

УДК 551.762,551.763.1,552.578.3, 551.435.627,551.86,550.834.05

О СЛЕДАХ РАСКОЛА ОСТРОВОВ ПРОТОБАЖЕНИТА НА СЕДИМЕНТАЦИОННОМ ПАЛЕОСКЛОНЕ

© 2017 г. В. Ф. Гришкевич¹, Н. Н. Гатина², С. С. Долматова¹, С. В. Лагутина¹,
А. Г. Лаптей¹, В. В. Межецкий¹, Е. В. Панина¹

¹“КогалымНИПИНефть”, Филиал ООО “ЛУКОЙЛ-Инжиниринг”, 625000, г. Тюмень, ул. Республики, 41,
e-mail: GrishkevichVF@tmn.lukoil.com

²“ЗАО “Моделирование и мониторинг геологических объектов им. В.А. Давурченского» (ЗАО “МиМГО””,
111123, г. Москва, ш. Энтузиастов, 21, e-mail: nn.gatina@gmail.com

Поступила в редакцию 17.11.2016 г., принята к печати 26.12.2016 г.

Аномальные разрезы баженовской свиты (АРБ) рассматриваются как результат переработки в неокомское время ранее накопившихся протобаженинитов подводными оползнями седиментационного склона. Пластины протобаженинитов (объемная плотность 1.1–1.5 г/см³) обладали плавучестью в песчано-алевритоглинистых осадках седиментационного склона, имевшими более высокую плотность (1.7–1.8 г/см³). В рамках геомеханической модели полный цикл формирования отдельной генетически связанной зоны АРБ разделен на шесть стадий: (1) разрыв протобаженинитов оползнем скольжения, (2–3) вытекание ачимовских песков плывунов через разрыв с их растеканием под пластиной протобаженинита с ее растрескиванием, (4) деформация пластины под неравномерной нагрузкой осадков растущего склона, (5) вторичные разрывы пластины и внедрения пульпы при продвижении склона, (6) захоронение АРБ осадками. На стадии вторичных разрывов полужидкие осадки седиментационного склона взаимодействовали с всплывающими пластинами протобаженинита. На боковой поверхности плавающих пластин протобаженинита за счет разности объемных плотностей существовала разность геостатических давлений внутри пластины и во вмещающих осадках. Условия гидравлического расщепления протобаженинитов возникали при частичном затоплении пластины, когда боковое давление превышало напряжение сдвига. Сам гидроразрыв провоцировался микросейсмами или ударом о пластину масс высокоплотного гравитационного потока осадков. Гидроразрыв и последующее всплывание этих пластин порождали обломочные потоки с включениями баженинитов, растекавшиеся на палеосклоне. Теоретическая модель иллюстрируется примером сейсмостратиграфической интерпретации ачимовских отложений Имилорского месторождения Западной Сибири. В керне одной скважины обнаружены дебриты с инкластами баженинитов, порожденные разрывом пластины баженинитов под неравномерной нагрузкой седиментационного склона. В трех скважинах на едином стратиграфическом уровне обнаружены дебриты с инкластами баженинитов, являющиеся следами расщепления пластин протобаженинита осадками седиментационного склона.

Ключевые слова: баженовская свита, аномальный разрез, подводный оползень, дебрит, инкласт

LITHOLOGICAL MARKERS OF PROTOBAZHENIT MATS SPLITTING ON SEDIMENTARY SLOPE

Vladimir F. Grishkevich¹, Nadezhda N. Gatina², Svetlana V. Dolmatova¹, Svetlana V. Lagutina¹,
Anastasiya G. Laptey¹, Vladimir V. Mezheritsky¹, Elena V. Panina¹

¹“KogalymNIPINeft” – branch of “LUKOIL-Engineering”, 41 Respubliki st., Tyumen', 625000, Russia,
e-mail: GrishkevichVF@tmn.lukoil.com

²“Closed joint-stock company “Modeling and monitoring geological objects by V.A. Dyurechensky” (JSC “MiMGO””,
21 Entusiastov Shosse, Moscow, 111123, Russia, e-mail: nn.gatina@gmail.com

Received 17.11.2016; accepted 26.12.2016

Bazhenov abnormal sequences (BAS) are treated as result of protobazhenit plastic deformation by neocomian submarine slump on sedimentary slope. Protobazhenit mats had low bulk density (1.1–1.5 g/sm³) and positive buoyancy in silty-sandy mud of unconsolidated deposits (bulk density 1.7–1.8 g/sm³). Conceptual geomechanical model of BAS generation includes 6 studies: 1 – bedding (slipping) slide, breakage of under-achimovsky clay and protobazhenit, 2 – out-flow achimovsky sandy slump, 3 – slump pulp spreading under protobazhenit layer with its deformation and cracking, 4 – protobazhenit layer cracking due to local loading of growing sedimentary slope, 5 – secondary heaving sand injection through lateral protobazhenit brake side, 6 – burial stage. Up-floating of protobazhenit mats on semiliquid sedimentary slope occurred

Для цитирования: Гришкевич В.Ф., Гатина Н.Н., Долматова С.С., Лагутина С.В., Лаптей А.Г., Межецкий В.В., Панина Е.В. (2017) О следах раскола островов протобаженинита на седиментационном палеосклоне. *Литосфера*, 17(4), 48–61. DOI: 10.24930/1681-9004-2017-4-048-061

For citation: Grishkevich V.F., Gatina N.N., Dolmatova S.V., Lagutina S.V., Laptey A.G., Mezheritsky V.V., Panina E.V. (2017) Lithological markers of protobazhenit mats splitting on sedimentary slope. *Litosfera*, 17(4), 48–61. DOI: 10.24930/1681-9004-2017-4-048-061

discretely with numerous subsidings, splittings and jumpings events. During sedimentary slope progradation mats had lack of Archimedes stability due to rising of sedimentary level, led to increment of hydraulic pressure on their side surfaces. The hydraulic fracturing conditions appeared when this pressure exceeded protobazhenit shear strength. Fracturing event was provoked by microseism or by hydraulic shock of gravity mass movement. Mat usually had splitted on two parts: lower part was fixed within sediments, upper one lifted to Archimedes equilibrium level. Splitting and up-lifting of mat produced debris flows, those were spreading on slope and enriched by protobazhenit'sinclasts. These outstanding debrit layers with bazhenitinclasts may be used as lithological markers of mats splitting events for achimovsky sequences. Theoretical model is illustrated by seismostratigraphic interpretation of achimovsky beds of Imilorskoe field of West Siberia. Two types of debrit layers with bazhenitinclasts was detected in well core. First type is generated by protobazhenit layer's breakage by non-uniform load of sedimentary slope (fixed in one well). The second type is associated with on-slope splitting and up-lifting of protobazhenit mats (traced in core of three wells).

Keywords: *bazhenov abnormal sequences, geomechanical model, submarine slump, debrit, inblast*

ВВЕДЕНИЕ

С позднелурского времени вплоть до баррема Западная Сибирь представляла собой морской бассейн [Брадучан и др. 1986; Нежданов, 2004; Атлас..., 2007], постепенно заполнявшийся осадками с запада и, главным образом, с востока. В периферических частях бассейна накапливались макро-сослоистые (клиноформные) терригенные толщи, а в центральной части – маломощные тонкозернистые силицито-карбонатно-глинистые осадки. После возникновения в волжское время северных порогов, затруднивших обмен глубинных вод, в центральной впадине бассейна возникли анаэробные условия, вследствие чего погребенные илы псевдоабиссали содержали большое количество органического вещества. Боковое заполнение бассейна приводило к перекрытию этих органо-терригенных илов клиноформными терригенными осадками. Поэтому в разрезе центральных районов Западной Сибири битуминозные породы баженовской свиты (бывшие органо-терригенные илы) в нормальном залегании перекрываются песчано-глинистыми осадками клиноформного комплекса [Нежданов, 2004; Атлас..., 2007]. Зоны аномальных разрезов баженовской свиты (АРБ) – локальные участки залегания мощных терригенных осадков, расклинивающих битуминозные органо-терригенные осадки баженовской свиты. Они распространены на значительной части территории центральных нефтегазоносных районов Западной Сибири. По клиноформной модели АРБ могут появляться в результате цикличности осадконакопления [Курсин и др., 1984] или за счет переработки ранее накопившихся протобаженитов подводными оползнями, спровоцированными землетрясениями [Микуленко, Острый, 1968; Нежданов, 2004]. В первом случае АРБ состоят из ненарушенных осадков, содержащие разновозрастную фауну, во втором – осадки переотложены, деформированы и разновозрастны: бажениты – древнее, а терригенные осадки тела внедрения – моложе. В данной статье рассматривается второй механизм образования АРБ.

ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ АРБ

В рамках геомеханической модели полный цикл формирования отдельной генетически связанной зоны АРБ разделен на шесть стадий. На первой стадии (рис. 1а) при наличии на седиментационном склоне линзы песков-плывунов, перекрытых прочной глинистой покрывкой, землетрясением провоцируется оползень скольжения. Двигаясь вниз по склону, его активный блок прорывает подачимовские глины и верхние слои баженовской свиты, формируя АРБ. Одним из условий такого развития событий является достаточная толщина перекрывающих глин (10 метров и более). На этих глубинах глины приобретают прочность, достаточную для передачи механического напряжения, необходимого для разрыва пород, также необходимы достаточная сила землетрясения и высота неустойчивого склона. В результате образуется субвертикальная трещина, повторяющая в плане контур примыкания глинистой покрывки к подачимовской глине, в полном соответствии с общими законами тектонофизики [Гончаренко, 2005].

Динамика дальнейшего развития оползня выглядит следующим образом. Через разрыв пески-плывуны из ачимовских линз имеют возможность затекать и растекаться под протобаженитами (рис. 1б, в). В этот момент сами протобажениты представляли из себя практически не литифицированные органо-силицито-глинистые илы с очень высоким водосодержанием (до 80–90%) и низким объемным весом (от 1.1 до 1.5 г/см³). Песчано-глинистая пульпа подвижного песка-плывуна (объемная плотность около 1.8 г/см³) стекает вниз по седиментационному склону под глинистой покрывкой, под протобаженитами и растекается над нижнебаженовскими силицито-карбонатными осадками, имеющими более высокую объемную плотность около 2 г/см³.

Быстрые процессы гравитационного перемещения пластичных продуктов оползня завершаются на стадии растекания (см. рис. 1в). В результате достигается некоторое равновесное состояние скло-

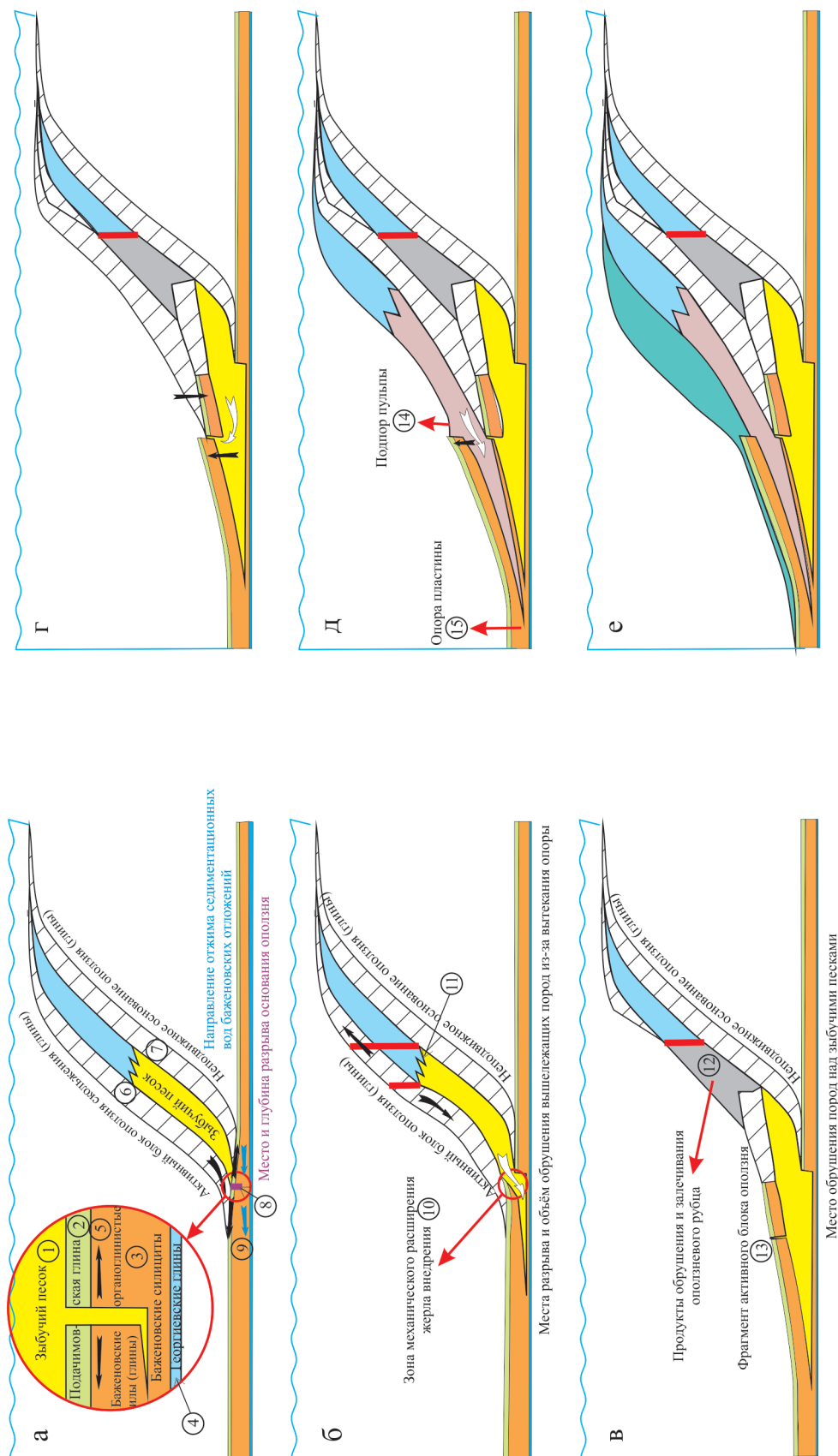


Рис. 1. Геомеханическая модель формирования АРБ.

Стадии: а – оползня скольжения, б – оползня и растрескивания, в – растекания и растрескивания, г – деформаций под неравномерной нагрузкой, д – вторичного внедрения, е – захоронения.

С – захоронения.
1 – выбухлый песок, 2 – подачимовские глины, 3 – протобаженит, 4 – георгиевские глины, 5 – напряжение разрыва, 6 – активный блок оползня скольжения (глины), 7 – неоподобное основание оползня, 8 – место и глубина разрыва основания оползня, 9 – направление отжима седиментационных вод баженовских отложений, 10 – зона расширения жерла внедрения, 11 – места разрыва и объем обрушения вышележащих пород из-за вытекания опоры, 12 – продукты обрушения и залечивания оползневого рубца, 13 – фрагмент активного блока оползня, 14 – подпор пулпы, 15 – опора пластины.

Fig. 1. Geomechanical model of bazhenov abnormal sequence's generation.

Stages: a – slipping slide, б – out-flow slide, B – spreading and cracking, Г – deformations under uneven load, Д – secondary injection, e – burial.

1 – flowing sand, 2 – under-achimov clays, 3 – protobazhenit, 4 – georgiev clay, 5 – brake stress, 6 – active slipping slide s block (clay), 7 – unremoved slide basement, 8 – down-tagged brake cracks, 9 – Bazhenov sedimentary water flow direction, 10 – expansion zone of rock's destruction, 11 – place and volume of base out-flow rocks destruction (fault), 12 – faulted rocks and compensating sediments, 13 – slide active block fragment, 14 – flow backwater, 15 – bazhenit plate support.

на, включающее оползневой рубец и конус выноса, выполненный плывуном, продуктами обрушения и взброшенными протобаженитами. Но это – временное равновесие.

Продолжающийся процесс бокового заполнения осадочного бассейна приводит к постепенному залечиванию оползневого рубца, осадки наступающего седиментационного склона начинают перекрывать и нагружать те части конуса выноса, которые включают в себя пластины взброшенных протобаженитов. Основанием этих пластин служат осадки бывшей оползневой пульпы, которые легко переходят в пластично-текучее состояние. Даже при незначительных сотрясениях пески-плывуны из-за неравномерной нагрузки начинают вытекать из-под пластин протобаженитов, соответственно, из-под склона, образуя напорный вал пучения у его основания.

Разгрузка избыточного давления происходит через трещины в пластинах протобаженита со смещением их фрагментов. При этом либо плывуном выталкивается вверх “пробка-остров” протобаженита, либо образуется протяженная взброшенная пластина протобаженита с открытой и протяженной боковой поверхностью (рис. 1г). Наличие открытой боковой поверхности протобаженитов, в которую упираются осадки седиментационного склона, означает начало следующей стадии в развитии зоны АРБ – вторичного вскрытия, внедрения и расщепления протобаженитов (рис. 1д). По мере поступления осадков такие расщепления происходят многократно, вплоть до полного исчерпания толщины пластины или ее захоронения наступающим седиментационным склоном (рис. 1е).

Водонасыщенные осадки под различными нагрузками могут вести себя и как твердое тело, и как неньютоновская жидкость. При этом с увеличением глубины залегания или геостатического давления поведение осадков эволюционирует от жидкости к твердому телу. Но не известно, как, зная современные свойства породы, восстановить ее геомеханические свойства на стадии диагенеза осадка. Для баженитов эта проблема усугубляется отсутствием современных аналогов: седиментационного бассейна с мощной толщей органо-силицитоглинистых илов. Поэтому все теоретические построения носят предположительный характер. Практически для всех типов осадков в состоянии покоя они сохраняют текучесть, максимум, на первых десятках сантиметров от поверхности дна, а ниже в состоянии покоя ведут себя подобно твердому телу, и надо приложить некоторое усилие, что бы заставить их начать перемещаться. Это усилие, замеренное по стандартной технологии, известно под названием “напряжение сдвига” – “shear-strength” [Kenter, Schlagen, 1989; Lee et al., 2009].

Рассмотрение геомеханики расщепления протобаженитов начнем с анализа условий равновес-

ного плавания их пластин на поверхности раздела “вода-осадок”. У пластины, находящейся в равновесии (рис. 2а), эффективное геостатическое давление на ее нижней поверхности равно эффективно-му геостатическому давлению осадка: $h(\rho_2 - \rho_1) = H(\rho_2 - \rho_1)$, $h/H = (\rho_2 - \rho_1)/(\rho_2 - \rho_1)$. При объемной плотности протобаженита $\rho_2 = 1.5 \text{ г/см}^3$ [Thießen, 2005, Leipe et al., 2011] и плотности осадка $\rho_3 = 1.75 \text{ г/см}^3$ архимедово равновесие достигается при погружении двух третей высоты пластины протобаженита в осадок и одной трети высоты, возвышающейся над дном в воде.

Пересчет современной объемной плотности баженита $\rho = 2.4 \text{ г/см}^3$ в предполагаемую плотность протобаженита: $\rho_6 = 1.5 \text{ г/см}^3$ по одномерной модели уплотнения дает оценку увеличения толщин почти в три раза. То есть, современная двадцати-

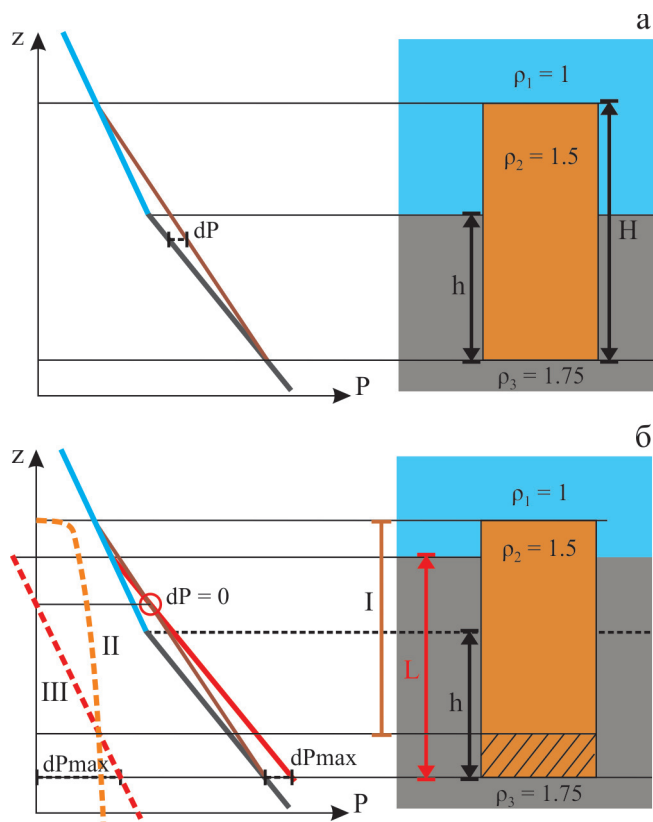


Рис. 2. Схема взаимодействия плавающей пластины протобаженита и вмещающего осадка.

$dP(z)$ – перепад давления на боковой поверхности тела протобаженита.

I – сохраняемый объем протобаженитов, II – перепад давления на боковой поверхности, III – напряжение сдвига протобаженитов.

Fig. 2. Protobazhenit mat and containing sediment interaction schema.

$dP(z)$ – protobazhenit side surface depression.

I – pronobazhenit mat saved part, II – side depression, III – shear strength of protobazhenit.

метровая пластина баженита во время формирования АРБ имела толщину 60 м, и в случае ее равновесного плавания в песчаной пульпе 40 м были погружены в осадок, а 20 м находились в толще воды. При меньшей плотности протобаженитов ее разуплотненная толщина увеличивается, а доля погруженной в осадок толщины уменьшается, например, при $\rho_6 = 1.4 \text{ г/см}^3$ толщина пластины увеличивается до 70 м, из которых 30 м возвышается над пульпой.

Особенностью осадконакопления на седиментационном склоне является циклическое поступление осадочного материала: пески накапливаются у кромки седиментационной платформы (шельфа) и после достижения критической массы сбрасываются вниз по склону в виде пластических или мутьевых (турбидитных) потоков [Нежданов, 2004]. Резкое повышение уровня осадка нарушает архимедово равновесие, приводит к повышению геостатического давления осадка у стенки плавающей пластины протобаженитов. Если перепад давления превысит напряжение сдвига протобаженитов, то возникают критические условия возможности отщепления нижней части баженитов от основной пла-

стины (рис. 2б) [Kenter, Schlager, 1989; Lee et al., 2009].

В случае разрушения пластины возникает локальный микросейсм, приводящий в состояние текучести вмещающие осадки. Зазор между основной и отщепившейся пластинами заполняется перетекшим осадком, основная пластина всплывает до уровня архимедова равновесия (рис. 3а, б). По мере поступления осадков такие расщепления происходят многократно, вплоть до полного истощения толщины пластины или ее захоронения наступающим седиментационным склоном (см. рис. 1е). При этом только возвышающаяся над дном часть пластины протобаженита плюс первый метр ее толщины, погруженный в осадок, испытывают на себе динамические нагрузки водной среды и подвижного слоя осадка, основная же, глубокопогруженная часть пластины защищена от горизонтальных смещений неподвижным осадком. Именно поэтому отщепляемая нижняя часть пластины после ее отделения остается, практически, в том же положении без горизонтального смещения. А верхняя часть пластины “подпрыгивает” вверх до уровня архимедова равновесия. Вертикальные перемещения пластины,

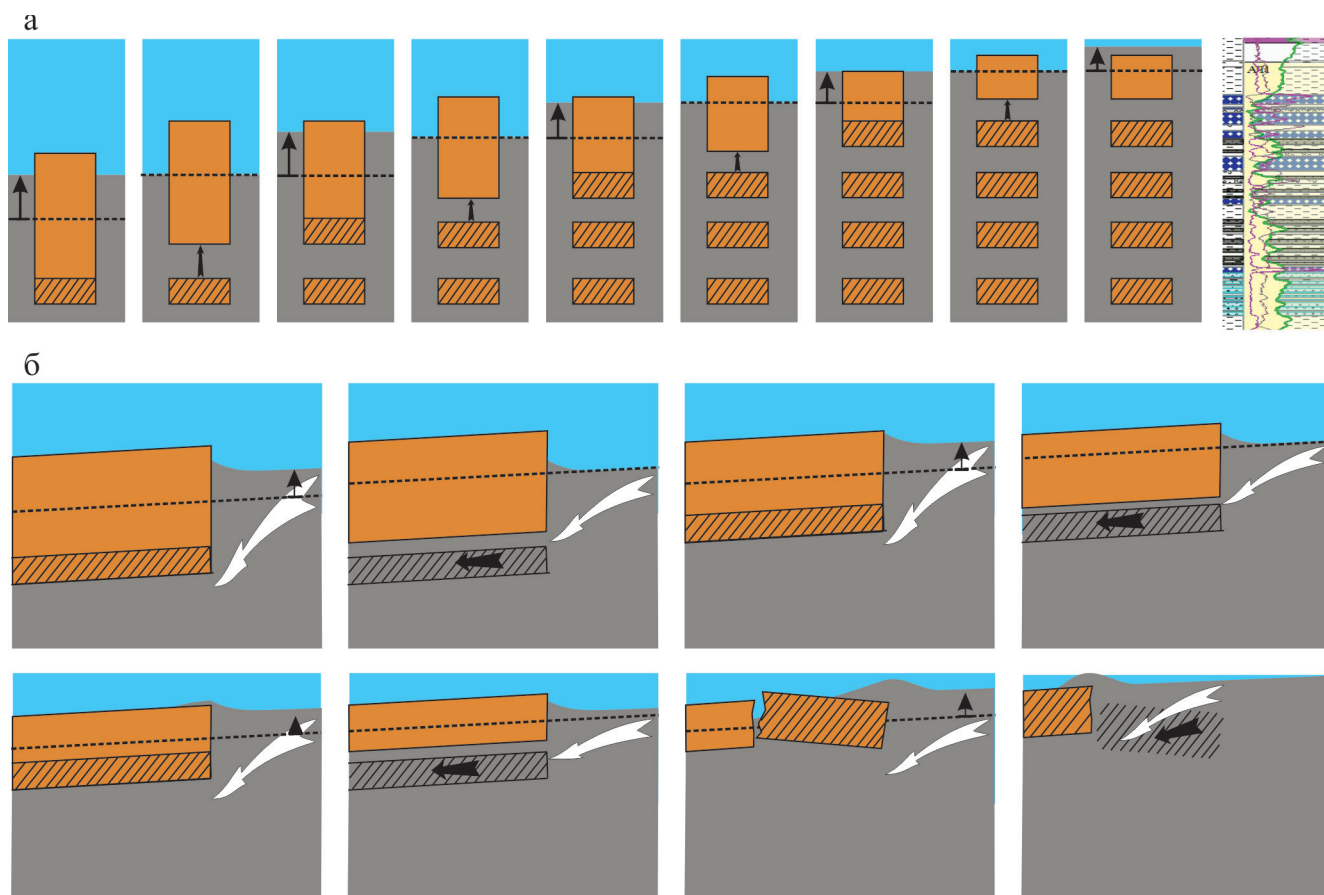


Рис. 3. Геомеханика расщепления протобаженита при всплывании: а – открытое, б – напорное течение пульпы.

Fig. 3. Geomechanical schema of protobazhenit plate up-floating splitting: а – open flow, б – enforced flow.

которые могут достигать нескольких метров, продуцируют “дизъюнктивную брекчию” протобаженита и вмещающего осадка. Из-за диспергирования во вмещающем осадке более легкого протобаженита “дизъюнктивная брекчия” имеет меньшую объемную плотность, и ее избытки стекают с обнажившихся стенок пластины над поверхностью осадка.

Это справедливо только при возможности поступления пластичного осадка под пластину со всех сторон, в случае всплывания “острова” протобаженита на свободной поверхности осадка. Если же пластина протобаженита находится наплаву одним концом, а ее непрерывное продолжение опирается на ненарушенный массив протобаженита, то поступление текучего осадка возможно только с одной стороны (см. рис. 1д). В этом случае отщепленная часть неподвижной пластины протобаженита смещается напорным движением пульпы под основную пластину (см. рис. 3б), а сохранившаяся часть пластины принимает положение архимедова равновесия без горизонтального смещения. Из-за напорного характера движения пульпы истонченная пластина протобаженита может обламываться набегающим потоком и переноситься под пластину в тело внедрения АРБ.

Термин “остров” по отношению к плавающей на поверхности осадка локальной пластине протобаженитов восходит к его современному прототипу – ложным островам торфа, плавающим на поверхности заиляющегося озера (болота).

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Для проверки геомеханической модели была проведена серия оригинальных экспериментов по физическому моделированию стадий вытекания, растекания и вторичного внедрения оползня с образованием системы трещин (см. рис. 1б, в, д). Моделирование проводилось в аквариуме, разделенном на область модели с размерами $40 \times 20 \times 40$ см

и бункер для подачи пульпы – $8 \times 20 \times 40$ см, соединенными у дна горизонтальной щелью шириной 5 мм. В качестве модели протобаженита был использован плиточный клей на цементной основе, подкрашенный минеральным пигментом с добавлением пенопластовых шариков для доведения объемной плотности до 1.2 г/см^3 . Оползневой пульпой служил глинистый раствор состоящий из $1/4$ карьерной глины или цемента и $3/4$ строительного песка (рис. 4).

Всего было проведено 14 экспериментов, которые документировались фотографированием и видеозаписью. В табл. 1 приводится перечень опубликованных в интернете лабораторных видеозаписей экспериментов.

Взаимодействие всплывающего “острова баженита” и окружающих осадков моделировалось в ходе 11 эксперимента. Пульпа была приготовлена из песка, глины и белого цемента. Окраска порций пульпы осуществлялась добавлением минерального пигмента. Пластина, моделирующая протобаженит, после поступления под нее через нижнюю щель перегородки первой порции пульпы была прорезана на всю толщину кольцевым пластмассовым резакром. На следующем этапе пульпа подавалась в модельную область аквариума через щель и отверстия в перегородке выше текущего уровня баженита, имитируя стадии деформаций под неравномерной нагрузкой и вторичного внедрения. На рис. 5 представлены итоговая цементная модель (а) и ее сечение (б). Отчетливо видны поверхностные потоки, сформированные подвижным слоем малой толщины.

Сечение модели выполнено через плавающий обломок и место его отрыва. На фотографии сечения белыми точкам обозначены контуры пульпы, вытолкнувшей обломок баженита из гнезда отрыва, и грифонный поток, проволоочивший обломок. Следы волочения (1.5 см) видны между слоями пульпы. Внизу более темная гипсовая модель

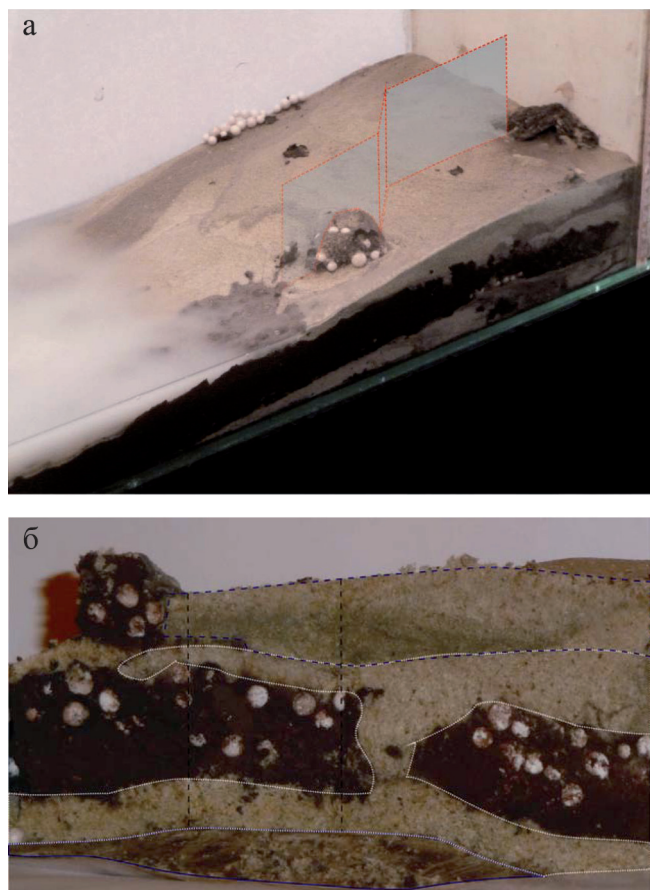


Рис. 4. Момент образования трещин и турбидитного потока (эксперимент 4, $t = 00.41$, вид сбоку).

Fig. 4. Protobazhenit plate cracking and turbidity current bearing (experiment 4, $t = 00.41$, side view).

Таблица 1. Список опубликованных видеозаписей экспериментов**Table 1.** Virtual addresses of experiment's video recordings

№	Дата	Продолжительность	Ссылка
4	20.06.15	1:47	https://www.youtube.com/watch?v=SrGju-Pa4BQ
9	02.07.15	3:26	https://www.youtube.com/watch?v=n8zjI0m1sz0
11	19.07.15	5:41	https://www.youtube.com/watch?v=4-07elaBf4s
14	02.08.15	3:17	https://www.youtube.com/watch?v=y6u5cRI3xM4

**Рис. 5.** Модель всплывания фрагмента (обломка) протобаженита в перекрывающей пульпе.

а – общий вид итоговой модели, б – сечение по линии на рисунке а (эксперимент 11).

Fig. 5. Concrete model of protobaztenit mat up-floating inside slump pulp.

а – general view, б – model cross-section (see direction on fig. 5a).

рельефа дна. Всплывание обломка заняло 4 секунды (4 мин 01 с – 4 мин 05 с), волочение – 6 секунд. При физическом моделировании подтвердилась концепция взаимодействия всплывающего обломка с активным слоем пульпы при его фиксации квазитвердым основанием.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Геомеханическая модель формирования АРБ была использована нами при моделировании строения ачимовских отложений на ряде месторождений Западной Сибири: Северо-Конитлорское, Северо-Кочевское, Северо-Поточное, Поточное, Имилорское и другие [Гришкевич и др., 2006, 2015, 2016]. Предложенные модели прошли апробацию при гидродинамическом моделировании процессов разработки залежей. Но для проверки концепции важно и подтверждение теоретической модели мелкими деталями, не представляющими прямого практического интереса. Мелкие включения обломков баженита вне тел внедрения АРБ и явились объектом нашего внимания.

На Имилорском месторождении при доразведке и его разбуривании в процессе пробной эксплуатации отобраны большие объемы керна, в том числе, и из АРБ, и из вмещающих их ачимовских отложений. В Москве керн анализировался в ходе специализированного литологического исследования, кроме того в Тюмени фотографии просматривались в рамках геологического сопровождения бурения.

При обычном просмотре по фотографиям керна скважины Имилорская 410Р на уровне пласта Ач₂ (глубина 3036 м), то есть на 70 метров выше кровли баженовской свиты, тюменцами были обнаружены угловатые деформированные обломки (инкласты размером до 2–3 см) бурых глинисто-кремнистых пород, включенные в матрицу обычных дебритов: отложений высокоплотных склоновых обломочно-грязевых потоков (рис. 6). Общая толщина слоя дебрита около 15 см, выше этого слоя видимых включений баженитов в разрезе, непрерывно охарактеризованном керном, не отмечается, а в 70 см ниже фиксируется еще один случай макровключения баженита в аналогичном песчано-алевритовом слое дебрисного потока толщиной 5–7 см.

Независимое исследование керна скважины Имилорская 555 в Москве выявило наличие на том же стратиграфическом уровне пласта Ач₂ (глубина 3376.9 м) аналогичных дебритов с включениями (инкластами) баженитов. Слой дебритов имеет такое же двухчленное строение, как и в разрезе скважины 410Р: нижняя часть слоя содержит круп-

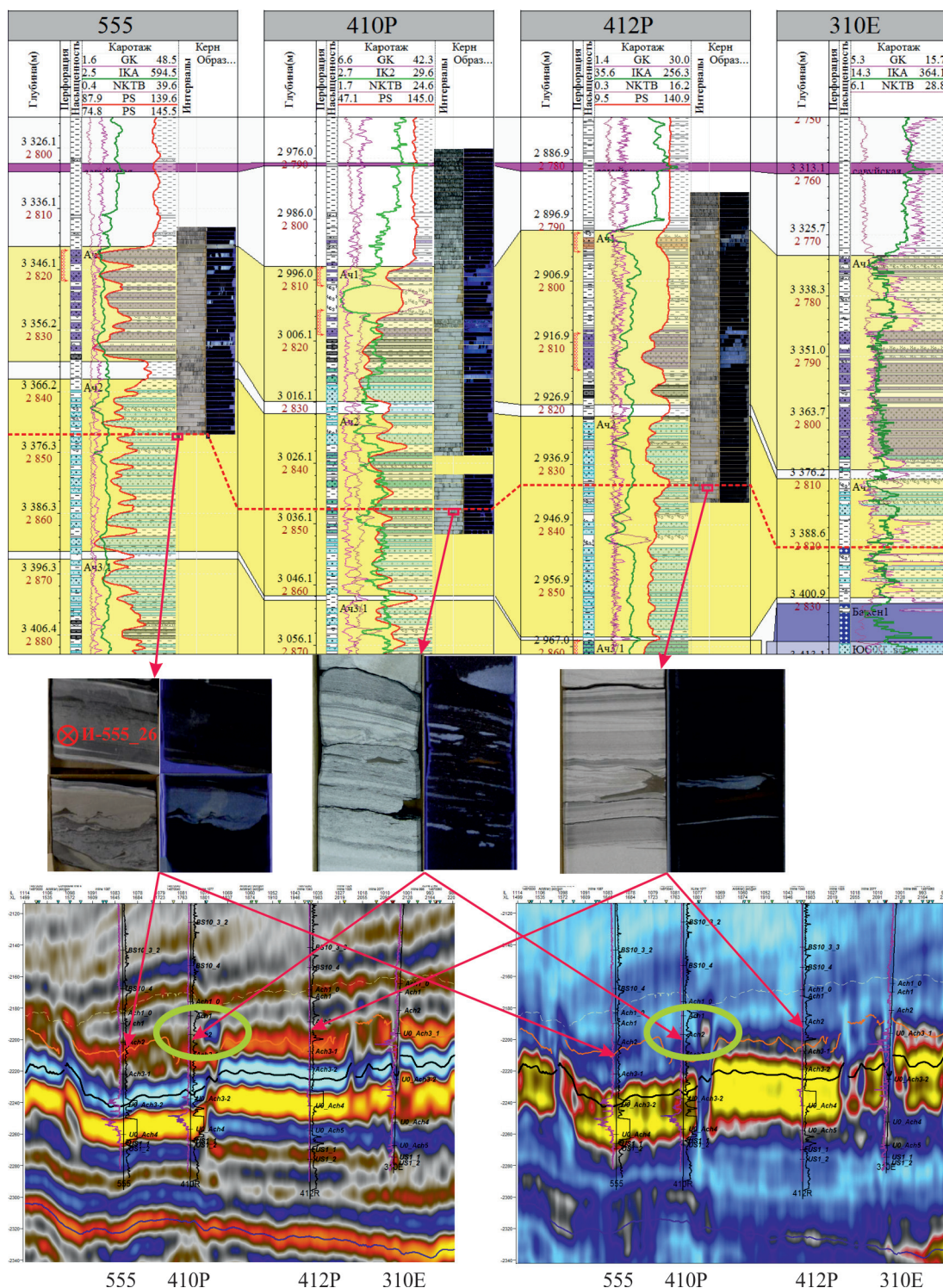


Рис. 6. Сейсмогеологическая интерпретация положения слоев дебритов с инкластами баженитов в разрезе Имилорских скважин 555, 410P и 412P (профиль I на рис. 7).

Фотографии керна в дневном и ультрафиолетовом освещении, направление увеличения глубин в колонках слева направо и сверху вниз. Временные разрезы 3D-кубов амплитуд и интенсивности отражений.

Fig. 6. Seismogeological interpretation of bazhenit inclusions containing debris layers in holes of 555, 410R and 412R Imolcor field's wells (see profile I position on fig. 7).

Daylight (left) and ultraviolet (right) core photos: depth increasing from left to right and from up to down. Time-sections of 3D-cubes of amplitudes and intensities.

ные деформированные обломки, верхняя – с мелкими темными включениями, граница между слоями содержит следы интенсивных пластических деформаций течения. Приведем описание шлифа из верхней части слоя: “Шлиф № И-555–26 (3376.95). Песчаник тонкозернистый, алевроитистый... Порода содержит множественные литокласты баженитов песчано-дресвяной размерности... В породе прослеживаются множественные, неравномерно распределенные обломки другого источника и агента поставки: псаммито-псефитовые включения литокластов баженитов и неуглеродистых полимиктовых аргиллитов. Литокласты имеют размеры от 0.4 мм до 1.7 см, вытянутые, уплощенные, плохोकатанной и неокатанной формы. Все они расположены по слоистости”. Из ачимовских отложений керн в этой скважине отобран в интервале 3342–3378 м. Описанный слой находится в конце отобранного керна, выше него видимых инкластов баженитов в керне не обнаружено. Нами было сделано предположение о стратиграфической приуроченности инкластов баженита.

Целенаправленный просмотр фотографий керна в Имилорской скважине 412Р подтвердил наличие слоя с инкластами баженитов на том же стратиграфическом уровне Ач₂ (глубина 2937.9 м, см. рис. 5).

Продуктивная ачимовская толща Имилорского месторождения является нижней (фондоформной) частью регионального клиноциклита БС₁₁ [Атлас..., 2007]. На большей части месторождения в этом клиноциклите наблюдаются аномальные разрезы баженовской свиты (АРБ) – участки залегания мощных неокомских терригенных осадков, расклинивающих юрские битуминозные органотерригенные осадки баженовской свиты (рис. 7). На месторождении имеются многочисленные фотографии и описания пластических тектур течения и оползневой брекчии баженитов из зон АРБ, а на соседней Северо-Конитлорской площади получено биостратиграфическое подтверждение разновозрастности песчаного материала тела внедрения и оползневой брекчии баженитов [Брадучан и др., 2005]. Это позволяет утверждать, что АРБ, в том числе, и на Имилорской площади появились в неокомское время за счет мягко-пластических деформаций, переработки ранее накопившихся протобаженитов подводными оползнями седиментационного склона, спровоцированными землетрясениями [Нежданов, 2004; Гришкевич и др., 2006; Деев и др., 2012]. В разрезе пластины баженитов расположены на различных стратиграфических уровнях, поэтому на карте временных толщин аномального разреза (см. рис. 7) имеется множество перепадов и локальных возвышений (островов).

Так, в районе 1 куста Имилорского месторождения 3D-сейсморазведкой и эксплуатационной сеткой скважин изучен остров баженита, входящий как олистострома (макровключение) в отло-

жения пласта Ач₁ [Гришкевич и др., 2016] (рис. 8). В скв. 147 и 163 всплывший баженит расщеплен на многочисленные маломощные прослои, зафиксированные в песках вмещающего ачимовского пласта. Разноуровневое расположение баженита в разрезе этих скважин хорошо согласуется со структурой волнового пакета ОГ Б.

В керне скважины 130, расположенной в 2 км юго-западнее “острова”, достоверно распознается один случай дебрита с инкластами баженитов на стратиграфическом уровне пласта Ач₂. Он содержит полный набор слоев, отвечающий дебрисному потоку низкой плотности (Low-Density-Debris-Flow) (рис. 9) [Stow, Shanmugam, 1980; Shanmugam, 2006]. Среди песчаников вышележащего пласта Ач₁ имеется два случая включения дресвяных обломков баженита (предположительно) в дебритах (на верхней фотографии обведено красным контуром).

В окрестности скважины 410Р аналогичная аномалия (отражение), порождаемая малой пластиной баженита, находится на уровне отражающего горизонта Ач₂ (см. рис. 6). Поэтому логично предположить, что источником инородного материала инкластов баженитов служит разрушение именно этой пластины, при этом продукты ее разрушения локализованы в насыщенных слоях, а не “размазаны” по всему разрезу, что было бы логично при разрушении пластины постоянно набегавшими на нее потоками гравитационного перемещения осадков с седиментационного склона [Shanmugam, 2006].

ОБСУЖДЕНИЕ

Уже первый опыт изучения аномальных разрезов баженовской свиты в пределах Урьевской и Поточной площадей Широкого Приобья с позиций оползневой гипотезы их формирования показал [Гришкевич и др., 2015], что процесс их формирования был многостадийным, а в результате его происходит не только фиксация пластин баженитов на различных стратиграфических уровнях, но и “размазывание” маломощных прослоев баженита по всему АРБ. Последующие исследования подтвердили, что такое явление, как “острова баженита”, присутствует во всех изученных нами зонах развития АРБ.

Обнаружение в керне Имилорских скважин локализованных маломощных дебритов с инкластами баженитов, включенных в чисто терригенный песчано-глинистый разрез на стратиграфическом уровне фиксации плавающей пластины-острова баженитов, является прямым свидетельством единовременного, катастрофического характера их возникновения.

Самое простое объяснение имеет случай в 130 скважине. Прорыв пластины протобаженита в момент рождения будущего острова сопровождается

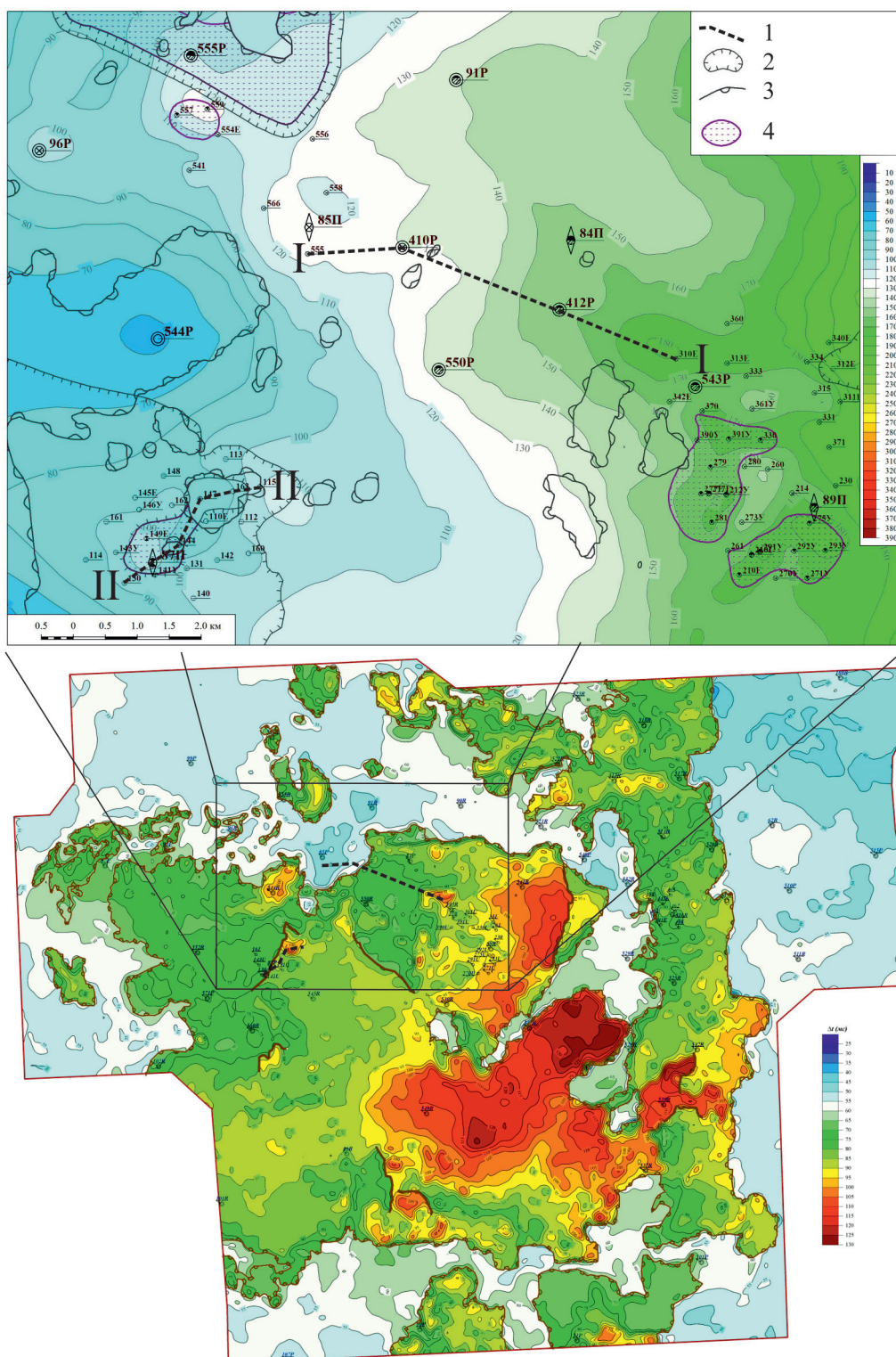


Рис. 7. Карты палеорельефа пласта Ач₂ (вверху) и карта временных толщин между отражающими горизонтами Т и Б (кровли тюменской и баженовской свит, по данным ЦСИ КНИПИИ).

1 – положение профилей, 2 – граница глинизации пласта Ач₂, 3 – зона отсутствия ОГ Ач₂, 4 – контуры залежей.

Fig. 7. Maps of Ach₂ layer paleorelief (up) and time thickness (down) between seismic reflective horizons T and B (tops of Tyumen and Bahzenov formations, after CSI KCPIOil).

1 – profile positions, 2 – Ach₂ layer's pinch-out, 3 – Ach₂ reflection's missing zone, 4 – oil pools.

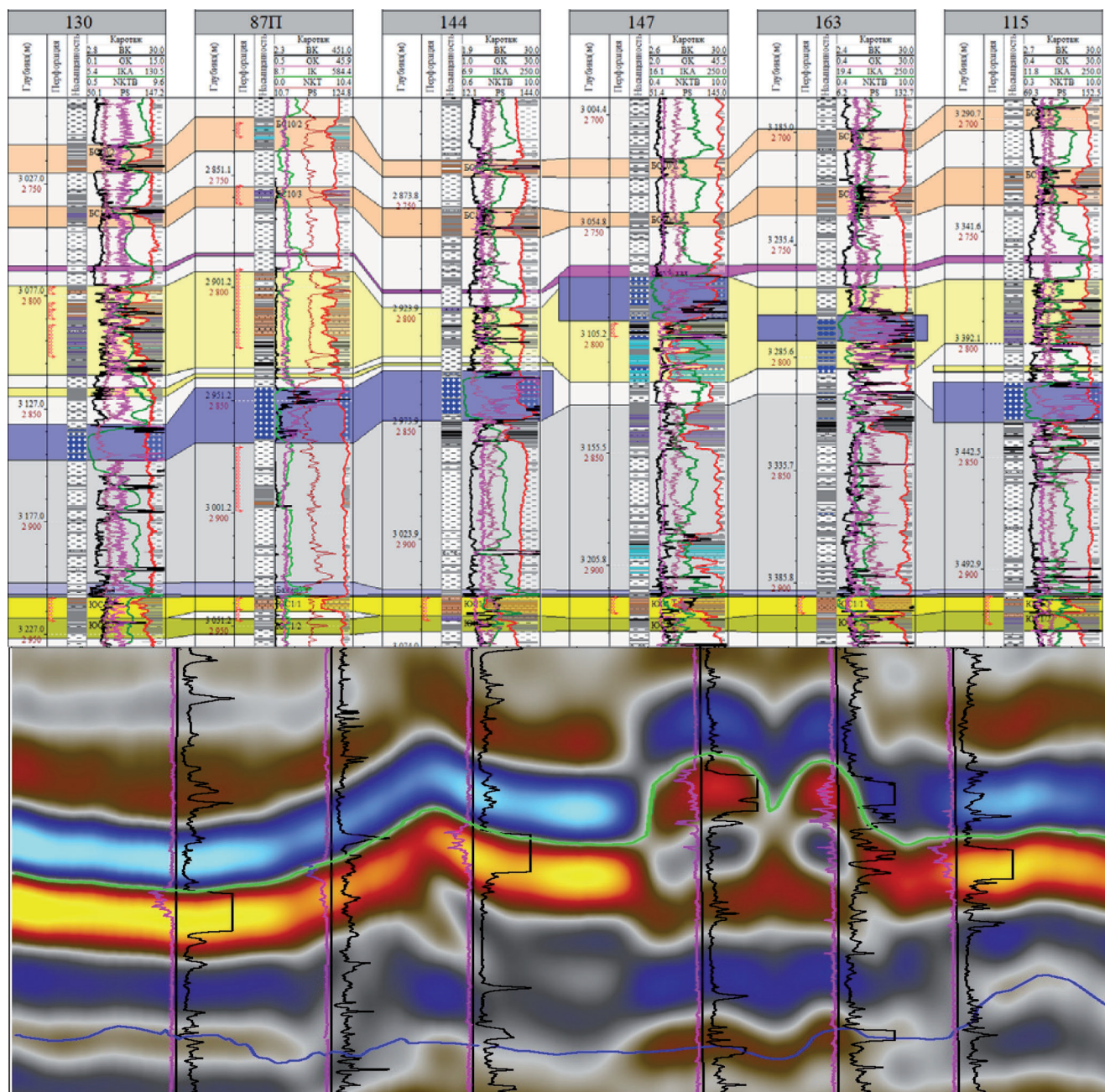


Рис. 8. Схема корреляции разрезов скважин и временной разрез через “плавающий остров” (профиль II на рис. 7).

Fig. 8. Well's correlation scheme and time-section cross “floating island” (see profile II position on fig. 7).

излиянием оползневой пульпы и возникновением сопутствующего турбидитного потока (см. рис. 4).

Для случаев локализованных слоев дебритов с инкластами баженинов в рамках предложенной модели выстраивается следующая схема. Серия мелких пластин протобаженитов находится на седиментационном склоне в полупритопленном, неравновесном состоянии. Если в этот момент происходит какое-либо сейсмическое событие: землетря-

сение, сход крупного оползня или гидравлический удар цунами [Kenter, Schlagger, 1989], то оно провоцирует временное разжижение осадка и разрыв (отщепление) пластин протобаженита на критических глубинах. Последующее всплывание верхних частей пластин привносит на поверхность осадка “дисъюнктивную брекчию” – продукт взаимодействия всплывающей пластины и вмещающего осадка. Повышение уровня “острова протобаже-

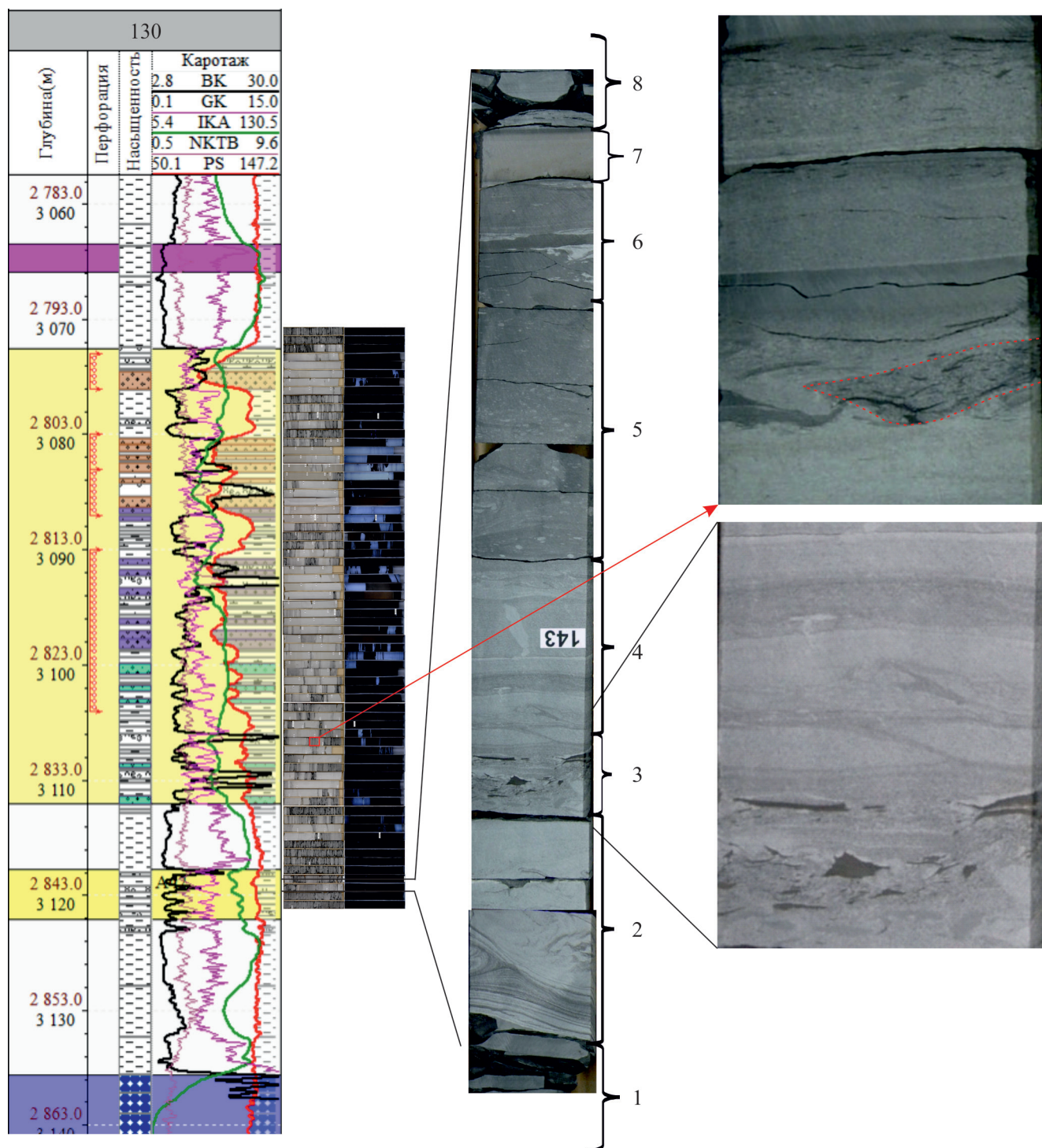


Рис. 9. Стратиграфическая привязка керна в скважине Имилорская 130.

1 – подстилающие глины со следами нагрузки, 2 – мелкозернистые пески с текстурой пластического течения, 3 – алевролиты с включениями базенитов, 4 – градационные алевролиты с включениями глин, 5 – градационные глины с микробрекчией алевролитов, 6 – известковистые глины, 7 – глинистый известняк, 8 – перекрывающие глины.

Fig. 9. Core stratigraphic referencing in 130 Imilor well's hole.

1 – underlying clay with load casts, 2 – fine sandstone with flow structure, 3 – siltstone with bazhenitinclasts, 4 – normal grading siltstone with clay inclasts, 5 – normal grading claystone with silt inclasts, 6 – calcareous clay, 7 – argillaceous limestone, 8 – overlying clays.

нита” по отношению к окружающему дну и встряска перекрывающих его маломощных осадков приводит к их частичному стеканию (гравитационному перемещению) с эрозией кромки “протобаженитов”. Продукты смыва – более тонкозернистые дебриты с инкластами эродированных баженитов – перекрывают “дизъюнктивную брекчию”, образуя верхнюю часть слоя дебритов с мелкими инкластами баженитов.

В рамках этой схемы слой дебритов с включениями баженита является локальным стратиграфическим маркером, связанным с определенным сейсмическим событием. В разрезе даже одного пласта может быть несколько таких маркеров-дебритов. Из-за своей малой толщины они не распознаются геофизическими методами исследования скважин. Но при наличии достаточного объема ядерного материала знание об их существовании может быть полезным для решения задач детальной корреляции разрезов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас “Геологическое строение и нефтегазоносность неокомского комплекса Ханты-Мансийского автономного округа – Югры”. (2007) Ханты-Мансийск: ГП ХМАО “НАЦ РН им. В.И. Шпилемана”.
- Брадучан Ю.В., Булыникова С.П., Вячкилева Н.П., Гольберт А.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А., Климова И.Г., Козлова Г.Э., Лебедев А.И., Месежников М.С., Налъняева Т.И., Турбина А.С. (1986) Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтегазоносность). Новосибирск: Наука, 216 с.
- Брадучан Ю.В., Глушко Н.К., Комиссаренко В.К., Шатова Л.А., Гришкевич В.Ф., Касаткин В.Е., Предин С.А., Торопов Э.С. (2005) О возрасте отложений аномальных разрезов пограничных слоев юры и мела по скважинам Северо-Конитлорского месторождения. *Вестник недропользователя ХМАО*. Вып. 16. Тюмень, 20-24 с.
- Гончаров М.А., Талицкий В.Г., Фролова Н.С. (2005) Введение в тектонофизику. М.: КДУ, 496 с.
- Гришкевич В.Ф., Касаткин В.Е., Кулагина С.Ф., Предин С.А., Теплоухова И.А. Хафизов Ф.З. (2006) Опыт геолого-геофизического моделирования “аномальных” разрезов баженовской свиты. *Геофизика*, (2), 23-27.
- Гришкевич В.Ф., Лагутина С.В., Панина Е.В. (2015) Геомеханика образования аномальных разрезов баженовской свиты оползневого типа. *Геология морей и океанов. Мат-лы XXI междунар. науч. конф. (школы) по морской геологии*. Т. V. М., 76-80.
- Гришкевич В.Ф., Лагутина С.В., Панина Е.В., Долматова С.С., Лаптей А.Г., Торопов Э.С., Стариков В.С., Хорошев Н.Г., Блинкова А.В. (2017) Геомеханическая модель формирования аномальных разрезов баженовской свиты: физическое моделирование и практическое применение. *Геология, геофизика и разработка месторождений нефти и газа*, (3), 33-47.
- Деев Е.В., Зольников И.Д., Староверов В.Н. (2012) Отра-

- жение быстрых геологических процессов в отложениях и текстурах (на примере разновозрастных комплексов Северной Евразии). *Литосфера*, (6), 14-36.
- Курсин С.В., Наумов А.Л., Онищук Т.М. (1984) Особенности строения отложений баженовской свиты на площадях Среднего Приобья. *Проблемы нефти и газа Тюмени*, (61). Тюмень, 6-9.
- Микуленко К.И., Острый Г.Б. (1968) Оползневые образования в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности. *Литология и полез. ископаемые*, (5), 111-117.
- Нежданов А.А. (2004) Геолого-геофизический анализ строения нефтегазоносных отложений Западной Сибири для целей прогноза и картирования неантиклинальных ловушек и залежей УВ. Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Тюмень, ТюмГНГУ, 458 с.
- Олейник О.В., Плавник Г.И. (2003) Неокомские оползневые явления на Урьевской и Поточной площадях Среднего Приобья. *Вестник недропользователя ХМАО*, (10). Ханты-Мансийск, 47-58. <http://www.oil-news.ru/10-10/>
- Kenter J., Schlager W. (1989) A comparison of shear strength in calcareous and siliciclastic marine sediments. *Marine Geology* (7). <http://www.researchgate.net/publication/248460325>
- Lee H.J., Locat J., Desgagnes P., Parsons J.D., McAldoo B.G., Orange D.L., Puig P., Wong L.L., Dartnell P., Boulanger E. (2009) Submarine mass movements on continental margins. *Continental Margin Sedimentation: From Sediment Transport to Sequence Stratigraphy*. DOI: 10.1002/9781444304398.ch5
- Leipe T., Tauber F., Vallius H., Virtasalo J., Uscinowicz S., Kowalski N., Hille S., Lindgren S., Myllyvirta T. (2011) Particulate organic carbon (HJC) in surface sediments of the Baltic Sea. *Geo-Mar Lett.*, **31**, 175-188.
- Shanmugam G. (2006) Deep-water processes and facies models: Implications for sandstone petroleum reservoirs. *Handbook of petroleum exploration and production*. Amsterdam, Elsevier. V. 5, 476 p.
- Stow D.A.V., Shanmugam G. (1980) Sequence of structures in fine-grained turbidities: comparisons of recent deep-sea and ancient flysch sediments. *Sedimentary Geology*, **25**(1), 23-42.
- Thießen O. (2005) **Bacterial Methane Formation and Distribution in Marine Environments: Case Studies from Arkona Basin (Western Baltic Sea) and Hotspots in the Central South Pacific**. Doctoral thesis, Kiel, 146 p.

REFERENCES

- Atlas “Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost' neokomskogo kompleksa Khanty-Mansiyskogo Avtonomnogo Okruga – Yugry”* (2007) [Atlas “Geological feature and oil productivity of Neocomian complex of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra”. GP KHMAO “NATS RN im. V.I. Shpil'mana”, Khanty-Mansiysk. (In Russian)]
- Braduchan Ju.V., Bulynnikova S.P., Vyachkileva N.P., Gol'bert A.V., Gurari F.G., Zaharov V.A., Klimova I.G., Kozlova G.E., Lebedev A.I., Mesezhnikov M.S., Nal'nyaeva T.I., Turbina A.S. (1986) *Bazhenovskii gorizont Zapadnoi Sibiri (stratigrafiya, paleogeografiya,*

- ekosistema, neftegazonosnost'*) [West Siberian Bazhenovo Horizon (stratigraphy paleogeography, ecosystems, petroleum productivity]. Novosibirsk, Nauka Publ., 216 p. (In Russian)
- Braduchan Ju.V., Glushko N.K., Komissarenko V.K., Shatova L.A., Grishkevich V.F., Kasatkin V.E., Predein S.A., Toropov E.S. (2005) About geological age of abnormal sequences of Jurassic and Cretaceous border layers in Severo-Konitlorskoe field wells. *Vestnik nedropol'zovatelya KHMAO. Tyumen'*. V. 16, 20-24. (In Russian)
- Deev E.V., Zol'nikov I.D., Staroverov V.N. (2012) Some types of deposits and textures as a result of rapid geological processes (on the example of different age complexes of northern Eurasia). *Litosfera*, (6), 14-36. (In Russian)
- Goncharov M.A., Talitskii V.G., Frolova N.S. (2005) *Vvedenie v tektonofiziku* [Introduction into tectonophysics]. Moscow, KDU Publ., 496 p. (In Russian)
- Grishkevich V.F., Kasatkin V.E., Kulagina S.F., Predein S.A., Teploukhova I.A., Khafizov F.Z. (2006) Experience of geological and geophysical modelling of Bazhenov abnormal sequences. *Geofizika*, (2), 23-27. (In Russian)
- Grishkevich V.F., Lagutina S.V., Panina E.V. (2015) Geomechanics generation of slump-type Bazhenovo abnormal sequences. "Geologiya morei i okeanov". *Trudy XXI Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Shkoly) po morskoi geologii. T. V.* [Proc XXI Int. Conf. (School) on Marine Geology "Geology of seas and oceans". V. 5]. Moscow, 76-80. (In Russian)
- Grishkevich V.F., Lagutina S.V., Panina E.V., Dolmatova S.S., Laptey A.G., Toropov E.S., Starikov V.S., Khoroshev N.G., Blinkova A.V. (2017) Geomechanical model of Bazhenovo Formation abnormal sequence's: physical experiments and practical usage. *Geologiya, geofizika i razrabotka mestorozhdenii nefiti i gaza*. (3), 33-47. (In Russian)
- Kenter J., Schlager W. (1989) A comparison of shear strength in calcareous and siliciclastic marine sediments. *Marine Geology*, (7). <http://www.researchgate.net/publication/248460325>
- Kursin S.V., Naumov A.L., Onishchuk T.M. (1984) Structural features of Bazhenovo Formation deposits in Middle Ob-river surrounding fields. *Problemy nefiti i gaza Tyumeni*, (61), 6-9. (In Russian)
- Lee H.J., Locat J., Desgagnes P., Parsons J.D., McAdoo B.G., Orange D.L., Puig P., Wong L.L., Dartnell P., Boulanger E. (2009) Submarine mass movements on continental margins. *Continental Margin Sedimentation: From Sediment Transport to Sequence Stratigraphy*. DOI: 10.1002/9781444304398.ch5
- Leipe T., Tauber F., Vallius H., Virtasalo J., Uscinowicz S., Kowalski N., Hille S., Lindgren S., Myllyvirta T. (2011) Particulate organic carbon (HOC) in surface sediments of the Baltic Sea. *Geo-Mar Lett.*, (31), 175-188.
- Mikulenko K.I., Ostryi G.B. (1968) Slump formations in West Siberian Mesozoic deposits. *Litol. Polezn. Iskop.*, (5), 111-117. (In Russian)
- Nezhdanov A.A. (2004) *Geologo-geofizicheskii analiz stroeniya neftegazonosnykh otlozhenii Zapadnoi Sibiri dlya tselei prognoza i kartirovaniya neantiklinal'nykh loyushek i zalezhei UV*. Dis. ... dokt. geol.-min. nauk [Geological and geophysical analysis of West Siberia oil productive sediments for non-anticline HC traps forecasting and mapping. Dr. geol. and min. sci. diss.]. Tyumen', TyumGNGU', 458 p. (In Russian)
- Oleinik O.V., Plavnik G.I. (2003) Neocomian slide occurrence on Ur'evskoe i Potochnoe fields of Middle Ob-river surroundings. *Vestnik nedropol'zovatelya Khanty-mansiyskogo avtonomnogo okruga*, (10). Khanty-Mansiysk, 47-58. <http://www.oilnews.ru/10-10/> (In Russian)
- Shanmugam G. (2006) Deep-water processes and facies models: Implications for sandstone petroleum reservoirs. Handbook of petroleum exploration and production. Amsterdam, Elsevier. V. 5, 476 p.
- Stow D.A.V., Shanmugam G. (1980) Sequence of structures in fine-grained turbidities: comparisons of recent deep-sea and ancient flysch sediments. *Sedimentary Geology*, 25(1), 23-42.
- Thießen O. (2005) *Bacterial Methane Formation and Distribution in Marine Environments: Case Studies from Arkona Basin (Western Baltic Sea) and Hotspots in the Central South Pacific*. Doctoral thesis, Kiel, 146 p.