



Кимериджский и волжский ярусы верховья р. Хеты (юго-запад Енисей-Хатангского прогиба) – интерпретация обстановок осадконакопления

Стафеев А.Н.¹, Латышева И.В.^{1,2}, Рогов М.А.², Бычков А.Ю.¹, Косоруков В.Л.¹, Жиренко Д.О.¹

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, г. Москва; anstafeev@rambler.ru

² Геологический институт РАН, г. Москва

Исследования были проведены на основе фациального, минералогического и геохимического анализов коллекции образцов из разрезов верховья р. Хеты (**Рис. 1а**), отобранных и датированных М.А. Роговым. Кимеридж-рязанский разрез сложен здесь песками, рыхлыми песчаниками, алевритами сиговской и букатыйской свит (Рогов и др., 2017). Большинство образцов происходят из известковых стяжений.

В региональном палеогеографическом плане верховье Хеты располагается на стыке Хетского и Дудыпта-Пясинского сдвиговых бассейнов, протягивающихся вдоль южного борта Енисей-Хатангского прогиба (ЕХП) (**Рис. 2б, в**). Расположенные севернее этих бассейнов Рассохинское и Балахнинское валлообразные палеоподнятия отделяли сдвиговые бассейны от Южно-Таймырского аллювиально-озерного бассейна, заливаемого морем во время трансгрессий. Наличие врезов и фациальный рисунок территории ЕХП свидетельствуют о действовавшем морском течении из Арктического океана в направлении Западно-Сибирского бассейна. Эпизоды усиления и ослабления арктического стока могли быть синхронны фазам тектонической активизации в сдвиговой зоне (Стафеев и др., 2019).

Климат. По отношению суммы цериевых элементов ($\Sigma\text{P3}\Sigma\text{Ce}$) к иттриевым ($\Sigma\text{P3}\Sigma\text{Y}$) – косвенному климатическому индикатору областей источников сноса (Юдович, Кетрис, 2011), в кимеридж-рязанское время в верховьях р. Хеты климат был гумидным, но с эпизодами аридизации (**Рис. 2а**). Гумидный климат был характерен для северо-востока Сибирской платформы и Таймыра (Ясаманов, 1976). Моменты аридизации (обр.

4, 6, 9, 11) могут быть связаны как с изменениями климата, так и с уменьшением количества материала, поступавшего из гумидных областей. Изотопные данные, полученные по рострам белемнитов, свидетельствуют о потеплении в Сибири в течение всей поздней юры (Рогов и др., 2019). На диаграмме климатических «колебаний» максимальная аридизация (обр. 9) характерна для одного из пиков трансгрессии, когда в район верховья Хеты поступал только местный материал, который указывает на семигумидный / семиаридный климат.

Трансгрессии и регрессии. Хорошим индикатором регрессий являются содержания в породах кластофильных элементов, нормированных по талассократическому Mn: V/Mn, Cr/Mn, Zr/Mn (Trace elements..., 2000). По этому параметру обр. 14, 2, 1, 7, 11 можно отнести к формировавшимся во время регрессий (**Рис. 2б**). Для наглядности Mn, характерный для более глубоководных обстановок был помещен на график с литофильным Ti (**Рис. 2в**), тяготеющим к мелководным фациям (Юдович, Кетрис, 2011). Но в 15 обр. установлен минимум обоих элементов. Снизу вверх по разрезу, включая обр. 15 (низы верхнего кимериджа) наблюдается уменьшение содержания (часто на порядок) всех микроэлементов, особенно четко этот тренд прослеживается по редкоземельным элементам. Вероятно, это связано с ослаблением связей исследуемого участка с открытым морем в ходе компенсации осадками ЕХП. На прогрессирующую изоляцию, может также указывать опреснение, оно установлено (обр. 15) по отношению V/Rb (**Рис. 3**) (Walker, Price, 1963).

Для средней части разреза (верхний киме-

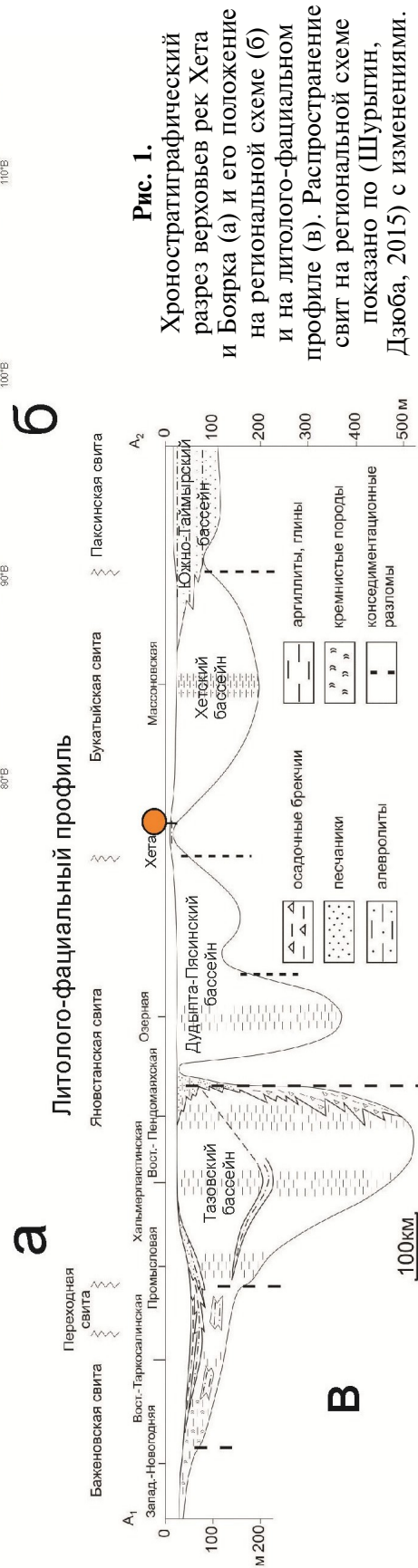
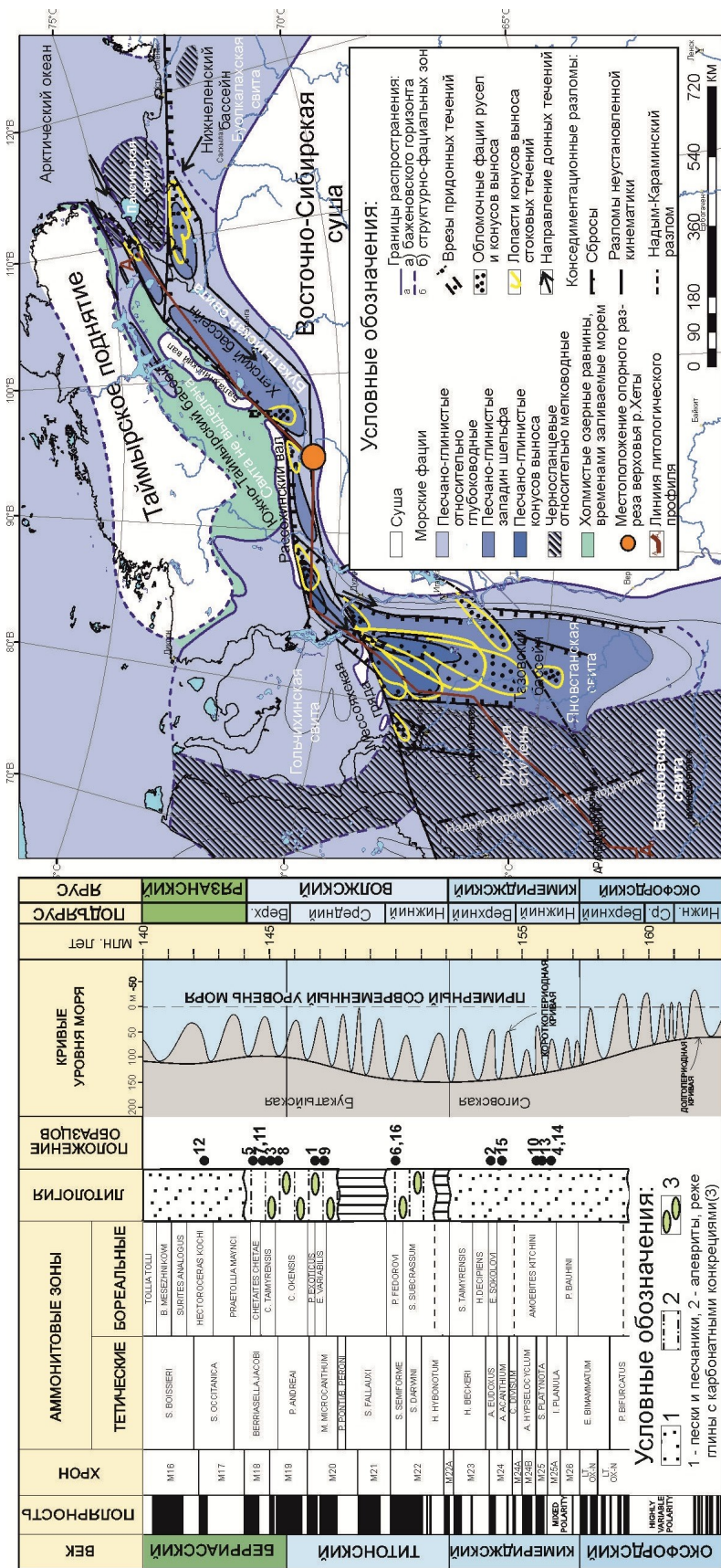


Рис. 1.
 Хроностратиграфический разрез верховьев рек Хета и Боярка (а) и его положение на региональной схеме (б) и на литолого-фациальном профиле (в). Распространение свит на региональной схеме показано по (Шурыгин, Дзюба, 2015) с изменениями.

ридж – средняя волга) характерны минимальные содержания КПШ и кварца (Рис. 2г). Отсутствие КПШ свидетельствует о высокой зрелости кор выветривания, а снижение содержания кварца – о выравнивании ближних источников сноса. Регрессия в середине позднего кимериджа (обр. 2) происходила в условиях тектонической перестройки с заложением системы сдвиговых бассейнов вдоль южной части ЕХП. По мере выравнивания локальных поднятий в присдвиговой зоне, количество обломочного материала снижалось. Регрессия в конце средней волги (обр. 1) происходила в спокойной тектонической обстановке, она сопровождалась действием вдольберегового поверхностного стока из Вилюйского бассейна в Западно-Сибирский.

Обеим ярким регрессиям отвечают высокие содержания гетита, шамозита и каолинита (Рис. 2д). Гетит и шамозит формировались за счет материала размыва базальтовых траппов. В регрессивных образцах наряду с каолинитом отмечается высокое содержание Sc (Рис. 2е). Известно, что мезозойские угли в Сибири богаты скандием (Арбузов, 2007), а каолинит часто встречается в подугольных пластах. Такое сочетание указывает на возможность поступления во время регрессий значительного количества глинистого материала из области Вилюйского аллювиально-озерного бассейна. Одинаковый рост содержания каолинита и скандия (обр. 1) с одновременным увеличением содержания кварца в позднекимериджскую регрессию указывают на влияние близкого источника сноса (Анабарский щит?). В средневожскую регрессию количество Sc резко возрастает, а каолинита – снижается, при одновременном исчезновении кварца. Это может свидетельствовать о выравнивании местных источников сноса и транспортировке материала из Вилюйского бассейна. Снижение содержания каолинита может быть связано с его частичной деградацией в щелочной среде на путях дальнего переноса. Для регрессивных эпизодов характерна также улучшенная аэрация, а максимум стагнации (обр. 3), которая устанавливается по повышенному содержанию марганца, приходится на трансгрессию (Рис. 2ж). Возможно, это связано с поднятием уровня термоклина во время трансгрессии. В трансгрессивных отложениях особенно много зерен свежих глауконитов (обр. 6, 9). Гладкая поверхность гранул, высокая степень зрелости, отсутствие трещин и обломков зерен отражают аутигенную природу глауконита.

Глубина. Определение глубин бассейна возможно по аутигенным минералам: гетиту (0–10 м в тропических морях), шамозиту

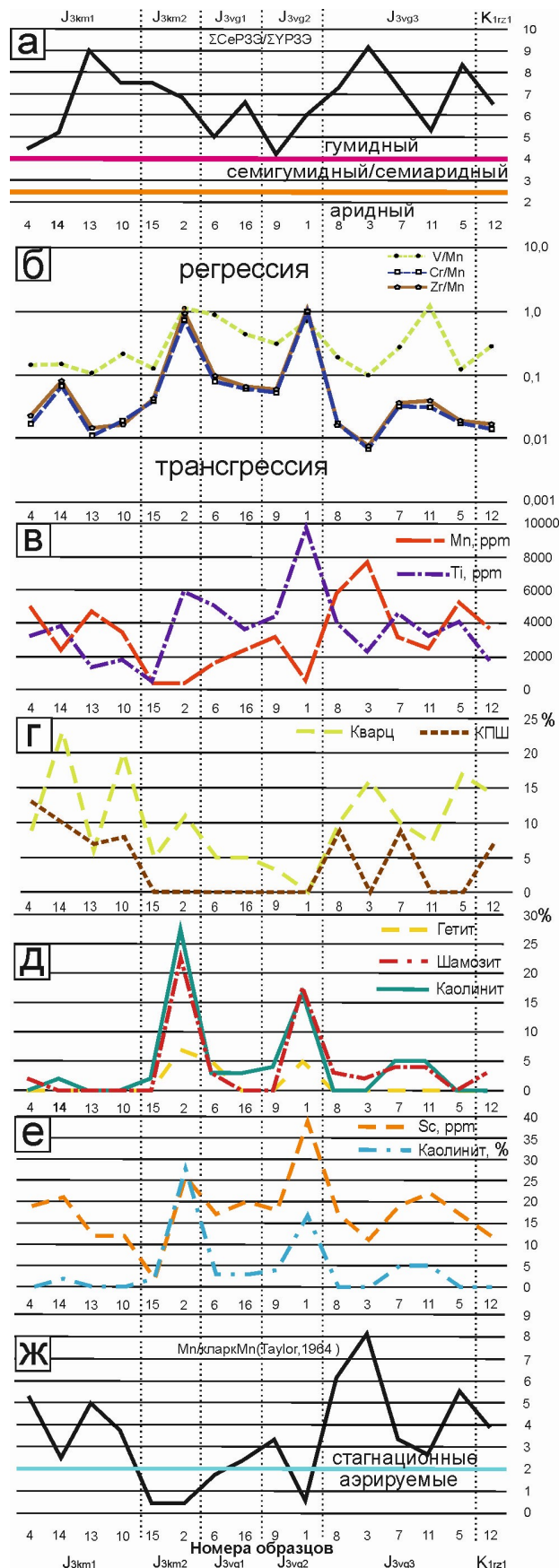


Рис. 2. Палеогеографические условия и обстановки осадконакопления по геохимическим и минералогическим данным (пояснения в тексте).

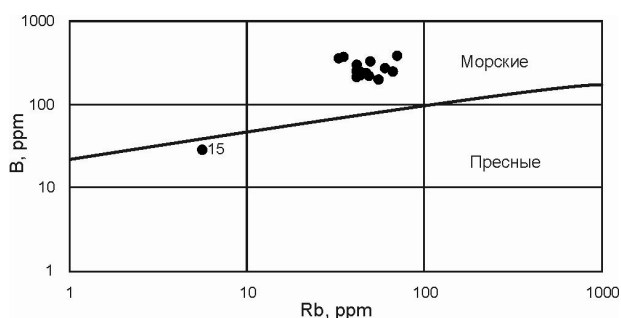


Рис. 3. Соленость вод бассейна по соотношению В/Rb (Walker, Price, 1963)

(10–50 м в активной воде с температурой выше 20 °С) и глаукониту, характерному для шельфа (150–250 м) при температуре ниже 15 °С (Захаров, 2016). По породам исследованного разреза такая оценка сильно затруднена. Так, наличие в обр. 9, который формировался во время трансгрессии, оолитов новообразованного шамозита по окисленному глаукониту и присутствие гетита и свежего глауконита (**Рис. 4**) свидетельствует о быстро меняющихся условиях осадконакопления. Сантиметровый разрез (а по сути, одно зерно) иллюстрирует «полный регрессивно-трансгрессивный цикл» (глауконит – окисленный глауконит и гетит – шамозит – свежий глауконит). Отсутствие расколотых зерен свидетельствует о слабой штормовой переработке, признаки биотурбации наблюдаются только слабые. Причина, скорее всего, заключается в изменениях не глубин, а уровня термоклина, который испытывал колебания в зависимости от активности холодного проливного течения из Арктического бассейна (Стафеев и др., 2019). Холодный придонный сток даже при слабом подъеме уровня моря мог приводить к поднятию термоклина и способствовать значительному уменьшению глубин формирования глауконитов, для которых более важна низкая температура чем глубина. По анализу аутигенных минералов масштабы трансгрессий в конкретном случае

могут оказаться явно преувеличенными. Следует также учитывать обстановку, когда холодное течение сменяется теплым и наоборот.

Обломочный и глинистый материал поступал в ЕХП из областей поднятий Таймыра и Восточной Сибири (Каплан, 1976). Определение состава питающих провинций проводилось нами по диаграмме La/Sc–Th/Co (**Рис. 5**) (Cullers, 2002). Образцы 3, 13, 15 формировались из продуктов разрушения пород кислого состава (Анабарский щит), образцы 10, 6, 9 – основного состава (Сибирские траппы). Часто эти источники действовали одновременно, приводя к смешению материала для большей части образцов.

Обсуждение результатов и выводы. Трансгрессивные отложения верхнего кимериджа – волги в ЕХП являются более грубыми вследствие синхронной активной деятельности придонных холодных течений, а регрессивные – более тонкими в связи с доминирующей ролью слабых прибрежных поверхностных теплых течений. Оценка глубин бассейна, в котором могли происходить резкие колебания уровня термоклина будет весьма приблизительной, а сами колебания, распознаваемые по аутигенной минералогии, могут быть ошибочно приняты за трансгрессивно-регрессивные. Также, возможно, что не все они обусловлены эвстатическими колебаниями, а являются результатом периодических изменений контрастности рельефа. Исследования показали, что факторы среды в ЕХП резко поменялась на рубеже раннего и позднего кимериджа. Тренд закономерного снижения содержания в породах почти всех микроэлементов в раннем кимеридже сменяется «колебательным» характером их содержания в конце кимериджа – волге. По этому признаку, а также в связи с изменением в середине кимериджа режима тектоники и гидродинамики, букатыйская свита может

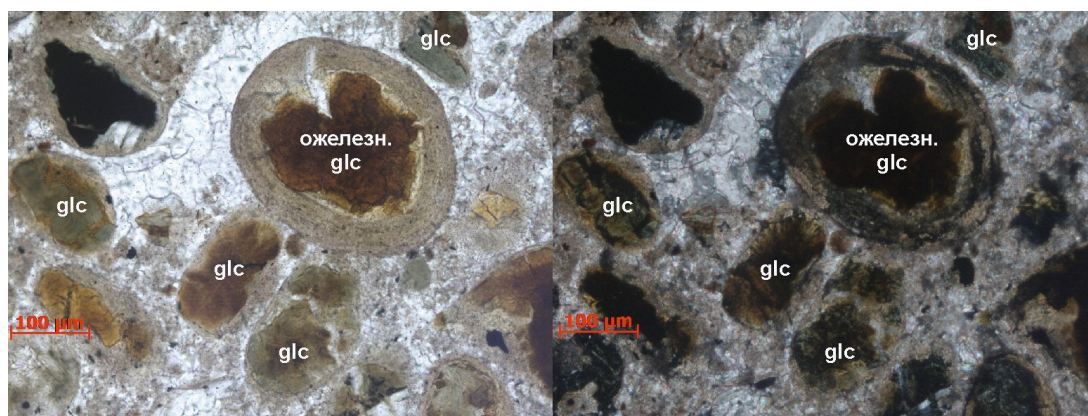
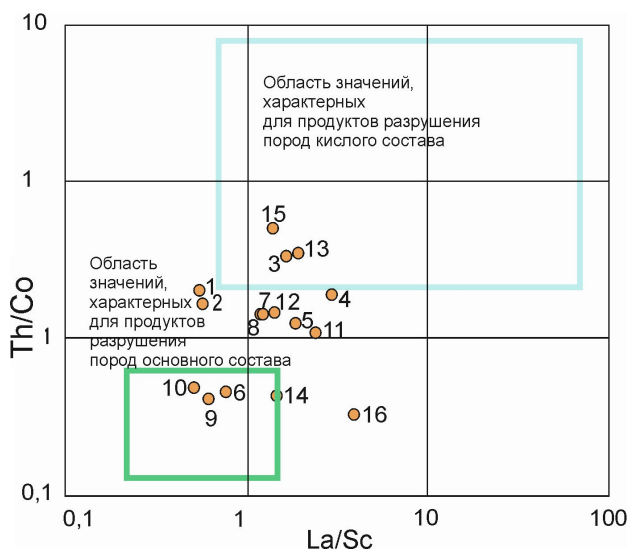


Рис. 4. Кальцит-шамозитовые зональные оолиты с ядрами окисленного глауконита (обр. № 9).



Области значений по Hallberg, J. A. A geochemical aid to igneous rock type identification in deeply weathered terrain. *Journal of Geochemical Exploration*, 1984, 20(1), 1–8.

Рис. 5. Положение фигуративных точек состава пород букатыйской свиты на диаграмме отношений по (Cullers, 2002) и влияние различных источников сноса на состав пород.

включать отложения не только средней–верхней, но и нижней волги, а возможно, и самых верхов кимериджа и сопоставляться с яновстанской свитой Западной Сибири. Следует отметить, что именно в верхнем кимеридже в Западной Сибири появились первые баженины (Брадучан и др., 1986).

Литература

- Арбузов С.И. Металлоносность углей Сибири. // Известия Томского политехнического университета. 2007. № 1. С. 77–83.
 Брадучан Ю.В., Гольберт А.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А. и др. Баженовский горизонт Западной

Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). Новосибирск: Наука, 1986. 160 с.

Захаров В.А. Глубины палеобассейнов и подходы к их реконструкции // Палеонтология, стратиграфия, астробиология. Москва: ПИН РАН, 2016. С. 208–228.

Каплан М.Е. Распределение глинистых минералов в волжских и берриасских отложениях арктических областей Центральной Сибири // Докл. АН СССР. 1973. Т. 208. № 1. С. 204–207.

Рогов М.А., Зверьков Н.Г., Захаров В.А., Архангельский М.С. Морские рептилии и климат юры и мела Сибири // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2019. Т. 27. № 4. С. 13–19.

Стафеев А.Н., Ступакова А.В., Сулова А.А. и др. Баженовский горизонт Сибири (титон – нижний берриас): тектонические и гидродинамические условия осадконакопления // Георесурсы. 2019. Т. 21. № 2. С. 117–128.

Шурыгин Б.Н., Дзюба О.С. Граница юры и мела на севере Сибири и бореально-тетическая корреляция приграничных толщ // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 4. С. 830–844.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.

Ясаманов Н.А. Климаты и ландшафты мезозоя и кайнозоя Западной и Средней Сибири. (Палеогеографические факторы бокситонакопления). М., «Недра», 1976. 142 с.

Cullers R.L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA // *Chem. Geol.* 2002. V. 191. P. 305–327.

Haq B. Jurassic Sea-Level Variations: A Reappraisal // *GSA Today*. 2017. P. 4–10.

Trace elements in the interpretation of depositional and paleogeographical reconstruction // *Int. Geol. Congr.*, 31st Sess., Rio de Janeiro, Brazil (6–17 Aug., 2000). *Congr. Progr. Rio de Janeiro: Geol. Surv. Braz.*, 2000. P. 1725.

Walker C.T., Price N.B. Departure curves for computing paleosalinity from boron in illites and shales // *AAPG Bull.* 1963. V. 47. P. 833–841.

Kimmeridgian and Volgian deposits of Kheta river valley head (southwest of the Yenisei-Khatanga trough) – interpretation of the sedimentary conditions

Stafeev A.N.¹, Latysheva I.V.^{1,2}, Rogov M.A.², Bychkov A.J.¹, Kosorukov V.L.¹, Zhirenko D.O.¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Moscow; anstafeev@rambler.ru

² Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow

The paleogeographic conditions of sedimentation of the Kimmeridgian–Lower Berriasian stages in the southwestern part of the Yenisei-Khatanga trough were reconstructed based on facial, mineralogical, and geochemical analyses. The sedimentary environments were determined by a system of strike-slip flow basins and periodically acting cold Arctic and warm pre-Verkhoyansk currents in the direction of the north-east of Western Siberia, as well as by the influence of many provenance areas.