

УДК 552.143

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕСТИТОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ ВИКУЛОВСКОЙ СВИТЫ

FEATURES OF TEMPESTITES FORMATION IN SEDIMENTS OF THE VIKULOV SERIES

В. М. Александров, Д. А. Казанская, В. А. Белкина

V. M. Aleksandrov, D. A. Kazanskaya, V. A. Belkina

ОАО «Тандем», г. Тюмень

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

Ключевые слова: седиментация; слоистый коллектор; штормовые отложения; керн

Key words: sedimentation; layered reservoir; tempestites; core

Известно, что время осадконакопления гораздо меньше времени его отсутствия (длительных перерывов в седиментации — гиатусов). Еще в 1917 г. Дж. Баррелл (J. Barrrell) предположил, что время, в течение которого происходит накопление слоев, может значительно уступать времени перерывов в осадконакоплении [1]. Он указал на обилие скрытых перерывов или диастем в кажущихся непрерывными осадочных толщах.

Известны случаи, когда литологический (рассчитанный по скорости образования осадочных пород) возраст отложений на несколько порядков расходится со стратиграфическим. По данным Л. Л. Кулямина и Л. С. Смирнова [2], реальное время образования кембрийских песчаников Ленинградской области составляет 170 суток, в то время как стратиграфическая продолжительность этого интервала превышает 20 млн лет. Как указывает С. И. Романовский, во многих толщах большая часть стратиграфического интервала приходится на скрытые (не оставившие материальных свидетельств) перерывы осадконакопления; реальное время образования толщи «составляет только 0,0001 % стратиграфического времени ее образования. Отсюда следует, что вся свита возникла геологически мгновенно» [3].

В этой связи особую значимость приобретает изучение результатов событийного осадконакопления, в частности формирования штормовых отложений — «темпеститов» (от англ. «tempest» — буря, шторм). Следует отметить достаточно высокую периодичность этих явлений. Например, в северо-атлантической зоне Гольфстрима в год регистрируется зарождение до 6 ураганов и штормов. Кроме того, важна их седиментационная роль, есть сведения о том, что за время единичного урагана накопилось 3,7 м осадков. По данным Т. Дж. М. Шоппа [4], после урагана в 1972 г. из р. Саскуэханна в Чесапикский залив было вынесено осадочного материала больше, чем за несколько десятилетий.

Концепция влияния штормов впервые была применена к древним отложениям D. K. Hobday и H. G. Reading [5], образующимся в результате метеорологически индуцированных процессов, особенно ветровых и волновых течений и штормового прилива. Значение приливо-отливных шельфовых течений и большое влияние энергии штормов для формирования морских мелководных песчаников подчеркивалось N. L. Banks [6] и R. Anderton [7]. R. Goldring и P. Bridges [8] определяли единичные штормовые события и слабые течения спокойной погоды в древних морях благодаря хорошей сохранности отложений этих обстановок. Сам термин «темпеститы» впервые предложен D. V. Ager в 1974 г. [9] для событийных отложений, в значительной мере аперiodических, нередко катастрофических.

Порождения штормов характеризуются рядом общих особенностей: 1) начало, кульминация и спад турбулентных процессов фиксируется в виде характерных эрозионных и седиментационных текстур; 2) перераспределение органических и неорганических компонентов в слое как по вертикали (от подошвы к кровле), так и по горизонтали (от мелководных участков к глубоководным); 3) меняется экологическая ситуация для бентосных организмов в результате изменения консистенции донного грунта и/или питательных веществ на дне.

Штормовые отложения многократно описаны в специальной литературе. Их присутствие зафиксировано на разных стратиграфических уровнях в осадочных бассейнах фанерозоя и протерозоя.

По мнению Brenchley P. J., Newall G., Stanistreet I. G., открытый мелководный морской платформенный район на юге Норвегии является одним из примеров, где штормовые тече-

ния в продолжение ордовика отложили в дальней зоне тонкие (0,5–10,0 см) штормовые песчаные слои [10]. Как полагают, в этом случае пески приносились с узкого пояса вытянутых песчаных баров, отделяющих мелководную платформенную территорию на востоке от глубокого океана Япетус на западе. Авторы считают предпочтительными потоки штормового отлива (отливной штормовой разгрузки). Можно считать, что отложение песков происходило с периодичностью 10 000–15 000 лет при исключительных условиях, возможно связанных с ветрами ураганной силы.

Имеются результаты многочисленных исследований, где авторы на фактическом материале описали отложения, которые были ими задокументированы как штормовые. В последнее время появились данные о наличии штормовых прослоев в отложениях викуловской свиты Западно-Сибирского мегабассейна. Ряд авторов в мелководно-морском комплексе отложений викуловской свиты выделяют отложения штормового шельфа и дельты волнового типа [11, 12].

Викюловские отложения (K_1a) залегают на глинах алымской свиты. Нижневикуловская подсвита преимущественно алевролитоглинистая. В кровле верхней подсвиты развиты продуктивные пласты $BK_1 - BK_3$. Породы-коллекторы представлены полимиктовыми кварцполевошпатовыми песчаниками. Покрышкой викуловского резервуара служат хантымансийские аргиллиты. К кровельной части викуловской свиты приурочен сейсмический отражающий горизонт «M1» (возможно он соответствует подошве пласта BK_1).

Нами изучен керновый материал по 72 скважинам Ем-Еговского месторождения, а также привлечены материалы по 20 скважинам Каменного лицензионного участка (115P, 1514, 4871, 4992, 5032, 5090, 5157, 5161, 5221, 5268, 5373, 6747, 6828, 6974, 7295, 14791«бис», 40001P, 40002P, 40004P, 40006P). Общепризнанной считалась параллельно-пластовая модель викуловского резервуара, а продуктивные отложения викуловской свиты формировались в условиях обширного морского шельфа.

В породах присутствуют признаки штормового воздействия. Песчаники имеют резкий и неровный эрозивный нижний контакт, косую бугорчатую слоистость, градационный верхний контакт, что позволяет идентифицировать эти осадки как штормовые (тепеститы). Их образование происходило быстро, в течение нескольких часов — дней, под действием штормовых волн. В длительные периоды затишья накапливались тонкозернистые осадки и создавались благоприятные условия для жизнедеятельности донных организмов. Следы последних насыщены алевролитовые прослои.

Пласты $BK_1 - BK_3$ образовались в условиях фронта дельты/продельты в зоне действия штормовых волн. Штормовая активность предопределила широкое площадное распространение отложений. Эпизоды повышения относительного уровня моря компенсировались поступлением терригенного материала, что привело к формированию аградационной вертикальной последовательности осадков и их хорошей стратифицированности.

В данной статье используется схема мелководно-морских обстановок по Т. Elliott [13], основанная на положении базисов штормовых и спокойных волн, средних уровней высокой и низкой воды. Согласно Elliott T. волны проходят по мелководному профилю шельфа и по затопляемой зоне пляжа, взаимодействуют с поверхностью осадка и трансформируются, образуя серию гидродинамических зон, вытянутых параллельно береговой линии (рис. 1).

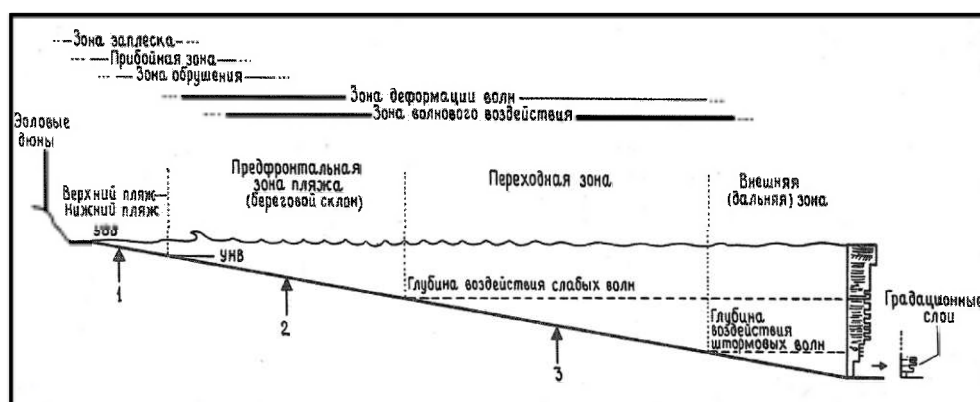


Рис. 1. Субобстановки, процессы и фации затопляемого пляжа. Средний уровень УВВ — высокой воды, УНВ — низкой воды [13]

Отложения штормов образуются в интервале глубин между нормальным базисом действия волн и штормовым. В этих обстановках особенности осадков определяются чередованием продолжительной седиментации в спокойных условиях и редких кратковременных эрозийных штормовых процессов. Вследствие того, что сильные штормы случаются реже, чем слабые, естественно, распространенность штормовых образований в общем уменьшается от мелководья в сторону моря.

Береговая зона открытого моря (Tanner W. F., 1966 г.) является своего рода фильтром, через который проходит весь поступающий с суши денудированный материал. В береговой зоне происходит первая и самая интенсивная обработка поступившего в море обломочного материала, и от нее в значительной мере зависит последующая уже геологическая его история. Формирование фракционной структуры осадка в прибрежной зоне моря происходит под влиянием устойчивого и событийного волнения моря, взмучивающего поверхностный слой донных отложений и перераспределяющего частицы разных размеров как в направлении, перпендикулярном к береговой линии, так и вдоль побережья.

В штормовых условиях при большой амплитуде волн базис последних располагается глубже, и это приводит к тому, что колебательным и другим процессам, вызванным волнами, подвергается большая часть нижнего затопляемого пляжа и, возможно, дальняя зона прибрежья/шельфа. Верхний затопляемый пляж в течение шторма интенсивно эродируется, осадок перекладывается в виде конусов смыва в лагунах и выносится в сторону моря на нижний затопляемый пляж и в отдаленную зону пляжа, образуя штормовые слои. Таким образом, отложения верхнего затопляемого пляжа увеличиваются при спокойной погоде и разрушаются во время штормов, тогда как осадконакопление на нижнем затопляемом пляже более или менее статично в условиях спокойной погоды и увеличивается во время штормов. Этот процесс получил название «цикл пляжа».

Одним из следствий этого цикла является то, что среди отложений нижнего затопляемого пляжа могут преобладать штормовые осадки, а на верхнем затопляемом пляже преобладают отложения, образовавшиеся при спокойных условиях, которые периодически прерываются поверхностями эрозии, формирующимися в результате смыва штормовыми волнами.

В специальной литературе отмечается единодушие исследователей относительно порождаемого штормами цикла пляжа, а на то, каким образом штормовые волны и вызванные штормом течения транспортируют и откладывают осадок в прибрежном и шельфовом районах, существуют две взаимно диаметрально противоположные точки зрения.

Согласно механизму штормового отлива («storm-surge ebb»), предложенному М. О. Hayes в 1961 г. [13], штормовые волны, достигающие пляжа, эродируют осадки на обширных пространствах шельфа и пляжа и транспортируют их к суше. Асимметричность направляющихся к берегу волн вызывает подъем уровня воды у берега, что приводит к разрыву золотых дон на тыловой стороне пляжа. Насыщенные осадком воды, прорвавшиеся в лагуну, пополняются здесь осадком и по смывным каналам, когда шторм стихает, рассеивают его в дальней зоне отливными течениями, направленными в сторону моря.

Согласно альтернативному механизму штормовых событий — ветровых или геострофических течений (Morton R. A., 1981; Swift D. J. P., Figueiredo A. G., Freeland G. L., Oertel G. F., 1983) — течения данного типа создаются давлением ветра на поверхность воды, ведущей себя либо как один слой, который целиком движется в направлении ветра, либо как двуслойная циркуляционная система, в которой движимые ветром поверхностные воды движутся к суше, а придонные — от берега. При таком механизме донные течения обладают максимальной скоростью во время шторма, а не после него, и транспортировка осадка осуществляется штормовыми волнами. Волновые течения, вероятно, наиболее эффективны в каналах разрывных течений, и отложение осадка происходит в устье этих каналов или вне их на открытом шельфе. В этом случае отдельные штормовые слои и группы слоев имели бы тенденцию располагаться в устье каналов разрывных течений, а не распределяться случайным образом. Направленное в сторону моря геострофическое течение взаимодействует с круговыми движениями волн при отложении слоев с бурчатой косой слоистостью.

Дополнительным механизмом транспортировки и отложения осадка в дальней зоне прибрежья являются турбидитные потоки большой плотности, которые развиваются от вызванных штормом течений и могут транспортировать и отлагать осадок значительно ниже базиса штормовых волн (Walker R. G., 1979). Эта идея возникла при изучении древних разрезов, в которых турбидиты тесно связаны в вертикальной последовательности с прибрежными сформированными волновой деятельностью фациями.

Рассмотрим более подробно седиментационные обстановки, в которых формировались продуктивные отложения викуловской свиты в пределах Ем-Еговского лицензионного уча-

стка, с учетом аналитических материалов С. Б. Шишлова (2015 г.) по скв. 2390, 6647, 30034Р и 30048Р.

Штормовые отложения первого типа (тип 1). Чередование алевролитов глинистых темно-серых (преобладают) и песчаников тонкозернистых светло-серых, образующих тонкие (до 5 мм) линзовидные ленты, у которых нижний контакт отчетливый, а верхний — градиационный. Часто слойки деформированы в результате просадок и биотурбации. Количество и толщина слойков песчаников увеличиваются к кровле. Присутствуют желваковые (диаметр до 1 см) стяжения тонкокристаллических сульфидов, редкий мелкий детрит двустворок, разноразмерные ходы мелких илоедов. Характерно увеличение размера частиц от подошвы к кровле (рис. 2). Формирование отложений происходило в пределах открытого шельфа ниже базы воздействия волн. Здесь накопление алевропелитов, оседавших из ненасыщенной взвеси, многократно сменялось осаждением псаммитовых частиц, перемещаемых мутьевыми потоками, возникавшими во время штормов (дистальные темпеститы). Увеличение роли песчаных слойков вверх по разрезу, очевидно, связано с повышением влияния штормов за счет общего падения уровня моря, то есть развития регрессии.

Штормовые отложения второго типа (тип 2). Чередование алевролитов глинистых темно-серых (преобладают) и песчаников тонкозернистых светло-серых, образующих тонкие (до 5 мм) линзовидные ленты, у которых нижний контакт отчетливый, а верхний — градиационный. Часто слойки деформированы в результате просадок и биотурбации. Для отложений второго типа характерно уменьшение количества и толщины слойков песчаников от подошвы к кровле. Присутствуют желваковые (диаметр до 1 см) стяжения тонкокристаллических сульфидов, редкий мелкий детрит двустворок, разноразмерные ходы мелких илоедов. Характерно уменьшение размера частиц от подошвы к кровле (рис. 3).

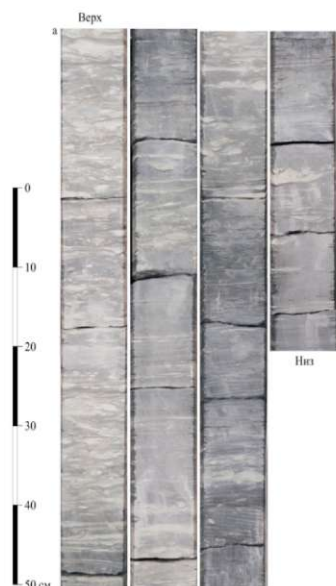


Рис. 2. *Отложения типа 1*
(скв. 6647, инт. 1390–1402 м (а);
скв. 30034Р, инт. 1475–1484 м (б);
скв. 30048Р, инт. 1404–1413 м (в))

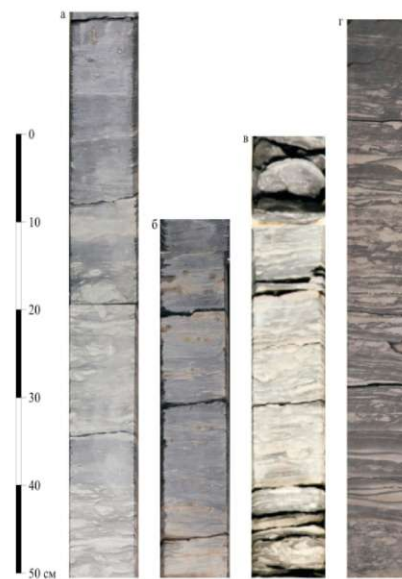
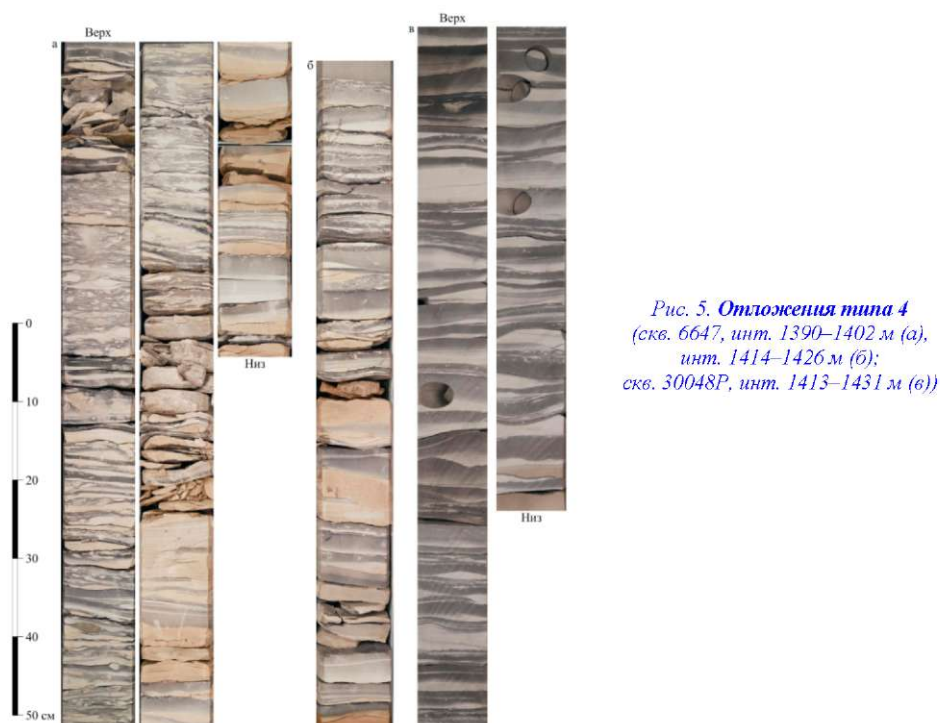
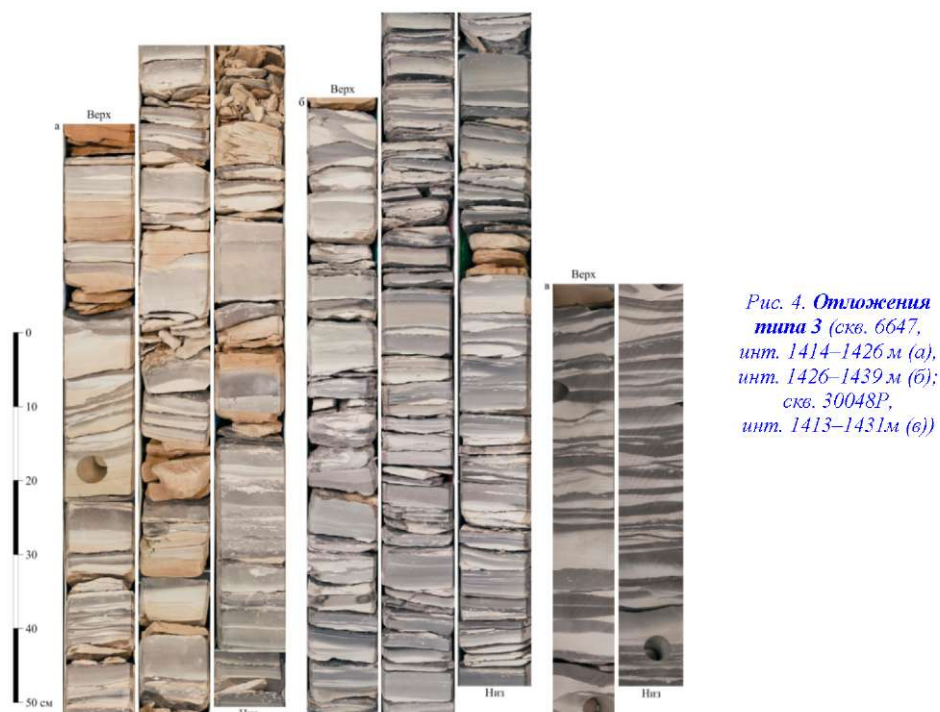


Рис. 3. *Отложения типа 2*
(скв. 6647, инт. 1390–1402 м (а–б);
скв. 30034Р, инт. 1475–1484 м (б);
скв. 30048Р, инт. 1404–1413 м (в))

Образование отложений происходило в пределах открытого шельфа ниже базы воздействия волн. Здесь накопление алевропелитов, оседавших из ненасыщенной взвеси, многократно сменялось осаждением псаммитовых частиц, перемещаемых мутьевыми потоками, возникавшими во время штормов (дистальные темпеститы). Сокращение роли песчаных слойков вверх по разрезу, вероятно, связано с уменьшением влияния штормов за счет общего подъема уровня моря, то есть развития трансгрессии.

Штормовые отложения третьего типа (тип 3). Тонкое, как правило, отчетливое, линзовидно-полосчатое чередование слойков (2–10 см) алевролитов глинистых темно-серых (их доля сокращается к кровле) и песчаников тонко- и мелкозернистых светло-серых (их

доля растет к кровле). В слоях песчаников обычно проявлена тонкая косая микрослойчатость, намечаемая тончайшими глинистыми намывами. В алевропелитовых слоях часто присутствуют единичные разнонаправленные ходы мелких илоедов. Иногда проявлены текстуры просадок и оползания. Характерно увеличение размера частиц от подошвы к кровле (рис. 4).



Формирование отложений происходило в пределах открытого шельфа в зоне слабого воздействия волнений (между базами штормовых и нормальных волнений) благодаря мобилизации вещества у берега и его сортировке во время штормов. При этом возникала серия небольших подводных песчаных гряд (знаков ряби), между которыми располагались заиляющиеся впадины, — зона «лоскутных песков» по терминологии С. Б. Шишлова.

Общее увеличение доли псаммитов вверх слоя указывает на усиление волнового воздействия вследствие обмеления акватории при развитии регрессии. Отсутствие макроскопических остатков растений указывает на значительное удаление от суши, а отсутствие фауны — на опреснение.

Штормовые отложения четвертого типа (тип 4). Тонкое линзовидно-полосчатое чередование слоев (2–10 см) алевролитов глинистых и песчаников тонко- и мелкозернистых. Однако специфической особенностью отложений этого типа является сокращение толщины и количества псаммитовых слоев от подошвы к кровле. Характерны многочисленные разнонаправленные ходы мелких илоедов в алевролитовых слоях и текстуры просадок. В остальном осадки аналогичны типу 3. Характерно уменьшение размера частиц от подошвы к кровле (рис. 5).

Формирование отложений происходило в дистальной существенно удаленной от суши зоне между базами штормовых и нормальных волнений. Здесь возникала серия небольших подводных песчаных гряд (знаков ряби), между которыми располагались заиляющиеся впадины, — зона «лоскутных песков». Общее увеличение доли псаммитов вверх слоя указывает на усиление волнового воздействия вследствие обмеления опресненной акватории при развитии регрессии.

Список литературы

1. Крамбейн У. К., Слос Л. Л. Стратиграфия и осадкообразование. — М.: Гостоптехиздат, 1960. — 411 с.
2. Кулямин Л. Л., Смирнов Л. С. Приливно-отливные циклы осадконакопления в кембро-ордовикских песках Прибалтики / Л. Л. Кулямин, Л. С. Смирнов // Докл. АН СССР. Сер. геол. 1973. — Т. 212. — № 1–3. — С. 696–699.
3. Романовский С. И. Физическая седиментология. — Л.: Недра, 1988. — 240 с.
4. Шопф Т. Дж. М. Палеоокеанология / Пер. с англ. Б. В. Баранова, М. А. Левитана. — М.: Мир, 1982. — 311 с.
5. Hobday D. K., Reading H. G. Fair weather versus storm processes in shallow marine sand bar sequences in the late Pre-Cambrian of Finnmark, North Norway // J. sedim. Petrol. — 1972. — Vol. 42. — P. 318–325.
6. Banks N. L. Falling-stage features of a Precambrian braided stream: criteria for subaerial exposure // Sedim. Geol. — 1973. — Vol. 10. — P. 147–154.
7. Anderton R. Tidal shelf sedimentation: an example from the Scottish Dalradian // Sedimentology. — 1976. — Vol. 23. — P. 429–458.
8. Goldring R., Bridges P. Sublittoral sheet sandstones // J. sedim. Petrol. — 1973. — Vol. 43. — P. 736–747.
9. Ager D. V. Storm deposits in the Jurassic of the Moroccan High Atlas // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. — 1974. — Vol. 15. — P. 83–93.
10. Brenchley P. J., Newall G., Stanistreet I. G. A storm surge origin for sandstone beds in an epicontinental platform sequence, Ordovician, Norway // Sedim. Geol. — 1979. — Vol. 22. — P. 185–217.
11. Костеневич К. А. Обоснование литолого-фациальных закономерностей распространения коллекторов в отложениях сложного строения / К. А. Костеневич, И. В. Федорцов // Нефтяное хозяйство. — 2011. — № 4. — С. 26–29.
12. Медведев А. Л. Новый нефтеперспективный объект — комплекс заполнения врезанных долин в продуктивных пластах викуловской свиты Каменного месторождения / А. Л. Медведев, Ч. Р. Хэнфорд, А. Ю. Лопатин, К. В. Зверев, Ю. В. Масалкин, Е. В. Кузина // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 2009. — № 1. — С. 4–20.
13. Обстановки осадконакопления и фации: в 2-х т. Т. 1: Пер. с англ. / Под ред. Х. Г. Рединга / Х. Г. Рединг, Дж. Д. Коллинсон, Ф. А. Аллен, Т. Эллиотт, Б. Ш. Шрейбер, Г. Д. Джонсон, К. Т. Болдуин, Б. У. Селлвуд, Х. К. Дженкинс, Д. А. В. Стоу, М. Эдуардз, А. Х. Г. Митчелл. — М.: Мир, 1990. — 352 с.
14. Officer C. B., Drake C. L. Terminal Cretaceous environmental events // Science. — 1985. — Vol. 227. — № 4691. — P. 1161–1167.

Сведения об авторах

Александров Вадим Михайлович, к. г.-м. н., доцент, заместитель генерального директора по геологии ОАО «Тандем», г. Тюмень, e-mail: alexandrov_v@aoatandem.ru

Казанская Диана Андреевна, аспирант Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, e-mail: kazanskaya_d@aoatandem.ru

Белкина Валентина Александровна, к. ф.-м. н., доцент, профессор, Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, e-mail: belkina@tsogu.ru

Information about the authors

Aleksandrov V. M., Candidate of Science in Geology and Mineralogy, Deputy General director for geology of OJSC «Tandem», Tyumen, e-mail: alexandrov_v@aoatandem.ru

Kazanskaya D. A., postgraduate of the Tyumen State Oil and Gas University, e-mail: kazanskaya_d@aoatandem.ru

Belkina V. A., Candidate of Physics and Mathematics, professor of Tyumen State Oil and Gas University, e-mail: belkina@tsogu.ru