахской свиты редких и рассеянных элементов с PAAS (табл. 2, 3; рис. 5г) показало, что схожие по химическим характеристикам породы маркирующего глауконитового пласта и перекрывающих его глин (0.5–1 м) значительно обогащены многими транзитными элементами, а также U, доля которых может превышать эталонные показатели в несколько раз. Как и в случае маркирующего пласта содиемыхаинской свиты, подобные повышенные концентрации могут быть связаны с возросшим влиянием на формирование осадка продуктов разрушения основных пород (Сибирские траппы). Отмеченные крайне высокие содержания Sr и Ni (в среднем 474 и 133 г/т соответственно), с учетом невысоких концентраций Cu и повышенных – V, могут свидетельствовать о том, что разрушению подвергались, в том числе, ультраосновные магматические породы [Войткевич и др., 1977; Garver et al., 1996]. Также наблюдается относительное обеднение этих отложений Cs (почти вдвое), в меньшей степени Ba. Вышележащая алеврито-глинистая часть буолкалахской свиты обладает более близкими к эталонным содержаниями редких и рассеянных элементов при относительном обогащении Sr (в 2.5 раза), в меньшей степени Ba, и значительном обеднении Cs (0.15xPAAS).

Распределение спектров РЗЭ (табл. 3) относительно PAAS показало несколько повышенные средние содержания РЗЭ (за исключением тяжелых) в глауконитовом пласте и перекрывающих его глинах (средние значения  $(La/Yb)_{PASS} - 1.3$ ;  $(La/Sm)_{PASS} - 0.8$ ;  $(Gd/Yb)_{PASS} - 1.7$ ). Вышележащие алеврито-глинистые породы свиты обладают достаточно близкими к эталонным содержаниями РЗЭ с некоторым обеднением тяжелыми (средние значения  $(La/Yb)_{PASS} - 1.5$ ;  $(La/Sm)_{PASS} - 1$ ;  $(Gd/Yb)_{PASS} - 1.5$ ). Аналогичные тенденции отмечаются и при нормировании полученных значений относительно хондрита [Taylor, McLennan, 1985]. Для маркирующего глауконитового пласта и перекрывающих его глин средние значения  $(La/Yb)_N - 11.8$ ;  $(La/Sm)_N - 3.4$ ;  $(Gd/Yb)_N - 2.3$ , а для вышележащих

алеврито-глинистых пород  $(La/Yb)_N = 13.7$ ;  $(La/Sm)_N = 4.3$ ;  $(Gd/Yb)_N = 18.6$ . Полученные спектры распределения в изученных породах РЗЭ свидетельствуют, что доля в их формировании магматических пород основного состава незначительна, а преобладает влияние средних, в меньшей степени кислых пород [Taylor, McLennan, 1985; MacLennan et al., 1990]. В период формирования нижних слоев свиты влияние пород основного состава несколько усиливалось. Значение европиевой аномалии для нижних слоев буолкалахской свиты составляют в среднем 0.75, а для вышележащих алеврито-глинистых пород – в среднем 0.70, что близко значениям для средних палеозойских гранодиоритов и средних мезо–кайнозойских андезитов по К. Конди [Condie, 1993] – 0.73 и 0.77 соответственно.

В сравнении с данными по пограничной волжско–берриасской части нордвикского разреза [Dyrvik, Zakharov, 2010] изученные разновозрастные алеврито-глинистые отложения буолкалахской свиты обладают в целом пониженными или близкими содержаниями редких и рассеянных элементов. На общем фоне в изученных отложениях можно отметить относительно более высокие концентрации Sr, Ba, Nb, Th.

Для оценки состава петрофонада использованы некоторые индикаторные отношения. На диаграмме La/Sc–Th/Co [Taylor, McLennan, 1985] (рис. 8а), позволяющей соотнести вклад различных типов пород в формирование осадка, фигуративные точки глауконитового пласта и перекрывающих его глин заняли область между точками средних фанерозойских андезитов и граувакк К. Конди [Condie, 1993], а вышележащих алеврито-глинистых отложений – между точками средних фанерозойских граувакк и кислых вулканических пород. Как было отмечено выше, для нижних слоев свиты характерно присутствие в петрофонде, в том числе, магматических ультраосновных пород. Об отсутствии ощутимой доли продуктов разрушения ультрамафитов в вышележащих алеврито-глинистых отложениях основной части свиты говорят устойчиво невысокие содержания Cr и Ni (в среднем 84 и 50 г/т соответственно) [Garver et al., 1996]. Проведена оценка наличия в изученных породах эксгальционного материала. Значения отношения  $(Fe+Mn)/Ti$  [Страхов, 1976] для глауконитового пласта и перекрывающих его глин составляет 18–33 (в среднем 24) и снижаются в вышележащих отложениях до 13–15. Значения отношения Ce/La [Стрекопытов и др., 1999] для глауконитового пласта и основной алеврито-глинистой части свиты составляют 1.9–2.0, для перекрывающих глауконитовый пласт глин – 2.2–2.7. С учетом отрицательной европиевой аномалии и выдержанных близких к единице (0,9–1,1) значений цериевой аномалии можно утверждать об отсутствии признаков влияния эксгальтивных процессов на формирование осадков.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Выполненные исследования среднеюрско–нижнемеловых отложений нижнего течения р. Анабар позволили отметить закономерности изменения петрографического и химического составов пород верхней части юрiongтумусской, содиемыххаинской и нижней части буолкалахской свит.

Вещественный состав алеврито-песчаных пород верхней части юрiongтумусской свиты, представленных граувакковыми аркозами и существенно полевошпатовыми разновидностями, особенности комплекса акцессорных минералов, а также низкая степень механической переработки обломков свидетельствуют о незначительном удалении основных источников сноса. Литогеохимические особенности отложений также указывают на их низкую седиментационную зрелость, петрогенный характер обломочного

материала и позволяют классифицировать их как сиаллиты и миосиллиты (прикровельные слои свиты) нормально щелочного класса, что свидетельствует об умеренной интенсивности химического выветривания в источниках сноса. Установлено, что в период формирования осадка в составе петрофонда преобладали магматические породы кислого и среднего состава, некоторую долю составляли осадочные и метаморфические породы.

Содиемыхайнская свита характеризуется последовательными изменениями петрографического и химического составов отложений. Базальные слои свиты, представленные граувакковыми аркозами и классифицируемые как сиаллиты, фиксируют некоторое снижение в областях размыва доли пород кислого и возрастание среднего составов. Резко контрастирует с остальной частью свиты маркирующий пласт, обогащенный аутигенными минералами железа, позволяющими классифицировать породы как гипогидролизаты, а также свидетельствующими об усилении процессов химического выветривания в областях сноса и возможном участии продуктов разрушения латеритных кор выветривания. Спектр содержащихся в породах редких и рассеянных элементов указывает на значительное увеличение в составе источников сноса магматических пород основного состава.

Вышележащая часть содиемыхайнской свиты сложена кварцево-полевошпатовыми, реже полевошпато-кварцевыми граувакками, классифицируемыми как сиаллиты нормально щелочного класса, формировавшиеся при умеренной интенсивности химического выветривания в областях сноса. Отложения имеют в целом невысокую степень седиментационной зрелости, несколько возрастающую вверх по разрезу. Их петрографический и химический состав позволяет сделать вывод о преобладании в источниках сноса магматических пород среднего состава при определенном участии пород кислого и основного составов, в меньшей степени осадочных и метаморфических пород.

Глинистое вещество маркирующего глауконитового пласта и перекрывающих его слоев (базальная часть буолкалахской свиты) представлено преобладающим сильно разупорядоченным смектитом. Литохимические особенности отложений позволяют классифицировать их, как гипогидролизаты и псевдогидролизаты первого цикла седиментации и свидетельствуют об усилении процессов химического выветривания в областях сноса. Химический состав пород указывает на их формирование за счет разрушения преимущественно магматических пород среднего и основного состава с участием ультраосновных пород. Для вышележащей алеврито-песчаной части буолкалахской свиты характерен тренд на постепенное увеличение вверх по разрезу доли алевритового материала. Отмечается значительное содержание плагиоклазов среди обломков полевых шпатов. По литохимическим особенностям отложения являются сиаллитами нормально-щелочного класса первого цикла седиментации, формирование которых происходило при постепенном снижении интенсивности химического выветривания в областях сноса. Основным поставщиком материала являлись магматические породы среднего, в меньшей степени кислого состава.

Таким образом, на основе полученных новых данных удалось установить несколько рубежей в истории формирования бат–берриасской толщи нижнего течения р. Анабар, на которых происходила смена вещественного состава отложений: граница между юронтумусской и содиемыхайнской свитами, подошвы и кровли маркирующих горизонтов, граница между перекрывающими глауконитовый пласт глинами и вышележащими алеврито-глинистыми породами буолкалахской свиты. Зафиксированы

последовательные изменения в составе питающих провинций, являющиеся одним из основных факторов, влиявших на состав осадков, а также оценена интенсивность химического выветривания пород в областях сноса. Показано, что основными источниками, поставлявшими обломочный материал, являлись магматические породы среднего, в меньшей степени кислого состава (Анабарский щит, локальные структуры). Периодически происходило увеличение роли пород основного (Сибирские траппы), иногда ультраосновного состава, в особенности во время формирования маркирующих пластов в низах содиемыхаинской и буолкалахской свит. Некоторое участие принимали метаморфические и древние терригенные породы. Полученные результаты хорошо согласуются с имеющимися представлениями о развитии источников сноса в регионе, уточняя и детализируя их для рассмотренной части осадочного бассейна. В связи с тем, что изменения в характере материнских толщ оказывали влияние на состав осадков в пределах значительных по площади территорий, схожие с выявленными изменения литогеохимических особенностей, должны проявляться в верхнеюрско–нижнемеловых отложениях всей рассматриваемой петрографо-минералогической провинции и могут быть использованы в корреляционных целях.

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам за ценные замечания и предложения при написании статьи.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ № 18-17-00038 и 19-17-00091, ФНИ № 0331-2019-0021.

#### ЛИТЕРАТУРА

**Альмухамедов А.И., Медведев А.Я., Золотухин В.В.** Вещественная эволюция пермотриасовых базальтов Сибирской платформы во времени и пространстве // Петрология, 2004, т. 12 (4), с. 339–353.

**Барaboшкин Е.Ю.** Конденсированные разрезы: терминология, типы, условия образования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология, 2009, № 3, с. 13–20.

**Виноградов В.А., Драчев С.С.** К вопросу о тектонической природе фундамента юго-западной части шельфа моря Лаптевых // Доклады академии наук, 2000, т. 372, № 1, с. 72–74.

**Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С., Прохоров В.Г.** Краткий справочник по геохимии. М., Недра, 1977, 183 с.

**Галабала Р.О.** Мезозойские и кайнозойские континентальные перерывы восточной части Сибирской платформы и связанные с ними коры выветривания // Континентальные перерывы и коры выветривания Сибири. Новосибирск, 1971, с. 98–102.

**Захаров В.А., Ким Б. И., Рогов М. А.** О возможном распространении верхнеюрских и нижнемеловых отложений на шельфе моря Лаптевых и перспективах их нефтегазоносности // Стратиграфия. Геол. Корреляция, 2013, т. 21 (5). с. 36–55.

**Каплан М.Е.** Литология морских мезозойских отложений севера Восточной Сибири. Л., Недра, 1976, 229 с.

**Каплан М.Е., Меледина С.В., Шурыгин Б.Н.** Келловейские моря Северной Сибири (условия осадконакопления и существования фаций). Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1979, 79 с.

**Каплан М.Е., Николаева И.В.** Минеральный состав и генезис силикатных микроконкреций мезозойских отложений севера Сибирской платформы // Кристаллохимия и парагенезисы минералов осадочных пород. Новосибирск, 1975, с. 34–72.

**Каплан М.Е., Ронкина З.З., Королева Р.В.** Юрские терригенно-минералогические провинции севера Сибири // Геология и геофизика, 1972, № 9, с. 47–56.

**Каширцев В.А., Никитенко Б.Л., Пещевицкая Е.Б., Фурсенко Е.А.** Биогеохимия и микрофоссилии верхней юры и нижнего мела Анабарского залива моря Лаптевых // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (4), с. 481–501.

**Ким Б.И., Евдокимова Н.К., Харитонов Л.Я., Иванова Н.М., Полищук Л.А.** Осадочный чехол моря Лаптевых и его нефтегазовый потенциал // Геология нефти и газа, 2011, № 6, с. 116–131.

**Конторович А.Э., Эпов М.И., Бурштейн Л.М., Каминский В.Д., Курчиков А.Р., Малышев Н.А., Прищепа О.М., Сафронов А.Ф., Ступакова А.В., Супруненко О.И.** Геология, ресурсы углеводородов шельфов арктических морей России и перспективы их освоения // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (1), с. 7–17.

**Конторович В.А.** Сейсмогеологическая характеристика, модель геологического строения и перспективы нефтегазоносности шельфа моря Лаптевых [Электронный ресурс] // Геофизические технологии, 2020, № 2, с. 41–52.

**Конторович В.А., Конторович А.Э., Моисеев С.А., Соловьев М.В.** Структурно-тектоническая характеристика Лено–Анабарского региона // Геология нефти и газа, 2014, т. 55 (1), с. 74–82.

**Коссовская А.Г., Тучкова М.И.** К проблеме минералого-петрохимической классификации и генезиса песчаных пород // Литология и полез. ископаемые, 1988, № 2, с. 8–24.

**Левчук М.А.** Литология и перспективы нефтегазоносности юрских отложений Енисей–Хатангского прогиба. Новосибирск, Наука, 1985, 166 с.

**Малышев С.В., Худoley А.К., Прокопьев А.В., Ершова В.Б., Казакова Г.Г., Терентьева Л.Б.** Источники сноса каменноугольно–нижнемеловых терригенных отложений северо-востока Сибирской платформы: результаты Sm–Nd изотопно-геохимических исследований // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (3), с. 537–552.

**Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Л., Князев В.Г., Меледина С.В., Дзюба О.С., Лебедева Н.К., Пещевицкая Е.Б., Глинских Л.А., Горячева А.А., Хафаева С.Н.** Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (8), с. 1047–1082.

**Осипова З.В.** Палеогеография северо-востока Сибирской платформы в юрском периоде // Геология и геофизика, 1968, № 10, с. 32–42.

**Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р.** Пески и песчаники. М., Мир, 1976, 535 с.

**Полякова И.Д., Борукаев Г.Ч.** Структура и нефтегазовый потенциал Лаптевоморского региона // Литология и полез. ископаемые, 2017, № 4, с. 322–339.

**Ронкина З.З.** Вещественный состав и условия формирования юрских и меловых отложений севера Центральной Сибири. Л., Недра, 1965, 164 с.

**Скворцов М.Б., Дзюбло А.Д., Грушевская О.В., Кравченко М.Н., Уварова И.В.** Качественная и количественная оценка перспектив нефтегазоносности шельфа моря Лаптевых // Геология нефти и газа, 2020, № 1, с. 5–19.

**Стратиграфия юрской системы севера СССР / под ред. В.Н. Сакса.** М., Наука, 1976, 436 с.

**Страхов Н.М.** Проблемы геохимии современного океанского литогенеза. М., Наука, 1976, 299 с.

**Стрекопытов С.В., Дубинин А.В., Волков И.И.** Общие закономерности поведения редкоземельных элементов в пелагических осадках Тихого Океана // Литология и полез. ископаемые, 1999, № 2, с. 133–145.

**Шкарубо С. И., Заварзина Г. А.** Стратиграфия и характеристика сейсмических комплексов осадочного чехла Западной части шельфа моря Лаптевых // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2011, т. 6, № 2, [http://www.ngtp.ru/rub/2/14\\_2011.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/2/14_2011.pdf).

**Шутов В.Д.** Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые, 1967, № 5, с. 86–103.

- Юдович Я.Э., Кетрис М.П.** Основы литохимии. СПб., Наука, 2000, 479 с.
- Bhatia M.R.** Plate tectonics and geochemical composition of sandstones // *J. Geol.*, 1983, v. 91, p. 611–627.
- Condie K.C.** Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales // *Chem. Geol.*, 1993, v. 104, p. 1–37.
- Cullers R.L.** Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA // *Chemical Geology*, 2002, v. 191, p. 305–327.
- Dypvik H., Zakharov V.** Late Jurassic/Early Cretaceous phosphates of Nordvik, North Siberian Basin // *Polar Research*, 2010, v. 29, p. 235–249.
- Floyd P.A., Leveridge B.E.** Tectonic environment of the Devonian mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones // *J. Geol. Soc. Lond.*, 1987, v. 144, p. 531–542.
- Franke D., Hinz K., Oncken O.** The Laptev Sea Rift // *Marine and Petroleum Geology*, 2001, v. 18, p. 1083–1127.
- Garver J.I., Royce P.R., Smick T.A.** Chromium and nickel in shale of the Taconic foreland: a case study for the provenance of fine-grained sediments with an ultramafic source // *J. Sed. Res.*, 1996, v. 66, p. 100–106.
- Herron M.M.** Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // *J. Sed. Petrol.*, 1988, v. 58, p. 820–829.
- Loutit T.S., Hardenbol J., Vail P.R., Baum G.R.** Condensed sections: the key to age determination and correlation of continental margin sequences // *Soc. Econ. Paleontol. Mineral.*, 1988, Spec. Publ. 42, p. 183–213.
- McLennan S.M., Taylor S.R., McCulloch M.T., Maynard J.B.** Geochemical and Nd–Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: crustal evolution and plate tectonic associations // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1990, v. 54, p. 2015–2050.
- Mizera J., Řanda Z., Košťák M.** Neutron activation analysis in geochemical characterization of Jurassic–Cretaceous sedimentary rocks from the Nordvik Peninsula // *J. Radioanal Nucl. Chem.*, 2010, v. 284, p. 211–219.
- Nesbitt H.W., Young G.M.** Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // *Nature*, 1982, v. 299, p. 715–717.
- Nesbitt H.W., Young G.M.** Formation and diagenesis of weathering profiles // *J. Geol.*, 1989, v. 97, p. 129–147.
- Posamentier H.W., Allen G.P.** *Siliciclastic Sequence Stratigraphy – concepts and Applications.* Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Concepts in Sedimentology and Paleontology, vol. 7, 1999, 210 p.
- Taylor S.R., McLennan S.M.** *The Continental Crust: Its composition and evolution.* London, Blackwell, 1985, p. 320.
- Wronkiewicz D.J., Condie K.C.** Geochemistry of shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: source-area weathering and provenance // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1987, v. 51, p. 2401–2416.

Рис. 1. Литостратиграфическая корреляция изученных разрезов. 1–9 – слоистость: 1 – крупная косая, 2 – пологая косая, 3 – крупная косоволнистая (троговая), 4 – мелкая троговая, 5 – горизонтальная, 6 – волнистая, 7 – волнисто-линзовидная, 8 – линзовидная, 9 – флазерная; 10–13 – текстурные нарушения: 10 – биотурбация, 11 – горизонтальные и вертикальные следы жизнедеятельности, 12 – знаки ряби, 13 – смятия; 14 – эрозионные границы; 15–26 – органические остатки: 15 – растительный детрит, 16 – фрагменты древесных стволов, 17 – отпечатки растений, 18 – раковинный детрит, 19 – аммониты, 20 – двустворчатые моллюски, 21 – роостры белемнитов, 22 – брахиоподы, 23 – гастроподы, 24 – фораминиферы, 25 – дендалиум, 26 – онихиты; 27–30 – неорганические включения: 27 – глинистые интракласты, 28 – гравий / галька, 29 – глобулы глауконита, 30 – железистые оолиты; 31 – кальцитизированные породы, 32–35 – конкреции: 32 – карбонатные, конкреционные горизонты, 33 – пиритовые, 34 – сидеритовые, 35 – фосфоритовые; 36–38 – изученные образцы: 36 – петрография, 37 – геохимия, 38 – рентгенофазовый анализ; 39, 40 – границы: 39 – свит, 40 – слоев, пачек с различными петрографическими и геохимическими характеристиками.

Рис. 2. Фотографии шлифов изученных пород юрiongтумусской (а, б), содиемыхаинской (в–ж) и буолкалахской (з–м) свит при скрещенных (+) и параллельных (=) николях: а – песчаник мелкозернистый полевошпатовый (А9-2-1П, +); б – песчаник средне-мелкозернистый граувакково-аркозовый с кальцитовым цементом (ОК2-1а-0.2П, +); в – песчаник мелкозернистый алевритовый граувакково-аркозовый с гидрослюдисто-хлоритовым цементом (А7-18-К, +); г – песчано-алеврито-глинистая порода с гетит-шамозитовыми оолитами (А7-20-0.1П, +); д – терригенно-карбонатная порода с гетит-шамозитовыми оолитами ОК1-2-0.2П, =); е – песчаник мелкозернистый алевритовый кварцево-полевошпатово-граувакковый с гидрослюдисто-хлоритовым цементом (А9-7-6П, =); ж – песчаник мелкозернистый алевритовый кварцево-полевошпатово-граувакковый с гидрослюдисто-хлоритовым цементом (ОК2-3-3П, +); з – глауконитовый песчаник (ОК2-6-К, =); и – глинисто-карбонатная порода с шамозитовыми оолитами и фосфатизированными обломками (ОК1-7-0.7П, +); к – аргиллит со следами жизнедеятельности организмов и пиритовыми микроконкрециями (ОК1-8-0.5П, =); л – аргиллит алевритистый со следами биотурбации (А7-25-1.8П, =); м – алевроаргиллит со следами биотурбации (ОК4-1-П, =). И использованные обозначения: Ер – эпидот, Нbl – роговая обманка, Ру – пирит, Zo – цоизит, РД – растительный детрит, ФО – фосфатизированные обломки

Рис. 3. Положение фигуративных точек алеврито-песчаных пород юрiongтумусской (1) и содиемыхаинской (2) свит на треугольнике состава [Шутов, 1967]; обозначение полей: 6 – граувакковые аркозы, 8 – полевошпато-кварцевые граувакки, 10 – кварцево-полевошпатовые граувакки, 12 – поле не собственно терригенного происхождения (существенно полевошпатовые алеврито-песчаные породы)

Рис. 4. Положение фигуративных точек изученных пород на классификационных диаграммах [Петтиджон и др., 1976] (а) и [Нертон, 1988] (б). Условные обозначения: 1 – юрiongтумусская свита, 2 – базальные слои содиемыхаинской свиты, 3 – маркирующий пласт, 4 – основная часть содиемыхаинской свиты, 5 – глауконитовый пласт буолкалахской свиты, 6 – перекрывающие глауконитовый пласт глины, 7 – алеврито-глинистые породы основной части буолкалахской свиты

Рис. 5. Средние содержания основных породообразующих оксидов, редких и рассеянных элементов (без РЗЭ) в изученных породах юрiongтумусской и

содимыхаинской свит, нормированные относительно средней мезо-кайнозойской граувакки К. Конди [Condie, 1993] (а, б) и буолкалахской свиты, нормированное относительно РААС [Taylor, McLennan, 1985] (в, г). Условные обозначения: для а, б: 1–2 – юрiongтумусская свита: 1 – кроме прикровельных слоев, 2 – прикровельные слои; 3–6 – содимыхаинская свита: 3 – базальные слои, 4 – маркирующий пласт, 5 – основная часть свиты, 6 – непосредственно перекрывающие маркирующий пласт слои; для в, г: 1 – глауконитовый пласт, 2 – перекрывающие глауконитовый пласт глины, 3 – алеврито-глинистые породы основной части свиты

Рис. 6. Положение фигуративных точек изученных пород на диаграммах F1-F2 [Bhatia, 1983] (а) и FA (б), MA (в) [Косовская, Тучкова, 1988]. Условные обозначения см. рис. 4; обозначение полей на (б, в): I – липаритодациты, II – граниты, III – гранодиориты, IV – андезитабазальты;  $F1 = 30.638 \times TiO_2 / Al_2O_3 - 2.541 \times Fe_2O_{3(общ.)} / Al_2O_3 + 7.329 \times MgO / Al_2O_3 + 12.031 \times Na_2O / Al_2O_3 + 35.402 \times K_2O / Al_2O_3 - 6.382$ ;  $F2 = 56.5 \times TiO_2 / Al_2O_3 - 0.879 \times Fe_2O_{3(общ.)} / Al_2O_3 + 30.875 \times MgO / Al_2O_3 - 5.404 \times Na_2O / Al_2O_3 + 11.112 \times K_2O / Al_2O_3 - 3.89$ ;  $F = TiO_2 + Fe_2O_{3(общ.)} + MnO + MgO$ ;  $M = CaO + Na_2O + K_2O$ ;  $A = Al_2O_3 / SiO_2$

Рис. 7. Положение фигуративных точек изученных пород на диаграмме трендов выветривания [Nesbitt H.W., Young G.M, 1982, 1989]. Условные обозначения см. рис. 4; стрелками показан тренд выветривания; CaO\* – без карбонатного CaO

Рис. 8. Положение фигуративных точек изученных пород на диаграммах La/Sc-Th/Co [Taylor, McLennan, 1985] (а) и Hf-La/Th [Floyd, Leveridge, 1987] (б). Условные обозначения см. рис. 4; на (а) звездочками отмечено положение эталонных средних значений различных типов пород по [Condie, 1993]: I, II – палеозойские, мезо-кайнозойские базальты; III, IV – палеозойские, мезо-кайнозойские андезиты; V, VI – палеозойские, мезо-кайнозойские граувакки; VII–VIII – палеозойские, мезо-кайнозойские кислые вулканические породы; XI – фанерозойские граниты; на (б) области составов источников размывов: I – породы океанических островов с преобладанием толеитовых базальтов, II – породы вулканических островных дуг с преобладанием андезитов, III – кислые вулканические породы

Табл. 1. Содержания основных породообразующих оксидов (%) и значения петрохимических м

Свита	Тип породы	Образец	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (общ.)	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI	ГМ	ФМ
буолкалахская	Гл-Ал	ОК4-1-К	58.85	0.80	16.63	6.91	0.07	2.62	2.49	3.27	3.08	0.22	0.18	3.80	0.41	0.16
	Гл-Ал	ОК4-1-4.5П	58.88	0.83	16.79	7.11	0.06	2.72	2.30	3.31	3.11	0.22	0.14	3.72	0.42	0.17
	Гл-Ал	ОК4-1-3П	58.83	0.80	16.63	6.98	0.06	2.58	2.26	3.15	3.16	0.24	0.09	4.27	0.42	0.16
	Гл-Ал	ОК4-1-П	58.59	0.81	16.87	6.84	0.07	2.56	2.62	3.14	3.27	0.23	0.14	4.25	0.42	0.16
	Ал-Гл	А9-10-8П	57.60	0.83	16.98	7.31	0.06	2.75	2.02	3.01	3.25	0.23	0.14	4.89	0.44	0.18
	Гл	А9-10-5П	57.70	0.80	17.65	7.20	0.06	2.63	1.92	3.33	3.73	0.25	0.09	3.79	0.45	0.17
	Гл	А9-10-2.5П	56.01	0.82	18.06	8.11	0.06	2.72	1.40	2.79	3.60	0.21	0.10	5.08	0.48	0.19
	Гл	ОК1-8-1.5п	54.81	0.90	18.19	9.11	0.05	2.84	1.55	2.33	3.47	0.18	0.30	6.11	0.52	0.22
	Гл	А7-25-1.8П	56.59	0.81	17.53	7.96	0.05	2.80	1.90	2.82	3.54	0.23	0.20	4.61	0.47	0.19
	Гл	А7-25-0.3П	50.28	0.98	16.95	14.91	0.06	3.00	1.22	1.83	3.18	0.20	0.08	6.37	0.65	0.36
	Гл	А9-10-0.5П	47.71	1.33	16.90	16.94	0.04	3.18	0.94	0.96	2.78	0.18	0.20	8.56	0.74	0.42
	Гл	А7-24-0.6П	45.59	1.59	16.43	19.27	0.04	3.32	1.34	0.56	2.26	0.23	0.31	8.73	0.82	0.50
	Гл	ОК1-7-К	45.47	0.99	16.14	18.35	0.04	2.75	1.04	1.00	3.18	0.23	0.52	9.78	0.78	0.47
	Глаук	ОК1-6-0.3П	45.88	0.93	12.83	21.18	0.04	2.55	2.19	0.92	4.11	0.81	0.66	7.77	0.76	0.52
	Глаук	А9-8-К	44.89	1.11	13.57	22.37	0.06	3.12	1.46	0.59	3.85	0.37	0.15	8.07	0.83	0.57
	Глаук	А7-22-0.1П	46.89	1.10	13.54	16.88	0.04	2.21	4.06	1.20	3.05	1.96	0.33	7.75	0.67	0.41
	Глаук	ОК2-6-П	47.94	1.24	14.10	18.79	0.04	2.62	1.27	0.84	3.66	0.33	0.56	7.93	0.71	0.45
содимыхайнская	Ал	ОК1-5-П	57.87	1.29	12.34	7.81	0.03	0.61	1.36	2.20	2.67	0.09	0.56	12.41	0.37	0.15
	Ал-Пс	ОК1-3-П	65.37	1.23	14.77	4.27	0.04	0.68	1.80	2.80	2.97	0.10	0.26	5.07	0.31	0.08
	Пс	ОК2-5-0.3П	61.83	1.88	12.56	8.63	0.05	0.70	1.23	2.45	2.49	0.11	0.23	7.27	0.37	0.15
	Пс	ОК2-4-К	60.77	1.23	12.04	8.98	0.04	0.63	1.04	2.11	2.49	0.11	0.30	10.17	0.37	0.16
	Пс	ОК2-4-0.7П	61.79	1.22	13.78	6.58	0.04	0.61	1.25	2.84	2.66	0.11	0.31	8.65	0.35	0.12
	Пс	ОК2-3-3П	63.48	0.88	14.69	6.13	0.03	0.71	1.22	2.88	2.90	0.11	0.18	5.88	0.34	0.11
	Ал-Пс	ОК2-3-1.5П	62.23	1.20	15.61	7.60	0.04	0.89	1.13	2.47	2.87	0.11	0.16	5.69	0.39	0.14
	Ал-Пс	ОК2-3-0.9П	63.14	1.19	15.39	6.63	0.03	0.88	1.29	2.53	2.91	0.11	0.16	5.34	0.37	0.12
	Ал-Пс	ОК2-3-П	63.39	0.72	14.68	5.33	0.04	1.09	1.09	2.76	3.29	0.11	0.28	6.57	0.33	0.10
	Пс	А9-7-К	67.30	1.29	13.33	6.72	0.04	0.99	1.24	2.29	2.59	0.15	0.07	3.61	0.32	0.12
	Пс	А9-7-4П	62.94	1.16	15.39	7.31	0.04	1.04	1.30	2.72	2.84	0.12	0.10	4.07	0.38	0.13
	Пс	А9-7П	62.74	0.95	15.30	7.38	0.03	1.27	1.44	2.49	2.82	0.11	0.15	5.10	0.38	0.14
	Ал-Пс	А7-21-0.3П	64.08	1.17	13.84	8.29	0.04	1.33	1.18	1.82	2.45	0.08	0.10	4.58	0.36	0.15
	Fe-истая	А7-20-К	62.74	1.00	13.92	9.63	0.04	1.41	1.09	1.97	2.52	0.08	0.10	4.54	0.39	0.18
	Fe-истая (Из)	А7-20-0.1П	17.07	0.42	5.57	5.49	0.06	0.94	34.82	1.32	0.78	19.12	2.04	8.26	0.68	0.38
	Fe-истая	А9-6-0.3П	56.76	1.20	14.86	13.92	0.06	2.02	1.06	1.82	2.27	0.11	0.12	5.53	0.53	0.28
	Fe-истая	А9-6-П	52.60	1.36	14.59	17.77	0.06	2.11	1.27	1.74	2.02	0.20	0.14	6.00	0.64	0.38
	Ал	ОК2-2-0.3П	63.88	0.76	15.02	5.11	0.04	1.18	1.44	2.52	3.43	0.16	0.31	5.91	0.33	0.10
Ал	А9-5-0.5П	53.46	0.62	14.16	8.56	0.07	1.29	4.44	2.33	2.68	2.26	0.25	9.55	0.44	0.19	
Ал-Пс	А7-18-К	55.41	0.70	13.24	7.88	0.04	1.15	2.21	2.39	3.01	0.73	0.52	11.85	0.39	0.16	
юрюнгтумусская	Пс	ОК1-1-0.5П	71.09	0.40	13.11	2.86	0.03	0.31	1.49	3.19	3.76	0.05	0.25	3.24	0.23	0.05
	Пс	ОК2-16-К	70.21	0.62	12.08	3.86	0.05	0.32	1.42	2.96	3.36	0.11	0.19	4.16	0.24	0.06
	Пс	ОК2-1а-0.5П	68.46	0.53	12.91	4.38	0.03	0.41	1.13	2.93	3.36	0.09	0.16	4.56	0.26	0.07
	Пс	А7-16-К	61.05	0.46	13.19	5.47	0.05	0.79	2.29	3.19	3.60	0.14	0.45	8.27	0.31	0.10
	Пс	А7-16-3П	60.41	0.68	14.65	5.21	0.09	1.47	1.93	2.91	3.93	0.22	0.45	7.03	0.34	0.11
	Ал-Пс	А7-16-1П	63.02	0.66	15.02	5.61	0.08	1.54	2.21	3.26	3.61	0.21	0.34	3.84	0.34	0.11
	Из	А7-15-0.2П	24.28	0.30	6.48	2.86	0.10	1.74	31.25	1.37	1.29	0.19	4.54	24.51	0.40	0.19

Примечание. Использованная в работе маркировка образцов включает в себя номер разреза, номер слоя, расстояния или кровли (К) слоя в метрах. Типы пород: Ал – алевритовая, Ал-Гл – алеврито-глинистая, Ал-Пс – алеврито-песчаная, Гл-Ал – глинисто-алевритовая, Глаук – глауконитовая, Из – известковая, Fe-истая – обогащенная минералами железа. Петрохимические модули: ГМ – гидролизатный  $((Al_2O_3+TiO_2+Fe_2O_3_{общ}+MnO)/SiO_2)$ , ФМ – фемический  $((Fe_2O_3_{общ}+MnO+MgO)/(SiO_2))$ , ЖМ – железный  $((Fe_2O_3_{общ}+MnO)/(TiO_2+Al_2O_3))$ , ТМ – титановый  $(TiO_2/Al_2O_3)$ , ЦМ – щелочной  $((Na_2O+K_2O)/Al_2O_3)$ .

модулей в изученных образцах.

ЖМ	ТМ	НКМ	ЦМ
0.40	0.05	0.38	1.06
0.41	0.05	0.38	1.07
0.40	0.05	0.38	1.00
0.39	0.05	0.38	0.96
0.41	0.05	0.37	0.93
0.39	0.05	0.40	0.89
0.43	0.05	0.35	0.78
0.48	0.05	0.32	0.67
0.44	0.05	0.36	0.80
0.83	0.06	0.30	0.58
0.93	0.08	0.22	0.34
1.07	0.10	0.17	0.25
1.07	0.06	0.26	0.31
1.54	0.07	0.39	0.22
1.53	0.08	0.33	0.15
1.16	0.08	0.31	0.39
1.23	0.09	0.32	0.23
0.58	0.10	0.39	0.82
0.27	0.08	0.39	0.94
0.60	0.15	0.39	0.99
0.68	0.10	0.38	0.84
0.44	0.09	0.40	1.07
0.40	0.06	0.39	0.99
0.45	0.08	0.34	0.86
0.40	0.08	0.35	0.87
0.35	0.05	0.41	0.84
0.46	0.10	0.37	0.88
0.44	0.08	0.36	0.96
0.46	0.06	0.35	0.89
0.56	0.08	0.31	0.74
0.65	0.07	0.32	0.78
0.93	0.08	0.38	1.68
0.87	0.08	0.28	0.80
1.12	0.09	0.26	0.86
0.33	0.05	0.40	0.74
0.58	0.04	0.35	0.87
0.57	0.05	0.41	0.80
0.21	0.03	0.53	0.85
0.31	0.05	0.52	0.88
0.33	0.04	0.49	0.87
0.40	0.04	0.51	0.88
0.35	0.05	0.47	0.74
0.36	0.04	0.46	0.90
0.44	0.05	0.41	1.07

ие от подошвы (П)  
 чаная, Гл –  
 ралами Fe.

203), НКМ –

Табл. 2. Содержания редких и рассеянных элементов (без РЗЭ) в изученных образцах; г/т.

Свита	Тип породы	Образец	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs
буолкалахская	Гл-Ал	ОК4-1-К	14.5	101.5	83.1	13.6	36.8	30.9	84.7	117.3	555.3	21.5	173.9	16.2	3.7
	Гл-Ал	ОК4-1-4.5П	13.5	98.5	81.1	18.1	76.4	38.5	91.6	91.0	526.4	22.5	200.5	16.1	1.6
	Гл-Ал	ОК4-1-3П	13.5	98.9	74.1	15.3	35.1	31.5	82.8	87.5	557.4	22.3	177.4	16.5	1.2
	Гл-Ал	ОК4-1-П	15.4	102.5	84.3	16.6	40.2	40.7	87.3	116.3	490.2	22.3	168.1	16.0	2.7
	Ал-Гл	А9-10-8П	13.5	106.0	79.2	16.8	47.0	29.5	81.0	96.3	442.3	22.4	177.7	17.4	1.9
	Гл	А9-10-5П	12.3	107.8	75.0	15.2	39.5	31.2	95.8	109.0	451.4	22.8	131.4	15.8	1.7
	Гл	А9-10-2.5П	15.5	144.8	90.9	25.5	72.9	34.4	113.1	108.5	369.2	27.4	127.6	14.6	2.5
	Гл	ОК1-8-1.5п	16.1	153.6	96.9	18.5	58.7	44.2	145.7	100.7	504.3	22.7	138.1	15.4	2.7
	Гл	А7-25-1.8П	14.9	132.1	90.9	19.1	47.2	34.0	104.7	106.7	441.1	27.0	141.7	14.9	2.1
	Гл	А7-25-0.3П	29.4	407.0	295.0	54.8	128.4	40.7	224.9	109.2	522.4	29.1	150.5	17.0	2.6
	Гл	А9-10-0.5П	34.9	390.1	346.1	49.2	128.4	45.2	331.9	124.2	491.7	31.4	175.1	21.1	4.2
	Гл	А7-24-0.6П	38.7	454.6	478.6	70.3	125.5	41.5	309.7	90.7	604.0	26.7	201.4	25.3	2.1
	Гл	ОК1-7-К	34.0	337.1	475.2	29.5	58.6	40.4	225.1	152.7	634.4	34.3	165.1	17.1	6.1
	Глаук	ОК1-6-0.3П	22.6	345.0	537.0	69.1	140.8	33.0	375.6	144.3	695.0	28.2	171.3	23.6	2.5
	Глаук	А9-8-К	29.6	443.7	666.7	62.3	147.3	23.3	358.4	175.4	522.1	28.9	176.3	27.3	5.6
	Глаук	А7-22-0.1П	25.8	383.9	428.6	100.3	220.1	25.7	506.5	129.2	683.7	37.2	210.3	25.8	4.2
Глаук	ОК2-6-П	29.7	398.0	564.5	66.1	115.0	49.3	849.9	157.8	652.3	27.9	254.8	27.3	6.1	
содиемыхайнская	Ал	ОК1-5-П	10.3	172.5	137.5	10.8	54.9	18.7	37.2	48.3	515.7	12.9	289.1	18.2	0.7
	Ал-Пс	ОК1-3-П	12.5	145.9	110.8	6.2	32.0	18.1	39.7	62.4	440.2	15.3	261.2	12.3	1.4
	Пс	ОК2-5-0.3П	10.4	190.5	151.6	9.9	19.9	13.9	44.9	55.1	386.3	16.5	475.7	17.7	1.3
	Пс	ОК2-4-К	9.3	165.7	157.0	7.8	34.5	15.3	37.0	54.3	239.8	12.1	274.7	15.2	1.5
	Пс	ОК2-4-0.7П	9.4	136.0	119.4	6.4	28.5	20.7	32.1	53.2	321.3	13.2	265.7	13.3	1.6
	Пс	ОК2-3-3П	10.2	146.4	118.0	7.9	30.0	19.7	37.5	53.5	359.6	12.6	169.7	9.7	1.1
	Ал-Пс	ОК2-3-1.5П	12.0	152.1	125.7	9.5	25.5	51.3	43.1	59.7	278.5	14.3	196.9	10.0	1.5
	Ал-Пс	ОК2-3-0.9П	11.7	149.5	127.3	7.9	26.3	17.3	31.5	58.0	346.6	12.2	180.6	10.1	1.1
	Ал-Пс	ОК2-3-П	9.4	103.9	68.3	7.1	33.2	18.2	39.4	81.8	367.3	18.9	332.8	11.8	3.6
	Пс	А9-7-К	18.9	197.9	200.8	15.5	46.5	14.8	70.4	58.3	323.2	23.9	304.0	16.2	1.1
	Пс	А9-7-4П	19.7	165.5	141.8	14.5	59.7	18.6	62.8	54.9	359.8	20.4	225.0	10.1	0.7
	Пс	А9-7П	18.3	159.3	148.3	20.9	61.5	16.3	73.5	56.3	377.0	20.4	164.7	10.6	0.9
	Ал-Пс	А7-21-0.3П	22.9	349.9	368.9	54.2	145.4	17.2	174.5	62.1	385.1	17.5	322.8	19.8	1.5
	Fe-истая	А7-20-К	21.6	365.2	439.1	67.2	177.0	19.9	275.0	61.0	301.5	13.9	233.2	16.2	1.5
	Fe-истая (Из)	А7-20-0.1П	62.8	201.4	150.0	7.2	27.1	10.6	77.9	23.0	2751.9	531.0	179.3	10.5	1.0
	Fe-истая	А9-6-0.3П	31.0	362.3	442.9	34.9	99.9	25.1	172.0	49.6	321.3	26.6	223.8	19.4	0.9
	Fe-истая	А9-6-П	37.6	526.7	703.1	34.4	104.3	18.4	175.4	42.5	382.3	46.5	300.5	29.2	0.7
	Ал	ОК2-2-0.3П	10.5	106.1	74.1	6.7	19.6	14.3	41.8	70.0	320.0	18.5	298.9	12.5	2.1
	Ал	А9-5-0.5П	13.6	95.2	88.7	18.6	54.4	19.1	98.5	66.3	665.6	43.0	261.0	9.8	2.1
Ал-Пс	А7-18-К	12.4	135.6	96.2	14.9	52.2	14.0	79.7	77.0	333.3	21.0	305.1	12.4	3.0	
юрюнгтумусская	Пс	ОК1-1-0.5П	5.5	51.3	70.6	2.3	12.5	14.4	13.7	101.7	351.1	11.5	143.0	10.9	2.1
	Пс	ОК2-16-К	4.9	38.8	101.0	3.5	18.4	18.3	30.2	73.8	348.4	16.6	304.0	18.6	0.8
	Пс	ОК2-1а-0.5П	7.0	64.2	89.6	2.7	17.2	21.0	23.1	75.6	441.3	13.7	222.8	13.8	1.2
	Пс	А7-16-К	5.3	39.3	51.4	6.8	16.6	12.8	36.3	74.3	340.0	16.4	245.8	10.3	0.6
	Пс	А7-16-3П	11.4	71.8	58.0	9.8	25.0	20.3	72.4	104.9	374.1	26.7	276.7	15.3	2.4
	Ал-Пс	А7-16-1П	10.0	63.8	50.0	11.9	42.7	20.0	72.2	100.0	427.2	24.0	262.5	14.7	1.7
	Из	А7-15-0.2П	4.9	31.4	20.0	8.0	23.3	13.1	42.3	38.4	507.0	16.0	111.0	6.9	0.7

Примечание. Типы пород см. табл. 1.

Ba	Hf	Ta	Th	U
969.8	4.3	1.0	13.6	2.3
930.0	4.6	0.9	13.8	2.1
937.7	4.2	1.0	13.3	2.2
920.5	4.0	0.9	14.3	2.2
845.9	4.4	1.0	13.6	2.5
965.2	3.3	0.9	14.5	2.2
898.6	3.1	0.8	15.0	2.4
864.0	3.7	1.0	16.6	2.8
893.8	3.4	0.8	14.2	2.0
689.7	3.7	0.9	17.1	4.1
306.5	4.4	1.0	8.9	8.2
329.0	4.9	1.1	10.5	7.7
471.4	4.7	0.8	14.6	16.9
470.0	4.9	0.8	9.8	6.3
337.2	4.6	0.9	9.9	5.6
456.4	5.2	1.1	11.0	11.7
415.3	7.2	1.0	12.3	16.3
2058.3	7.2	1.2	7.6	1.9
2011.4	6.4	0.9	6.5	1.7
573.0	12.0	1.2	8.2	2.2
545.8	7.1	1.1	6.5	1.6
625.3	6.6	0.9	5.8	1.6
663.3	4.4	0.7	5.5	1.3
625.7	5.0	0.7	6.0	1.4
673.1	4.8	0.7	6.5	1.4
565.4	8.8	0.9	6.1	2.3
557.8	7.0	1.0	7.8	1.8
615.5	5.2	0.6	5.3	1.5
677.1	4.0	0.7	5.7	1.5
601.2	7.6	1.1	11.3	4.5
559.1	5.3	0.8	7.8	1.9
588.8	3.2	0.4	7.5	26.0
529.6	5.3	1.1	9.7	1.6
543.2	7.3	1.3	16.0	1.7
548.4	7.7	0.9	9.6	2.4
481.6	5.9	0.7	8.8	1.9
501.5	6.9	0.8	8.4	2.3
778.9	3.6	0.7	5.2	1.3
720.7	7.2	1.2	9.2	1.6
701.9	5.6	0.9	6.7	1.6
715.7	5.8	0.7	7.9	1.8
702.9	6.7	1.0	15.8	3.2
754.4	6.3	0.9	13.9	3.0
881.5	2.5	0.4	7.6	2.6

Табл. 3. Содержания редкоземельных элементов (г/т) и значения европейской аномалии в и

Свита	Тип породы	Образец	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
буолкалакская	Гл-Ал	ОК4-1-К	39.9	76.6	8.8	32.4	5.7	1.1	4.7	0.6	3.8	0.7	1.9	0.3	1.9	0.3
	Гл-Ал	ОК4-1-4.5П	43.5	82.9	9.7	36.7	6.2	1.3	5.5	0.7	4.1	0.8	2.1	0.3	2.0	0.3
	Гл-Ал	ОК4-1-3П	40.9	79.4	9.6	34.4	6.0	1.2	5.0	0.7	4.1	0.8	2.0	0.3	1.8	0.3
	Гл-Ал	ОК4-1-П	40.0	77.5	9.0	33.6	5.7	1.2	5.0	0.7	3.7	0.8	2.2	0.3	2.0	0.3
	Ал-Гл	А9-10-8П	41.6	80.2	9.1	34.1	5.7	1.2	5.2	0.7	4.2	0.8	2.3	0.3	2.0	0.3
	Гл	А9-10-5П	41.1	79.5	9.2	33.3	5.9	1.3	4.8	0.7	3.8	0.8	2.1	0.3	2.0	0.3
	Гл	А9-10-2.5П	44.5	89.7	10.0	38.7	6.7	1.5	6.2	0.9	4.8	1.0	2.8	0.4	2.3	0.3
	Гл	ОК1-8-1.5п	41.9	83.4	9.6	36.5	6.3	1.5	5.4	0.8	4.7	0.9	2.6	0.4	2.4	0.4
	Гл	А7-25-1.8П	41.0	82.0	9.3	34.0	6.2	1.3	5.4	0.8	4.6	0.9	2.5	0.4	2.3	0.3
	Гл	А7-25-0.3П	36.1	79.3	9.4	35.5	7.2	1.6	6.4	0.9	5.2	1.0	2.8	0.4	2.8	0.4
	Гл	А9-10-0.5П	48.4	121.1	11.9	46.3	9.4	2.1	8.1	1.2	6.4	1.2	3.4	0.5	2.9	0.4
	Гл	А7-24-0.6П	33.2	81.5	8.8	32.9	6.7	1.6	6.1	0.9	5.0	1.0	2.6	0.4	2.6	0.4
	Гл	ОК1-7-К	62.8	167.4	16.5	65.2	12.7	2.9	11.1	1.6	9.0	1.6	4.2	0.6	3.7	0.5
	Глаук	ОК1-6-0.3П	56.9	113.3	13.9	54.6	10.0	2.5	8.4	1.2	6.5	1.1	3.1	0.4	2.8	0.4
	Глаук	А9-8-К	49.7	101.1	11.7	44.4	8.6	1.9	7.1	1.0	5.4	1.0	2.7	0.4	2.3	0.4
	Глаук	А7-22-0.1П	46.4	93.7	10.6	40.7	7.9	1.9	7.5	1.2	6.5	1.2	3.3	0.5	3.2	0.5
Глаук	ОК2-6-П	66.0	139.7	16.0	61.6	11.2	2.4	9.5	1.3	7.1	1.3	3.4	0.5	2.9	0.4	
содимыхайнская	Ал	ОК1-5-П	21.7	43.3	4.9	17.5	2.9	0.7	2.7	0.4	2.3	0.5	1.6	0.3	1.7	0.3
	Ал-Пс	ОК1-3-П	26.9	53.7	5.5	21.0	3.7	1.0	3.4	0.5	3.0	0.6	1.8	0.3	1.9	0.3
	Пс	ОК2-5-0.3П	26.1	54.1	6.1	23.2	4.1	1.0	3.5	0.5	3.1	0.6	1.9	0.3	2.3	0.4
	Пс	ОК2-4-К	20.0	40.9	4.5	17.0	2.9	0.7	2.5	0.4	2.1	0.4	1.4	0.2	1.7	0.3
	Пс	ОК2-4-0.7П	21.6	44.2	4.9	18.4	3.5	0.8	2.9	0.4	2.5	0.5	1.6	0.3	1.6	0.3
	Пс	ОК2-3-3П	21.4	44.0	4.7	18.4	3.3	0.8	2.6	0.4	2.5	0.5	1.4	0.2	1.5	0.2
	Ал-Пс	ОК2-3-1.5П	19.6	40.2	4.4	16.9	3.6	0.8	3.0	0.4	2.5	0.6	1.7	0.3	1.8	0.3
	Ал-Пс	ОК2-3-0.9П	18.4	38.2	4.2	16.5	3.1	0.8	2.6	0.4	2.1	0.4	1.4	0.2	1.6	0.2
	Ал-Пс	ОК2-3-П	21.8	43.4	5.1	19.5	3.7	0.7	3.4	0.5	3.3	0.7	2.1	0.4	2.4	0.4
	Пс	А9-7-К	31.2	65.4	7.2	27.2	5.3	1.2	5.0	0.7	4.2	0.9	2.4	0.4	2.3	0.4
	Пс	А9-7-4П	23.0	48.0	5.5	21.0	3.8	0.9	3.7	0.5	3.1	0.7	1.9	0.3	1.8	0.3
	Пс	А9-7П	22.7	49.3	5.6	21.6	4.3	1.0	3.7	0.6	3.6	0.7	2.1	0.3	2.0	0.3
	Ал-Пс	А7-21-0.3П	28.8	62.8	7.1	25.6	5.2	1.1	4.4	0.6	3.5	0.7	1.9	0.3	1.9	0.3
	Fe-истая	А7-20-К	24.9	56.9	6.3	23.0	4.0	0.9	3.4	0.5	2.9	0.6	1.6	0.3	1.6	0.2
	Fe-истая (Из)	А7-20-0.1П	174.3	326.7	42.1	181.1	45.7	12.0	61.0	10.4	67.2	14.3	42.0	6.2	38.0	5.7
	Fe-истая	А9-6-0.3П	33.2	73.0	8.3	32.5	6.3	1.5	5.7	0.9	5.2	1.0	2.9	0.4	2.6	0.4
	Fe-истая	А9-6-П	60.0	135.6	15.3	58.8	12.0	2.6	10.9	1.7	9.6	1.9	5.0	0.7	4.5	0.7
	Ал	ОК2-2-0.3П	31.9	62.8	7.0	26.6	4.6	0.9	4.0	0.6	3.3	0.7	2.1	0.3	2.3	0.3
	Ал	А9-5-0.5П	38.6	94.9	11.4	47.3	9.4	2.3	9.4	1.5	8.7	1.6	4.3	0.6	3.9	0.6
Ал-Пс	А7-18-К	31.3	66.3	7.5	28.1	5.5	1.1	4.8	0.7	3.8	0.8	2.3	0.4	2.3	0.4	
юрюнгтумусская	Пс	ОК1-1-0.5П	23.6	43.4	4.6	16.7	2.6	0.7	2.3	0.4	2.1	0.4	1.4	0.2	1.4	0.2
	Пс	ОК2-16-К	36.6	72.7	7.8	28.3	5.0	0.9	4.3	0.5	3.1	0.6	1.9	0.3	1.9	0.3
	Пс	ОК2-1а-0.5П	28.7	52.0	5.6	20.7	3.4	0.8	2.8	0.4	2.4	0.5	1.5	0.2	1.6	0.2
	Пс	А7-16-К	27.1	52.5	6.1	22.0	3.7	0.9	3.3	0.5	2.7	0.6	1.6	0.2	1.5	0.2
	Пс	А7-16-3П	42.0	79.2	9.3	34.2	6.0	1.1	5.1	0.8	4.5	0.9	2.5	0.4	2.6	0.4
	Ал-Пс	А7-16-1П	40.6	79.5	9.4	34.1	5.6	1.1	5.2	0.7	4.0	0.8	2.3	0.3	2.2	0.3
	Из	А7-15-0.2П	21.6	42.5	5.0	18.1	3.2	0.6	3.1	0.5	2.6	0.5	1.5	0.2	1.4	0.2

Примечание. Типы пород см. табл. 1.

зученных образцах.

Eu/Eu*
0.65
0.70
0.66
0.67
0.68
0.77
0.71
0.78
0.68
0.71
0.73
0.75
0.75
0.83
0.75
0.74
0.71
0.75
0.83
0.76
0.75
0.81
0.81
0.78
0.87
0.64
0.68
0.75
0.75
0.72
0.73
0.69
0.77
0.71
0.63
0.74
0.63
0.91
0.59
0.77
0.76
0.61
0.62
0.58

**Табл. 1. Содержания основных породообразующих оксидов (%) и значения петрохимических модулей в изученных образцах.**

Свита	Тип породы	Образец	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (общ)	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI	ГМ	ФМ	ЖМ	ТМ	НКМ	ЦМ
буолкалахская	Гл-Ал	ОК4-1-К	58.85	0.80	16.63	6.91	0.07	2.62	2.49	3.27	3.08	0.22	0.18	3.80	0.41	0.16	0.40	0.05	0.38	1.06
	Гл-Ал	ОК4-1-4.5П	58.88	0.83	16.79	7.11	0.06	2.72	2.30	3.31	3.11	0.22	0.14	3.72	0.42	0.17	0.41	0.05	0.38	1.07
	Гл-Ал	ОК4-1-3П	58.83	0.80	16.63	6.98	0.06	2.58	2.26	3.15	3.16	0.24	0.09	4.27	0.42	0.16	0.40	0.05	0.38	1.00
	Гл-Ал	ОК4-1-П	58.59	0.81	16.87	6.84	0.07	2.56	2.62	3.14	3.27	0.23	0.14	4.25	0.42	0.16	0.39	0.05	0.38	0.96
	Ал-Гл	А9-10-8П	57.60	0.83	16.98	7.31	0.06	2.75	2.02	3.01	3.25	0.23	0.14	4.89	0.44	0.18	0.41	0.05	0.37	0.93
	Гл	А9-10-5П	57.70	0.80	17.65	7.20	0.06	2.63	1.92	3.33	3.73	0.25	0.09	3.79	0.45	0.17	0.39	0.05	0.40	0.89
	Гл	А9-10-2.5П	56.01	0.82	18.06	8.11	0.06	2.72	1.40	2.79	3.60	0.21	0.10	5.08	0.48	0.19	0.43	0.05	0.35	0.78
	Гл	ОК1-8-1.5п	54.81	0.90	18.19	9.11	0.05	2.84	1.55	2.33	3.47	0.18	0.30	6.11	0.52	0.22	0.48	0.05	0.32	0.67
	Гл	А7-25-1.8П	56.59	0.81	17.53	7.96	0.05	2.80	1.90	2.82	3.54	0.23	0.20	4.61	0.47	0.19	0.44	0.05	0.36	0.80
	Гл	А7-25-0.3П	50.28	0.98	16.95	14.91	0.06	3.00	1.22	1.83	3.18	0.20	0.08	6.37	0.65	0.36	0.83	0.06	0.30	0.58
	Гл	А9-10-0.5П	47.71	1.33	16.90	16.94	0.04	3.18	0.94	0.96	2.78	0.18	0.20	8.56	0.74	0.42	0.93	0.08	0.22	0.34
	Гл	А7-24-0.6П	45.59	1.59	16.43	19.27	0.04	3.32	1.34	0.56	2.26	0.23	0.31	8.73	0.82	0.50	1.07	0.10	0.17	0.25
	Гл	ОК1-7-К	45.47	0.99	16.14	18.35	0.04	2.75	1.04	1.00	3.18	0.23	0.52	9.78	0.78	0.47	1.07	0.06	0.26	0.31
	Глаук	ОК1-6-0.3П	45.88	0.93	12.83	21.18	0.04	2.55	2.19	0.92	4.11	0.81	0.66	7.77	0.76	0.52	1.54	0.07	0.39	0.22
	Глаук	А9-8-К	44.89	1.11	13.57	22.37	0.06	3.12	1.46	0.59	3.85	0.37	0.15	8.07	0.83	0.57	1.53	0.08	0.33	0.15
Глаук	А7-22-0.1П	46.89	1.10	13.54	16.88	0.04	2.21	4.06	1.20	3.05	1.96	0.33	7.75	0.67	0.41	1.16	0.08	0.31	0.39	

	Глаук	ОК2-6-П	47.94	1.24	14.10	18.79	0.04	2.62	1.27	0.84	3.66	0.33	0.56	7.93	0.71	0.45	1.23	0.09	0.32	0.23
социемьхайнская	Ал	ОК1-5-П	57.87	1.29	12.34	7.81	0.03	0.61	1.36	2.20	2.67	0.09	0.56	12.41	0.37	0.15	0.58	0.10	0.39	0.82
	Ал-Пс	ОК1-3-П	65.37	1.23	14.77	4.27	0.04	0.68	1.80	2.80	2.97	0.10	0.26	5.07	0.31	0.08	0.27	0.08	0.39	0.94
	Пс	ОК2-5-0.3П	61.83	1.88	12.56	8.63	0.05	0.70	1.23	2.45	2.49	0.11	0.23	7.27	0.37	0.15	0.60	0.15	0.39	0.99
	Пс	ОК2-4-К	60.77	1.23	12.04	8.98	0.04	0.63	1.04	2.11	2.49	0.11	0.30	10.17	0.37	0.16	0.68	0.10	0.38	0.84
	Пс	ОК2-4-0.7П	61.79	1.22	13.78	6.58	0.04	0.61	1.25	2.84	2.66	0.11	0.31	8.65	0.35	0.12	0.44	0.09	0.40	1.07
	Пс	ОК2-3-3П	63.48	0.88	14.69	6.13	0.03	0.71	1.22	2.88	2.90	0.11	0.18	5.88	0.34	0.11	0.40	0.06	0.39	0.99
	Ал-Пс	ОК2-3-1.5П	62.23	1.20	15.61	7.60	0.04	0.89	1.13	2.47	2.87	0.11	0.16	5.69	0.39	0.14	0.45	0.08	0.34	0.86
	Ал-Пс	ОК2-3-0.9П	63.14	1.19	15.39	6.63	0.03	0.88	1.29	2.53	2.91	0.11	0.16	5.34	0.37	0.12	0.40	0.08	0.35	0.87
	Ал-Пс	ОК2-3-П	63.39	0.72	14.68	5.33	0.04	1.09	1.09	2.76	3.29	0.11	0.28	6.57	0.33	0.10	0.35	0.05	0.41	0.84
	Пс	А9-7-К	67.30	1.29	13.33	6.72	0.04	0.99	1.24	2.29	2.59	0.15	0.07	3.61	0.32	0.12	0.46	0.10	0.37	0.88
	Пс	А9-7-4П	62.94	1.16	15.39	7.31	0.04	1.04	1.30	2.72	2.84	0.12	0.10	4.07	0.38	0.13	0.44	0.08	0.36	0.96
	Пс	А9-7П	62.74	0.95	15.30	7.38	0.03	1.27	1.44	2.49	2.82	0.11	0.15	5.10	0.38	0.14	0.46	0.06	0.35	0.89
	Ал-Пс	А7-21-0.3П	64.08	1.17	13.84	8.29	0.04	1.33	1.18	1.82	2.45	0.08	0.10	4.58	0.36	0.15	0.56	0.08	0.31	0.74
	Fe-истая	А7-20-К	62.74	1.00	13.92	9.63	0.04	1.41	1.09	1.97	2.52	0.08	0.10	4.54	0.39	0.18	0.65	0.07	0.32	0.78
	Fe-истая (Из)	А7-20-0.1П	17.07	0.42	5.57	5.49	0.06	0.94	34.82	1.32	0.78	19.12	2.04	8.26	0.68	0.38	0.93	0.08	0.38	1.68
	Fe-истая	А9-6-0.3П	56.76	1.20	14.86	13.92	0.06	2.02	1.06	1.82	2.27	0.11	0.12	5.53	0.53	0.28	0.87	0.08	0.28	0.80
	Fe-истая	А9-6-П	52.60	1.36	14.59	17.77	0.06	2.11	1.27	1.74	2.02	0.20	0.14	6.00	0.64	0.38	1.12	0.09	0.26	0.86
Ал	ОК2-2-0.3П	63.88	0.76	15.02	5.11	0.04	1.18	1.44	2.52	3.43	0.16	0.31	5.91	0.33	0.10	0.33	0.05	0.40	0.7	

																				4
	Ал	А9-5-0.5П	53.46	0.62	14.16	8.56	0.07	1.29	4.44	2.33	2.68	2.26	0.25	9.55	0.44	0.19	0.58	0.04	0.35	0.87
	Ал-Пс	А7-18-К	55.41	0.70	13.24	7.88	0.04	1.15	2.21	2.39	3.01	0.73	0.52	11.85	0.39	0.16	0.57	0.05	0.41	0.80
юрюнгтумусская	Пс	ОК1-1-0.5П	71.09	0.40	13.11	2.86	0.03	0.31	1.49	3.19	3.76	0.05	0.25	3.24	0.23	0.05	0.21	0.03	0.53	0.85
	Пс	ОК2-16-К	70.21	0.62	12.08	3.86	0.05	0.32	1.42	2.96	3.36	0.11	0.19	4.16	0.24	0.06	0.31	0.05	0.52	0.88
	Пс	ОК2-1а-0.5П	68.46	0.53	12.91	4.38	0.03	0.41	1.13	2.93	3.36	0.09	0.16	4.56	0.26	0.07	0.33	0.04	0.49	0.87
	Пс	А7-16-К	61.05	0.46	13.19	5.47	0.05	0.79	2.29	3.19	3.60	0.14	0.45	8.27	0.31	0.10	0.40	0.04	0.51	0.88
	Пс	А7-16-3П	60.41	0.68	14.65	5.21	0.09	1.47	1.93	2.91	3.93	0.22	0.45	7.03	0.34	0.11	0.35	0.05	0.47	0.74
	Ал-Пс	А7-16-1П	63.02	0.66	15.02	5.61	0.08	1.54	2.21	3.26	3.61	0.21	0.34	3.84	0.34	0.11	0.36	0.04	0.46	0.90
	Из	А7-15-0.2П	24.28	0.30	6.48	2.86	0.10	1.74	31.25	1.37	1.29	0.19	4.54	24.51	0.40	0.19	0.44	0.05	0.41	1.07

Примечание. Используемая в работе маркировка образцов включает в себя номер разреза, номер слоя, расстояние от подошвы (П) или кровли (К) слоя в метрах. Типы пород: Ал – алевритовая, Ал-Гл – алеврито-глинистая, Ал-Пс – алеврито-песчаная, Гл – глинистая, Гл-Ал – глинисто-алевритовая, Глаук – глауконитовая, Из – известковая, Fe-истая – обогащенная минералами Fe. Петрохимические модули: ГМ – гидролизатный  $((Al_2O_3+TiO_2+Fe_2O_{3общ}+MnO)/SiO_2)$ , ФМ – фемический  $((Fe_2O_{3общ}+MnO+MgO)/(SiO_2))$ , ЖМ – железный  $((Fe_2O_{3общ}+MnO)/(TiO_2+Al_2O_3))$ , ТМ – титановый  $(TiO_2/Al_2O_3)$ , НКМ – нормированной щелочности  $((Na_2O+K_2O)/Al_2O_3)$ , ЩМ – щелочной  $(Na_2O/K_2O)$ .

Табл. 2. Содержания редких и рассеянных элементов (без РЗЭ) в изученных образцах; г/т.

Свита	Тип породы	Образец	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Hf	Ta	Th	U
булкалахская	Гл-Ал	ОК4-1-К	14.5	101.5	83.1	13.6	36.8	30.9	84.7	117.3	555.3	21.5	173.9	16.2	3.7	969.8	4.3	1.0	13.6	2.3
	Гл-Ал	ОК4-1-4.5П	13.5	98.5	81.1	18.1	76.4	38.5	91.6	91.0	526.4	22.5	200.5	16.1	1.6	930.0	4.6	0.9	13.8	2.1
	Гл-Ал	ОК4-1-3П	13.5	98.9	74.1	15.3	35.1	31.5	82.8	87.5	557.4	22.3	177.4	16.5	1.2	937.7	4.2	1.0	13.3	2.2
	Гл-Ал	ОК4-1-П	15.4	102.5	84.3	16.6	40.2	40.7	87.3	116.3	490.2	22.3	168.1	16.0	2.7	920.5	4.0	0.9	14.3	2.2
	Ал-Гл	А9-10-8П	13.5	106.0	79.2	16.8	47.0	29.5	81.0	96.3	442.3	22.4	177.7	17.4	1.9	845.9	4.4	1.0	13.6	2.5
	Гл	А9-10-5П	12.3	107.8	75.0	15.2	39.5	31.2	95.8	109.0	451.4	22.8	131.4	15.8	1.7	965.2	3.3	0.9	14.5	2.2
	Гл	А9-10-2.5П	15.5	144.8	90.9	25.5	72.9	34.4	113.1	108.5	369.2	27.4	127.6	14.6	2.5	898.6	3.1	0.8	15.0	2.4
	Гл	ОК1-8-1.5п	16.1	153.6	96.9	18.5	58.7	44.2	145.7	100.7	504.3	22.7	138.1	15.4	2.7	864.0	3.7	1.0	16.6	2.8
	Гл	А7-25-1.8П	14.9	132.1	90.9	19.1	47.2	34.0	104.7	106.7	441.1	27.0	141.7	14.9	2.1	893.8	3.4	0.8	14.2	2.0
	Гл	А7-25-0.3П	29.4	407.0	295.0	54.8	128.4	40.7	224.9	109.2	522.4	29.1	150.5	17.0	2.6	689.7	3.7	0.9	17.1	4.1
	Гл	А9-10-0.5П	34.9	390.1	346.1	49.2	128.4	45.2	331.9	124.2	491.7	31.4	175.1	21.1	4.2	306.5	4.4	1.0	8.9	8.2
	Гл	А7-24-0.6П	38.7	454.6	478.6	70.3	125.5	41.5	309.7	90.7	604.0	26.7	201.4	25.3	2.1	329.0	4.9	1.1	10.5	7.7
	Гл	ОК1-7-К	34.0	337.1	475.2	29.5	58.6	40.4	225.1	152.7	634.4	34.3	165.1	17.1	6.1	471.4	4.7	0.8	14.6	16.9
	Глаук	ОК1-6-0.3П	22.6	345.0	537.0	69.1	140.8	33.0	375.6	144.3	695.0	28.2	171.3	23.6	2.5	470.0	4.9	0.8	9.8	6.3
	Глаук	А9-8-К	29.6	443.7	666.7	62.3	147.3	23.3	358.4	175.4	522.1	28.9	176.3	27.3	5.6	337.2	4.6	0.9	9.9	5.6
	Глаук	А7-22-0.1П	25.8	383.9	428.6	100.3	220.1	25.7	506.5	129.2	683.7	37.2	210.3	25.8	4.2	456.4	5.2	1.1	11.0	11.7
Глаук	ОК2-6-П	29.	398.0	564.5	66.1	115.0	49.	849.9	157.8	652.3	27.9	254.8	27.	6.1	415.3	7.2	1.0	12.3	16.3	

содиемыхайнская			7					3						3						
	Ал	ОК1-5-П	10. 3	172.5	137.5	10.8	54.9	18. 7	37.2	48.3	515.7	12.9	289.1	18. 2	0.7	2058.3	7.2	1.2	7.6	1.9
	Ал-Пс	ОК1-3-П	12. 5	145.9	110.8	6.2	32.0	18. 1	39.7	62.4	440.2	15.3	261.2	12. 3	1.4	2011.4	6.4	0.9	6.5	1.7
	Пс	ОК2-5-0.3П	10. 4	190.5	151.6	9.9	19.9	13. 9	44.9	55.1	386.3	16.5	475.7	17. 7	1.3	573.0	12. 0	1.2	8.2	2.2
	Пс	ОК2-4-К	9.3	165.7	157.0	7.8	34.5	15. 3	37.0	54.3	239.8	12.1	274.7	15. 2	1.5	545.8	7.1	1.1	6.5	1.6
	Пс	ОК2-4-0.7П	9.4	136.0	119.4	6.4	28.5	20. 7	32.1	53.2	321.3	13.2	265.7	13. 3	1.6	625.3	6.6	0.9	5.8	1.6
	Пс	ОК2-3-3П	10. 2	146.4	118.0	7.9	30.0	19. 7	37.5	53.5	359.6	12.6	169.7	9.7	1.1	663.3	4.4	0.7	5.5	1.3
	Ал-Пс	ОК2-3-1.5П	12. 0	152.1	125.7	9.5	25.5	51. 3	43.1	59.7	278.5	14.3	196.9	10. 0	1.5	625.7	5.0	0.7	6.0	1.4
	Ал-Пс	ОК2-3-0.9П	11.7	149.5	127.3	7.9	26.3	17. 3	31.5	58.0	346.6	12.2	180.6	10. 1	1.1	673.1	4.8	0.7	6.5	1.4
	Ал-Пс	ОК2-3-П	9.4	103.9	68.3	7.1	33.2	18. 2	39.4	81.8	367.3	18.9	332.8	11.8	3.6	565.4	8.8	0.9	6.1	2.3
	Пс	А9-7-К	18. 9	197.9	200.8	15.5	46.5	14. 8	70.4	58.3	323.2	23.9	304.0	16. 2	1.1	557.8	7.0	1.0	7.8	1.8
	Пс	А9-7-4П	19. 7	165.5	141.8	14.5	59.7	18. 6	62.8	54.9	359.8	20.4	225.0	10. 1	0.7	615.5	5.2	0.6	5.3	1.5
	Пс	А9-7П	18. 3	159.3	148.3	20.9	61.5	16. 3	73.5	56.3	377.0	20.4	164.7	10. 6	0.9	677.1	4.0	0.7	5.7	1.5
	Ал-Пс	А7-21-0.3П	22. 9	349.9	368.9	54.2	145.4	17. 2	174.5	62.1	385.1	17.5	322.8	19. 8	1.5	601.2	7.6	1.1	11.3	4.5
	Fe-истая	А7-20-К	21. 6	365.2	439.1	67.2	177.0	19. 9	275.0	61.0	301.5	13.9	233.2	16. 2	1.5	559.1	5.3	0.8	7.8	1.9
	Fe-истая (Из)	А7-20-0.1П	62. 8	201.4	150.0	7.2	27.1	10. 6	77.9	23.0	2751.9	531.0	179.3	10. 5	1.0	588.8	3.2	0.4	7.5	26.0
	Fe-истая	А9-6-0.3П	31. 0	362.3	442.9	34.9	99.9	25. 1	172.0	49.6	321.3	26.6	223.8	19. 4	0.9	529.6	5.3	1.1	9.7	1.6
	Fe-истая	А9-6-П	37. 6	526.7	703.1	34.4	104.3	18. 4	175.4	42.5	382.3	46.5	300.5	29. 2	0.7	543.2	7.3	1.3	16.0	1.7
Ал	ОК2-2-0.3П	10. 5	106.1	74.1	6.7	19.6	14. 3	41.8	70.0	320.0	18.5	298.9	12. 5	2.1	548.4	7.7	0.9	9.6	2.4	

	Ал	А9-5-0.5П	13.6	95.2	88.7	18.6	54.4	19.1	98.5	66.3	665.6	43.0	261.0	9.8	2.1	481.6	5.9	0.7	8.8	1.9
	Ал-Пс	А7-18-К	12.4	135.6	96.2	14.9	52.2	14.0	79.7	77.0	333.3	21.0	305.1	12.4	3.0	501.5	6.9	0.8	8.4	2.3
юрюнгтумуская	Пс	ОК1-1-0.5П	5.5	51.3	70.6	2.3	12.5	14.4	13.7	101.7	351.1	11.5	143.0	10.9	2.1	778.9	3.6	0.7	5.2	1.3
	Пс	ОК2-16-К	4.9	38.8	101.0	3.5	18.4	18.3	30.2	73.8	348.4	16.6	304.0	18.6	0.8	720.7	7.2	1.2	9.2	1.6
	Пс	ОК2-1а-0.5П	7.0	64.2	89.6	2.7	17.2	21.0	23.1	75.6	441.3	13.7	222.8	13.8	1.2	701.9	5.6	0.9	6.7	1.6
	Пс	А7-16-К	5.3	39.3	51.4	6.8	16.6	12.8	36.3	74.3	340.0	16.4	245.8	10.3	0.6	715.7	5.8	0.7	7.9	1.8
	Пс	А7-16-3П	11.4	71.8	58.0	9.8	25.0	20.3	72.4	104.9	374.1	26.7	276.7	15.3	2.4	702.9	6.7	1.0	15.8	3.2
	Ал-Пс	А7-16-1П	10.0	63.8	50.0	11.9	42.7	20.0	72.2	100.0	427.2	24.0	262.5	14.7	1.7	754.4	6.3	0.9	13.9	3.0
	Из	А7-15-0.2П	4.9	31.4	20.0	8.0	23.3	13.1	42.3	38.4	507.0	16.0	111.0	6.9	0.7	881.5	2.5	0.4	7.6	2.6

Примечание. Типы пород см. табл. 1.

Табл. 3. Содержания редкоземельных элементов (г/т) и значения европиевой аномалий в изученных образцах.

Свита	Тип породы	Образец	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Eu/Eu*
буолкалахская	Гл-Ал	ОК4-1-К	39.9	76.6	8.8	32.4	5.7	1.1	4.7	0.6	3.8	0.7	1.9	0.3	1.9	0.3	0.65
	Гл-Ал	ОК4-1-4.5П	43.5	82.9	9.7	36.7	6.2	1.3	5.5	0.7	4.1	0.8	2.1	0.3	2.0	0.3	0.70
	Гл-Ал	ОК4-1-3П	40.9	79.4	9.6	34.4	6.0	1.2	5.0	0.7	4.1	0.8	2.0	0.3	1.8	0.3	0.66
	Гл-Ал	ОК4-1-П	40.0	77.5	9.0	33.6	5.7	1.2	5.0	0.7	3.7	0.8	2.2	0.3	2.0	0.3	0.67
	Ал-Гл	А9-10-8П	41.6	80.2	9.1	34.1	5.7	1.2	5.2	0.7	4.2	0.8	2.3	0.3	2.0	0.3	0.68
	Гл	А9-10-5П	41.1	79.5	9.2	33.3	5.9	1.3	4.8	0.7	3.8	0.8	2.1	0.3	2.0	0.3	0.77
	Гл	А9-10-2.5П	44.5	89.7	10.0	38.7	6.7	1.5	6.2	0.9	4.8	1.0	2.8	0.4	2.3	0.3	0.71
	Гл	ОК1-8-1.5п	41.9	83.4	9.6	36.5	6.3	1.5	5.4	0.8	4.7	0.9	2.6	0.4	2.4	0.4	0.78
	Гл	А7-25-1.8П	41.0	82.0	9.3	34.0	6.2	1.3	5.4	0.8	4.6	0.9	2.5	0.4	2.3	0.3	0.68
	Гл	А7-25-0.3П	36.1	79.3	9.4	35.5	7.2	1.6	6.4	0.9	5.2	1.0	2.8	0.4	2.8	0.4	0.71
	Гл	А9-10-0.5П	48.4	121.1	11.9	46.3	9.4	2.1	8.1	1.2	6.4	1.2	3.4	0.5	2.9	0.4	0.73
	Гл	А7-24-0.6П	33.2	81.5	8.8	32.9	6.7	1.6	6.1	0.9	5.0	1.0	2.6	0.4	2.6	0.4	0.75
	Гл	ОК1-7-К	62.8	167.4	16.5	65.2	12.7	2.9	11.1	1.6	9.0	1.6	4.2	0.6	3.7	0.5	0.75
	Глаук	ОК1-6-0.3П	56.9	113.3	13.9	54.6	10.0	2.5	8.4	1.2	6.5	1.1	3.1	0.4	2.8	0.4	0.83
	Глаук	А9-8-К	49.7	101.1	11.7	44.4	8.6	1.9	7.1	1.0	5.4	1.0	2.7	0.4	2.3	0.4	0.75
	Глаук	А7-22-0.1П	46.4	93.7	10.6	40.7	7.9	1.9	7.5	1.2	6.5	1.2	3.3	0.5	3.2	0.5	0.74
Глаук	ОК2-6-П	66.0	139.7	16.0	61.6	11.2	2.4	9.5	1.3	7.1	1.3	3.4	0.5	2.9	0.4	0.71	
содиемыхайнская	Ал	ОК1-5-П	21.7	43.3	4.9	17.5	2.9	0.7	2.7	0.4	2.3	0.5	1.6	0.3	1.7	0.3	0.75
	Ал-Пс	ОК1-3-П	26.9	53.7	5.5	21.0	3.7	1.0	3.4	0.5	3.0	0.6	1.8	0.3	1.9	0.3	0.83
	Пс	ОК2-5-0.3П	26.1	54.1	6.1	23.2	4.1	1.0	3.5	0.5	3.1	0.6	1.9	0.3	2.3	0.4	0.76
	Пс	ОК2-4-К	20.0	40.9	4.5	17.0	2.9	0.7	2.5	0.4	2.1	0.4	1.4	0.2	1.7	0.3	0.75
	Пс	ОК2-4-0.7П	21.6	44.2	4.9	18.4	3.5	0.8	2.9	0.4	2.5	0.5	1.6	0.3	1.6	0.3	0.81
	Пс	ОК2-3-3П	21.4	44.0	4.7	18.4	3.3	0.8	2.6	0.4	2.5	0.5	1.4	0.2	1.5	0.2	0.81
	Ал-Пс	ОК2-3-1.5П	19.6	40.2	4.4	16.9	3.6	0.8	3.0	0.4	2.5	0.6	1.7	0.3	1.8	0.3	0.78
	Ал-Пс	ОК2-3-0.9П	18.4	38.2	4.2	16.5	3.1	0.8	2.6	0.4	2.1	0.4	1.4	0.2	1.6	0.2	0.87
	Ал-Пс	ОК2-3-П	21.8	43.4	5.1	19.5	3.7	0.7	3.4	0.5	3.3	0.7	2.1	0.4	2.4	0.4	0.64

Юрлингтумусская	Пс	А9-7-К	31.2	65.4	7.2	27.2	5.3	1.2	5.0	0.7	4.2	0.9	2.4	0.4	2.3	0.4	0.68
	Пс	А9-7-4П	23.0	48.0	5.5	21.0	3.8	0.9	3.7	0.5	3.1	0.7	1.9	0.3	1.8	0.3	0.75
	Пс	А9-7П	22.7	49.3	5.6	21.6	4.3	1.0	3.7	0.6	3.6	0.7	2.1	0.3	2.0	0.3	0.75
	Ал-Пс	А7-21-0.3П	28.8	62.8	7.1	25.6	5.2	1.1	4.4	0.6	3.5	0.7	1.9	0.3	1.9	0.3	0.72
	Fe-истая	А7-20-К	24.9	56.9	6.3	23.0	4.0	0.9	3.4	0.5	2.9	0.6	1.6	0.3	1.6	0.2	0.73
	Fe-истая (Из)	А7-20-0.1П	174. 3	326. 7	42. 1	181. 1	45. 7	12. 0	61. 0	10. 4	67. 2	14. 3	42. 0	6.2	38. 0	5.7	0.69
	Fe-истая	А9-6-0.3П	33.2	73.0	8.3	32.5	6.3	1.5	5.7	0.9	5.2	1.0	2.9	0.4	2.6	0.4	0.77
	Fe-истая	А9-6-П	60.0	135. 6	15. 3	58.8	12. 0	2.6	10. 9	1.7	9.6	1.9	5.0	0.7	4.5	0.7	0.71
	Ал	ОК2-2-0.3П	31.9	62.8	7.0	26.6	4.6	0.9	4.0	0.6	3.3	0.7	2.1	0.3	2.3	0.3	0.63
	Ал	А9-5-0.5П	38.6	94.9	11.4	47.3	9.4	2.3	9.4	1.5	8.7	1.6	4.3	0.6	3.9	0.6	0.74
	Ал-Пс	А7-18-К	31.3	66.3	7.5	28.1	5.5	1.1	4.8	0.7	3.8	0.8	2.3	0.4	2.3	0.4	0.63
	Пс	ОК1-1-0.5П	23.6	43.4	4.6	16.7	2.6	0.7	2.3	0.4	2.1	0.4	1.4	0.2	1.4	0.2	0.91
	Пс	ОК2-16-К	36.6	72.7	7.8	28.3	5.0	0.9	4.3	0.5	3.1	0.6	1.9	0.3	1.9	0.3	0.59
	Пс	ОК2-1а-0.5П	28.7	52.0	5.6	20.7	3.4	0.8	2.8	0.4	2.4	0.5	1.5	0.2	1.6	0.2	0.77
	Пс	А7-16-К	27.1	52.5	6.1	22.0	3.7	0.9	3.3	0.5	2.7	0.6	1.6	0.2	1.5	0.2	0.76
	Пс	А7-16-3П	42.0	79.2	9.3	34.2	6.0	1.1	5.1	0.8	4.5	0.9	2.5	0.4	2.6	0.4	0.61
	Ал-Пс	А7-16-1П	40.6	79.5	9.4	34.1	5.6	1.1	5.2	0.7	4.0	0.8	2.3	0.3	2.2	0.3	0.62
	Из	А7-15-0.2П	21.6	42.5	5.0	18.1	3.2	0.6	3.1	0.5	2.6	0.5	1.5	0.2	1.4	0.2	0.58

Примечание. Типы пород см. табл. 1.















