

УДК 553.9

**Тектоно-седиментационный подход как основа для изучения  
тонкослоистых коллекторов сложного геологического строения**

**Е. С. Милей<sup>1</sup>, С. Р. Бембель<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>ООО «НТЦ НИС-Нафtagас», г. Нови-Сад, Республика Сербия

<sup>2</sup>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

\*e-mail: bembel\_gsr@mail.ru

**Аннотация.** Работа посвящена результатам исследований особенностей формирования гетерогенных геологических тел, представленных коллекторами турбидитового комплекса «озерного типа», характеризующихся сложным тонкослоистым строением. Для изучения геологических особенностей и геолого-промысловых характеристик подобных резервуаров требуется подбор эффективных методов исследований. Особенности строения турбидитового комплекса рассмотрены на примере терригенных верхнемиоценовых отложений Паннонского бассейна на территории Республики Сербии.

По результатам выполненных исследований мы подтвердили взаимосвязь особенностей строения мозаичной структуры фундамента, систем глубинных разломов со сложным строением терригенных отложений. На основании анализа геолого-геофизического материала предложено использование фациального и тектоно-структурного анализа в комплексе, как взаимодополняющих процедур при изучении подобных залежей. Для проверки гипотезы о формировании пластов в режиме турбидитовых систем был выполнен седиментологический анализ объекта «Х» и определена обстановка осадконакопления, сделан вывод о доминирующем влиянии тектоники на осадконакопление при формировании относительно глубокого эпиконтинентального бассейна.

С целью подтверждения наличия ротационной компоненты выполнен линейный анализ территории, на основании которого сформулирована и обоснована гипотеза формирования локальных структур в результате сдвиговых тектонических движений, инициированных локальными выступлениями глубинных структур. На основании комплексного анализа материалов исследований керна, данных ГИС и сейсморазведки выделены перспективные направления для следующего этапа доразведки территории. Дальнейшее изучение северной части территории в соответствии с изложенным подходом наиболее вероятно будет способствовать обнаружению локальных залежей углеводородов.

**Ключевые слова:** турбидиты; тонкослоистый коллектор; тектонический фактор; осадконакопление; глубинные разломы; фациальный анализ; сейсмический разрез; зона деструкции

**Tectonic-sedimentary approach as a basis to study thinly bedded reservoirs  
with complex geological structure**

**Evgeniia S. Milei<sup>1</sup>, Sergey R. Bembel<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>STC NIS-Naftagas LLC, Novi Sad, Serbia

<sup>2</sup>Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

\*e-mail: bembel\_gsr@mail.ru

*Abstract.* The article is focused on studies of features of the formation of heterogeneous geological structures namely the "lake-type" turbidite reservoirs, with complex thin-layered structure. The study of geological features and geological and commercial characteristics of such reservoirs requires selection of effective research methods. The structural features of the turbidite complex are considered on the example of terrigenous Upper Miocene sediments of the Pannonian basin of the Republic of Serbia.

Based on the results of the studies, we confirmed the relationship of the structural features of mosaic structure of the basement and deep fault systems with the complex structure of terrigenous deposits. Based on the analysis of geological and geophysical material, we proposed the use of facies and tectonic-structural analysis in the complex, as complementary procedures in the study of such deposits. To test the hypothesis of formation of strata in the turbidite system mode, a sedimentological analysis of object "X" was carried out and sedimentation conditions were determined, which led to a conclusion that the influence of tectonics dominates the sedimentation during the formation of a relatively deep epicontinental basin.

In order to confirm the presence of the rotational component, a lineament analysis of the territory was performed, on the basis of which the hypothesis of the formation of local structures as a result of shear tectonic movements initiated by local protrusions of deep structures was formulated and justified. Promising areas for the next stage of additional exploration of the territory are identified, based on a comprehensive analysis of core research materials, well logging and seismic data. Further study of the northern part of the territory in accordance with the described approach will most likely contribute to the discovery of local hydrocarbon deposits.

*Key words:* turbidites; thinly bedded reservoir; tectonic factor; sedimentation; deep faults; facies analysis; seismic section; destruction zone

## Введение

При изучении геологических особенностей отложений различного генезиса внимание специалистов-геологов традиционно направлено на выявление фациальных или структурных характеристик, присущих данному объекту и повышающих его привлекательность с точки зрения перспективы добычи углеводородов (УВ). Данное исследование сконцентрировано на изучении специфики формирования пород-коллекторов, отнесенных к турбидитовым комплексам «озерного типа» сложного строения, связанным с многократной сменой трансгрессивных и регрессивных циклов. В результате сложных взаимодействий геологических факторов были сформированы гетерогенные геологические тела, характеризующиеся сложным тонкослоистым строением резервуара.

Тонкослоистые коллекторы рассматриваются современными геологами как один из недоисследованных объектов, разрабатываются подходы к их изучению в разных областях нефтегазовой области. Данный тип коллектора трудно выделить по показаниям методов геофизических исследований скважин (ГИС), пользуясь стандартной методикой интерпретации, и, как следствие, продуктивные нефтенасыщенные интервалы могут быть пропущены. Свойства такого коллектора необходимо оценивать, применяя особую методику интерпретации и специальные методы. Этому посвящена работа Е. Ф. Цукановой [1]. С точки зрения изучения геологических особенностей и геолого-промысловых характеристик подобных объектов очень важным является подбор наиболее эффективных методов работы со сложными тонкослоистыми объектами.

Особенности условий осадконакопления «озерных» турбидитов главным образом предполагают и определяют вертикальную неоднородность строения коллекторов. Однако, по мнению российских и зарубежных ученых (Э. Ор, А. Д. Архангельский, Г. Штилле, В. Бечер, М. В. Муратов и многие другие), тектонические движения вызывают периодические региональные трансгрессии и рег-

рессии морей (в данной статье рассмотрены особенности на примере Паннонского моря-озера на территории Республики Сербии) в области материков и обуславливают высокое и низкое стояние материковых массивов относительно уровня мирового океана (Г. Д. Ажгирей [2]).

Классическая генетическая классификация слоистости основана на представлении, что слоистые структуры горных пород в большинстве случаев образуются в связи с взаимодействием по крайней мере двух групп факторов — тектонических и физико-географических, хотя в некоторых случаях слоистость может быть вызвана в основном действием только одного из факторов (Г. Д. Ажгирей [2]).

Анализ тектонических форм и систем нарушения залегания пород на территории Паннонского бассейна (территория Республики Сербии) является первоочередным и необходимым условием при выявлении генеральных характеристик развития территории и прогнозе перспективных областей, не вскрытых бурением. В юго-восточной части Паннонского бассейна ряд зарубежных ученых (F. Horvath [3], J. Pigott [4]) указывают на проявление активных тектонических процессов. В связи с этим утверждается, что гибридное строение геологических толщ сформировано под влиянием разнонаправленных тектонических сил [5, 6].

Сложное строение терригенных отложений Паннонского бассейна обусловлено особенностями строения его глубинных форм — мозаичной структурой фундамента и разломов [7, 8]. На основании проведенных исследований мы предлагаем применять фациальный и тектоно-структурный анализ [9] в комплексе, как взаимодополняющие процедуры при изучении подобных залежей.

Идеи комплексирования тектонических и физико-географических факторов разрабатывались с конца XIX столетия российскими и зарубежными геологами (Н. А. Головкинский, А. П. Карпинский, Ю. А. Косыгин и др.). Н. А. Головкинский (1869 г.) одним из первых наиболее определенно указал на возможность образования слоистости в связи с тектоническими движениями, перемещением береговой линии и обусловленной ими миграцией фаций [2].

С учетом геотектонических гипотез и на основании практического опыта, накопленного при работе со сложными геологическими обстановками осадконакопления Паннонского бассейна, разработан авторский тектоно-седиментационный подход. При изучении геологических особенностей объектов таким путем восстанавливаются причинно-следственные связи между фациальными и тектоническими условиями формирования геологических тел, в результате появляется основа для создания обоснованной квазистатической прогнозной модели объекта.

Выбранный для изучения комплекс терригенных отложений нижнего понта (верхний миоцен неогеновой системы кайнозойской эратемы) отличается тонкослоистым строением, внутри которого отмечается различный характер насыщения песчаных линз по площади. Эти особенности привлекли наше внимание для детального рассмотрения с целью найти причину и характер гетерогенности геологических тел, установить тектонический режим формирования изучаемых структур, а также выявить перспективные участки для дальнейшей доразведки залежей УВ.

Задачи, определенные для достижения поставленных целей, следующие: детализация внутреннего строения залежей; выделение геологических тел, сформированных в схожих условиях осадконакопления; анализ взаимосвязей между строением фундамента и структурой осадочного комплекса; определение геологических границ перспективных объектов.

#### **Объект и методы исследования**

Фактическими материалами для данной статьи послужили результаты анализа многопластовой залежи южной части Паннонского бассейна и прилегающих территорий, расположенных на территории Республики Сербии (Северный Банат).

Объект изучения представляет собой многопластовую залежь месторождения Кикинда — комплекс «Х», которое открыто в 1959 году. На текущий момент комплекс находится в разработке, однако до настоящего времени добыча УВ производилась только из нижних пластов. Несмотря на то, что по данным ГИС фиксировались проявления УВ в верхней части залежи, нефтяной объект Х<sub>3</sub> не введен в полномасштабную разработку. Пласты залегают на глубинах 1 700–1 600 м, коллектор представлен переслаиванием слабосцементированного тонкослоистого песчаника и прослоев глин.

Отложения рассматриваемого комплекса пластов приурочены к нижнему понту. Комплекс состоит из четырех объектов, вскрытых 85 скважинами (из них в пределах залежи находятся 56 скважин). На основании кривых ГИС в комплексе отчетливо выделяются четыре цикла, связанных с изменением уровня моря. За границы пластов приняты границы затопления или понижения уровня моря.

Для самого нижнего объекта Х<sub>1</sub> определен регрессивный цикл осадконакопления, по электрометрическим методам отмечается закономерное увеличение зернистости вверх по разрезу (рис. 1).

Выше по разрезу происходило несколько циклов поднятия уровня моря, о чем свидетельствует увеличение зернистости вверх по разрезу. Пласты Х<sub>1</sub>, Х<sub>2</sub> представлены в керне в основном заглинизированными разностями с периодическим появлением линз крупнозернистого песчаника мощностью до 10 см.

Завершает комплекс отложений пласт Х<sub>3</sub>, характеризующийся наибольшей общей мощностью пласта (до 50 м). На основании анализа ГИС было выдвинуто предположение о формировании отложений последнего цикла Х<sub>3</sub> в относительно глубоководных условиях в результате деятельности турбидитовых систем.

Наличие трансгрессивных и регрессивных циклов, связанных с изменением уровня моря-озера, согласуется с региональными данными, описанными в работе венгерского исследователя I. Magyar [10]. В связи со сложным геологическим строением региона (блоковое строение и локальные выступы фундамента, сдвиговые деформации, многообразие фациальных обстановок) и неоднозначностью результатов промышленной эксплуатации залежи (появление газовых объектов в северной части залежи) строение выявленных залежей требует дальнейшего изучения для уточнения прогноза распределения продуктивных линз коллекторов и фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС). Основой такого прогноза послужили результаты исследования керна, скважинные и сейсмические данные. В процессе работы применялся комплекс существующих методов: седиментологический анализ керна, электрофациальный анализ, сеймостратиграфический и линеаментный анализ.

#### **Экспериментальная часть**

Для проверки гипотезы о формировании пластов в режиме турбидитовых систем был выполнен седиментологический анализ. В результате анализа доступного кернового материала в интервале глубин объекта «Х» определена обстановка осадконакопления — «озерные» турбидиты со всеми текстурными признаками, свойственными классическим турбидитам. Описание «озерных» турбидитов Паннонского бассейна приведено в работе Е. А. Жуковской и Е. С. Милей [11]. Отложения сформированы в изолированном (периодически изолированном) относительно глубоком эпиконтинентальном бассейне, в формировании которого было доминирующим влияние тектоники. Механизм формирования отложений схож с таковым для классических турбидитов, однако масштаб территории Паннонского бассейна не сопоставим с глубоководными бассейнами, где существуют современные турбидитовые системы и их погребенные древние аналоги [12].

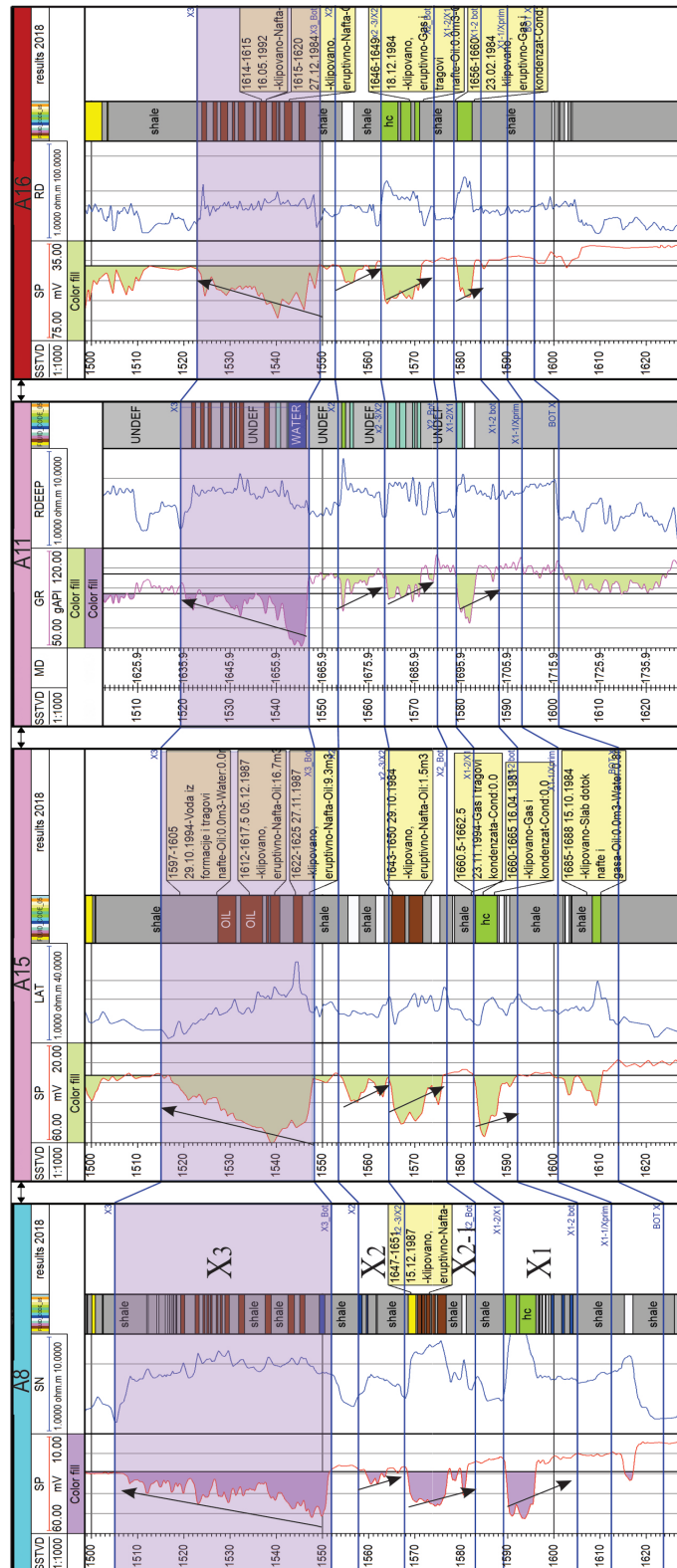


Рис. 1. Выделение четырех основных циклов изменения уровня моря на основании кривых геофизических исследований скважин

Верхнюю часть комплекса, пласт  $X_3$ , можно описать как чередование глинистых и песчаных интервалов, причем к кровле пласта мощность песчаных телкратно уменьшается. Это говорит о возможной регрессии конусов выноса в результате субвертикальных тектонических движений и, как следствие, повышения уровня моря. Подтверждают генезис осадков и текстуры удаления воды, просадки под давлением, специфические биотурбации, наличие прослоев с глинистыми интракластами в песчаниках (рис. 2).

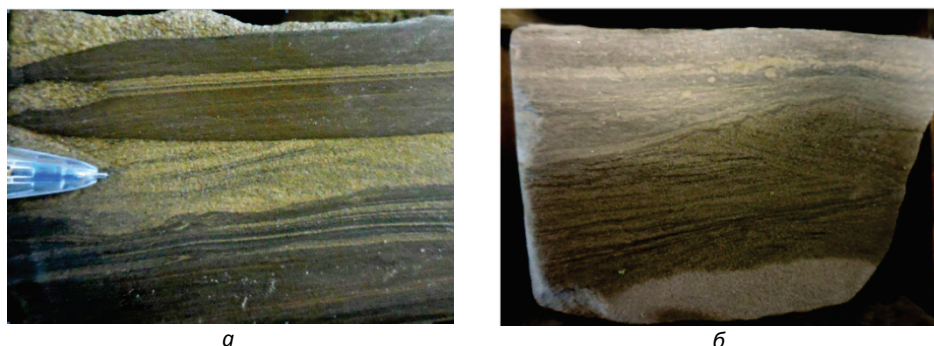


Рис. 2. Седиментационные текстуры в интервале пласта  $X_3$  (верхняя часть комплекса): а — косая слоистость; б — аналог «hummocky cross-stratification»

Признаки мелкомасштабных деформаций были обнаружены в керне каждого пласта рассматриваемого нефтепромыслового комплекса пластов «Х». Это подтверждает вероятность тектонических причин таких деформаций. Как результат тектонических толчков того времени, на керне зарегистрированы текстуры деформации слабоуплотненного осадка типа «сброс» при растяжении (рис. 3).

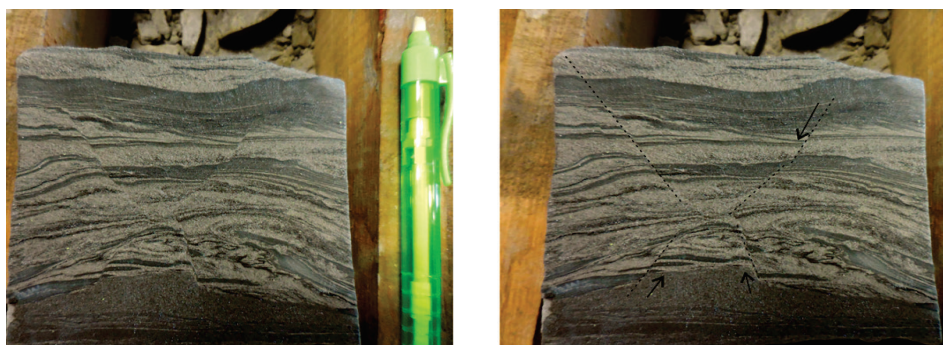


Рис. 3. Деформационные текстуры в интервале пласта  $X_3$

Обнаруженная особенность изучаемых отложений — наличие в разрезе на глубине 1 600 м слабосцементированных песчаников, что не встречается в традиционных тонкослоистых коллекторах. Это может быть объяснено глубинными пульсирующими тектоническими движениями и быстрым погружением бассейна, так как следы деформаций сброса при растяжении четко фиксируются в керне.

Все установленные особенности отложений позволили с большей долей уверенности говорить об образовании их в турбидитовых системах крупного озера. Благодаря такому механизму были образованы песчаные линзы с хорошими ФЕС, что увеличивает привлекательность нефтепромыслового объекта.



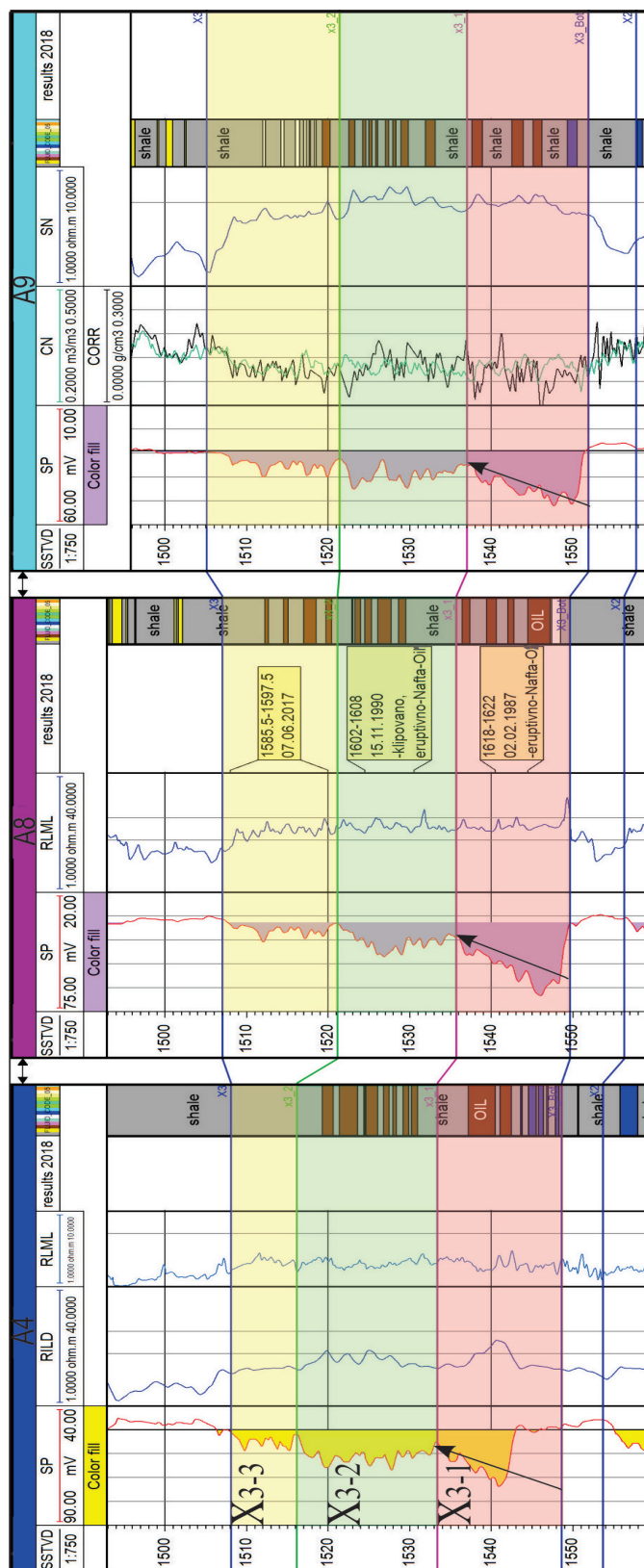


Рис. 4. Детализация строения объекта X<sub>3</sub> по методу электрофациального анализа

При дальнейшей разработке пластов на основании выработанной гипотезы было установлено, что верхняя часть комплекса — пласт  $X_3$  имеет различное насыщение УВ как внутри своих вертикальных границ, так и по латерали. Наличие данного факта заставило детализировать строение этого объекта в двух направлениях. В результате детального выделения циклов изменения уровня моря установлено три дополнительных границы геологических тел внутри пласта  $X_3$  (рис. 4).

Первый внутренний цикл пласта  $X_3$  ( $X_{3.1}$ ) является выраженным этапом трансгрессии, характеризуется песчаными пропластками средней мощностью 1–1,5 м. Разрез верхних циклов является менее характерным с точки зрения анализа особенностей электрофаций, но границы объектов отмечены мощными глинистыми перемычками до 5 м. При испытании этих пластов обнаружено наличие водонасыщенных пропластков над нефтенасыщенными.

Мы предполагаем, что к сложной внутренней конфигурации геологических тел в большей степени привели глубинные тектонические события. Предпосылкой к такому заключению служат региональные исследования на территории Паннонского бассейна, где зафиксированы ротационные и горизонтальные движения блоков фундамента [4, 13, 14].

Анализ морфологии структурной поверхности кровли продуктивных объектов — пластов  $X$  показал, что в северной части исследуемой территории особенно выражены локальные поднятия фундамента. Пример одного из продуктивных нефтеносных участков с наличием залежей в пластах  $X$  приведен на фрагменте сейсмического временного разреза (рис. 5).

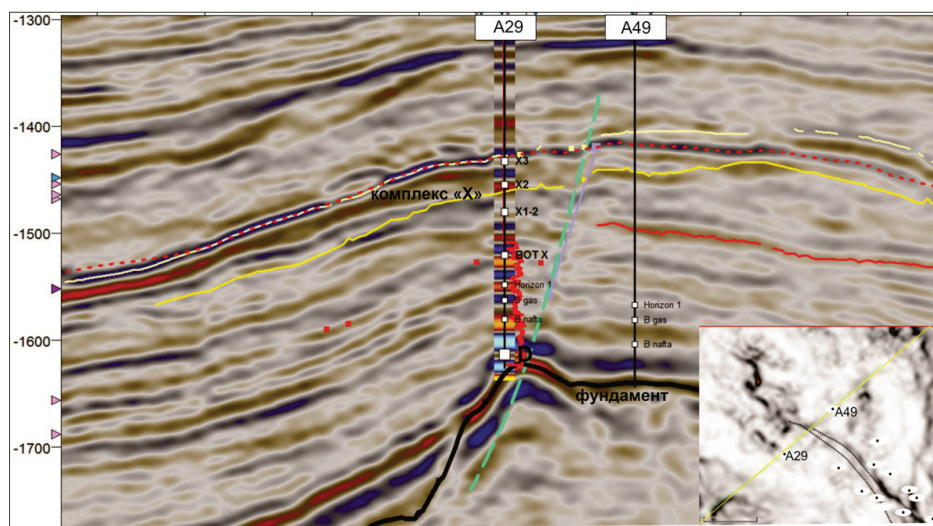


Рис. 5. Фрагмент временного сейсмического разреза по линии

Скважина A29 находится в районе локального выступа фундамента, а от сводов выступа прослеживаются прерывания фаз отражающих горизонтов (ОГ), по которым выделено положение разлома. Характер амплитуд, куполообразная форма ОГ позволяют провести соответствие данного выступа с субвертикальными зонами деструкции, описанными в работе [15].

В. В. Белоусов в работе [16] описал, что интенсивность складчатости связана с интенсивностью колебательных движений: она проявляется сильнее там, где больше размах вертикальных движений. Следовательно, логично ожидать локальные структуры в вышележащих отложениях над выступами фундамента. В выше-



лежащих отложениях явного наличия разлома не прослеживается, но отмечаются локальные флексуры и ослабление сейсмических волн.

Опираясь на опыт изучения соседних структурно-формационных зон [9], мы пришли к идее о том, что на данной площади субвертикальные выступы фундамента инициировали дезинтеграцию вышележащих пород, которые впоследствии подверглись ротационным деформациям.

С целью подтвердить или опровергнуть наличие ротационной компоненты был выполнен линеamentный анализ территории. На основе выполненной интерпретации ОГ по кровле комплекса «Х» (пласта  $X_3$ ) выделены основные структурные элементы северной части территории (рис. 6):

- локальные структурные выступы с северо-западной ориентацией (красные овалы),
- линеamentы (черный пунктир),
- основные проявленные разрывные нарушения на территории залежи (красные линии).

Также на рисунке 6 обозначен контур водонефтяного контакта залежи пласта  $X_3$  (синий пунктир), который установлен на основании испытаний центральной части залежи на уровне  $-1\ 547$  м (а.о.) и не является замкнутым.

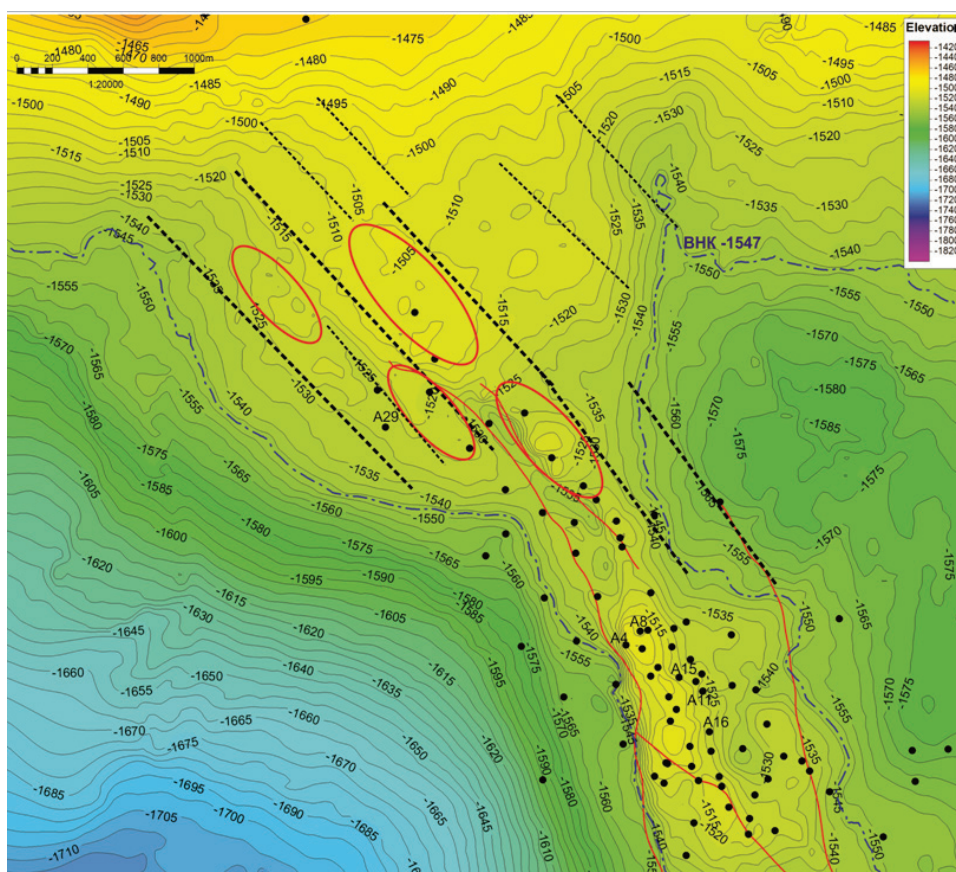


Рис. 6. Структурная карта по кровле пласта  $X_3$  с указанием основных линеamentов и перспективных структур для доразведки

Ориентация локальных структур совпадает с выделенными линеamentами. Однако между основными разломами в залежи и линеamentами наблюдается различное

азимутальное направление. Мы предлагаем следующую гипотезу развития территории — многостадийная активизация субвертикального выступа фундамента в районе скважины А29 инициировала серию горизонтальных сдвигов в вышележащих терригенных отложениях. Каждое азимутальное направление, указанное на карте (см. рис. 6), можно связать с отдельным этапом тектонической активизации. Ориентация локальных структур может изменяться в зависимости от преобладающих напряжений на момент движения. Вследствие изменения напряжения в одной части территории происходит ротация группы структур.

В подтверждение высказанной гипотезы ротационных структур можно привести ряд исследований. А. И. Полетаев отмечает, что базовый фактор тектонического вращения отдельных блоков влияет на развитие разномасштабных сдвигово-ротационных и ротационно-сдвиговых структур [17]. Тектонические структуры, в которых фиксируются результаты проявления и вертикальных, и горизонтальных дислокаций, описаны в пределах Ханкайского массива (Л. А. Изосов и др. [18]), «комбинированные» структуры — кальдерные депрессии, сформировавшиеся в результате проседания с одновременным вращением.

Структуры, сформировавшиеся на первом этапе тектонической активности, могут отличаться по наполнению УВ от вторичных (последующих) структур, образованных на следующих этапах тектонического развития территории.

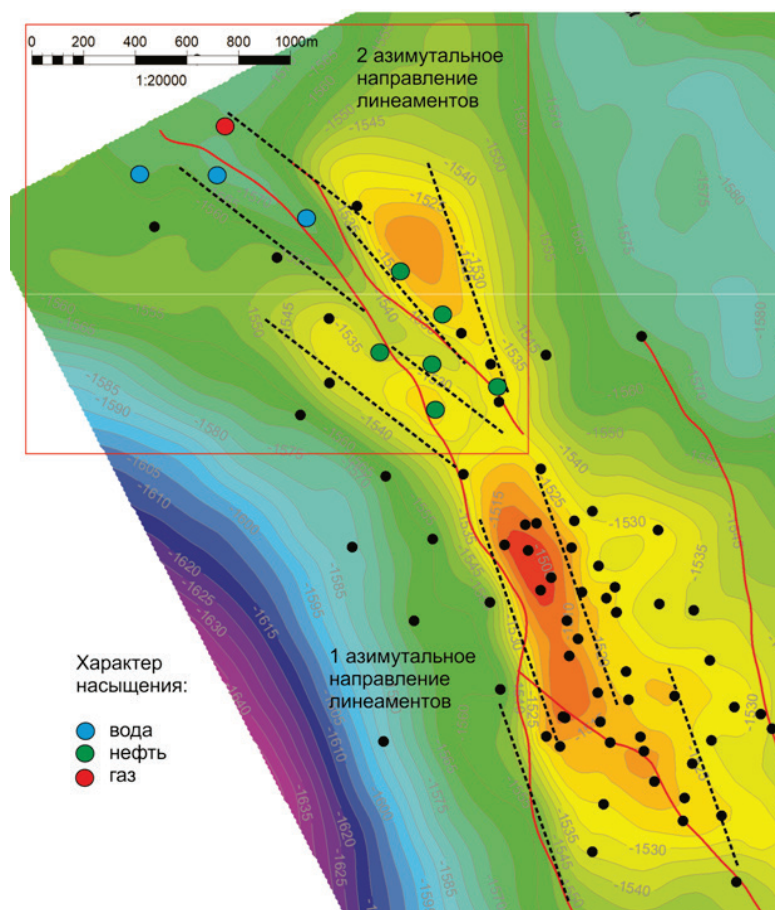


Рис. 7. Структурная карта по кровле пласта X<sub>3</sub> с указанием главных линейных элементов и характером насыщения пласта

При сопоставлении результатов испытания пласта  $X_3$  по площади с выделенными азимутальными направлениями структур проявляется бимодальность (рис. 7), что наталкивает на мысль о ротационной компоненте при формировании данных структур. Небольшое, но фиксируемое отличие в азимуте простирания северной и центральной структур помогает обосновать наличие водонасыщенных и газонасыщенных коллекторов в верхних пластах изучаемого комплекса.

Ранее северная часть структуры представлялась локальным куполовидным поднятием с неясным насыщением, что было связано с общим гипсометрическим понижением пласта в северном направлении. По результатам анализа промыслово-геофизических материалов в комплексе с морфологическими особенностями кровли продуктивных объектов можно сделать вывод о блоковом строении залежи УВ в связи со сложными процессами образования рассматриваемой структурно-формационной зоны.

### **Результаты**

На основании серии проведенных экспериментов сформулирована и обоснована гипотеза формирования локальных структур в результате сдвиговых тектонических движений, инициированных локальными выступлениями глубинных структур. Ротационная компонента, присутствующая в процессе образования и последующей тектонической истории развития исследуемой территории, проявлена в ориентации азимутов простирания линеаментов.

На основании комплексного анализа материалов исследований керна, данных ГИС и сейсморазведки выделены перспективные направления для следующего этапа доразведки территории.

### **Рекомендации по доразведке и доизучению площади исследований**

Предполагается, что выявленные локальные структуры в интервале изучаемого комплекса терригенных отложений пласта  $X_3$  будут насыщены УВ в связи с близостью к разлому, наличием зон и участков повышенной трещиноватости, локальными проявлениями аномалий типа «ярких пятен» в разрезе. На структурной карте по кровле пласта  $X_3$  (см. рис. 6.) красными овалами отмечены локальные поднятия, которые, по нашему мнению, могут быть перспективными на открытие в них залежей УВ при наличии в вышележащих слоях изолирующих пород-покрышек.

Дальнейшее изучение северной части территории в соответствии с изложенными принципами и подходами, а также объединение с локальными структурами соседнего месторождения Кикинда-Варош представляются нам перспективными в плане обнаружения локальных залежей УВ, не затронутых предыдущими стадиями разработки месторождения.

### **Выводы**

Несмотря на частое упоминание об уникальности отложений Паннонского бассейна, серия комплексных геологических работ авторов [9, 11] доказывает эффективность рационального использования классических подходов, основанных на тектонических и седиментологических группах факторов.

Гипотезы о дегазации Земли П. Н. Кропоткина, А. В. Пейве, гравитационного тектоногенеза Э. Хаармана, колебательных (эпейрогенических) движений В. В. Белоусова [16], идея Е. Е. Милановского о пульсационных движениях Земли [19] содержат рациональные представления об особенностях тектонических движений и их влиянии на формирование структур. Важную роль при прогнозе и

картировании залежей нефти и газа мы связываем с применением элементов геосолитонной концепции [20], связанной с гипотезами дегазации, геодинамики и флюидодинамики. При внимательном сопоставлении фактических материалов и понимании вышеперечисленных гипотез появляется возможность по-новому взглянуть на палеогеографическую обстановку формирования объектов и определить перспективы для будущих поисков и открытий.

#### **Библиографический список**

1. Методика изучения тонкослоистых коллекторов с целью повышения добычи и перспективного бурения : [презентация] / Е. Ф. Цуканова, К. А. Ежов, Е. С. Милей [и др.] – Текст : электронный // Материалы конференции ЕАГО «Скважинные исследования — технологии будущего — 2018». – URL: <http://mooeago.ru/course/view.php?id=18> (дата обращения: 12.05.2020).
2. Ажгирей, Г. Д. Структурная геология / Г. Д. Ажгирей. – Москва : Изд-во Московского ун-та, 1956. – 493 с. – Текст : непосредственный.
3. Formation and deformation of the Pannonian Basin: constraints from observational data / F. Horváth, G. Bada, P. Szafián [et al.]. – DOI 10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.11. – Текст : электронный // Geological Society, London, Memoirs. – 2006. – Vol. 32, Issue 1. – P. 191–206. – URL: <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.11> (дата обращения: 12.05.2020).
4. Pigott, J. Seismic stratigraphy based chronostratigraphy (SSBC) of the Serbian Banat region of the Pannonian Basin / J. Pigott, D. Radivojevic. – DOI 10.2478/v10085-010-0027-2. – Текст : электронный // Open Geosciences. – 2010. – Vol. 2, Issue 4. – P. 481–500. – URL: <https://doi.org/10.2478/v10085-010-0027-2> (дата обращения: 12.05.2020).
5. Ćirić, B. M. Geologija Srbije, grada i razvoj Zemljine kore / B. M. Ćirić. – Beograd : Zavod zakartografiju GEOKARTA, 1996. – 273 p. – Текст : непосредственный.
6. Marvić, M. Geologija Jugoslavije / M. Marvić. – Beograd : Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-Geološki fakultet, 2001. – 214 p. – Текст : непосредственный.
7. Бембель, С. Р. Геология и картирование особенностей строения месторождений нефти и газа Западной Сибири : монография / С. Р. Бембель ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тюменский индустриальный университет. – Тюмень : ТИУ, 2016. – 214 с. – Текст : непосредственный.
8. Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений (к 100-летию со дня рождения академика П. Н. Кропоткина) / Российская академия наук, Отделение наук о Земле, Институт проблем нефти и газа ; отв. ред. А. Н. Дмитриевский, Б. М. Валяев. – Москва : ГЕОС, 2012. – 514 с. – Текст : непосредственный.
9. Милей, Е. С. Тектоно-структурный анализ залежей в отложениях контакта осадочного чехла и кристаллического фундамента / Е. С. Милей, С. Р. Бембель. – DOI 10.31660/0445-0108-2020-3-8-19. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2020. – № 3. – С. 8–19.
10. Progradation of the paleo-Danube shelf margin across the Pannonian Basin during the Late Miocene and Early Pliocene / I. Magyar, D. Radivojević, O. Sztanó [et al.]. – DOI 10.1016/j.gloplacha.2012.06.007. – Текст : электронный // Global and Planetary Change. – 2013. – Vol. 103. – P. 168–173. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.06.007> (дата обращения: 12.05.2020).
11. Новые перспективы месторождения Кикинда (Сербия) / Е. А. Жуковская, Е. С. Милей, Е. Ф. Цуканова [и др.]. – DOI 10.24887/0028-2448-2018-12-60-62. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 12. – С. 60–62.

12. Gogic, A. Facial model as a key for successful exploitation: case study, Pannonian basin, Late Miocene / A. Gogic, E. Milei, E. Zhukovskaia. – Текст : электронный // A sedimentary journey through 3 billion years in the new world. – 2018. – Vol. 2. – P. 870. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/327057604\\_Facial\\_model\\_as\\_a\\_key\\_for\\_successful\\_exploitation\\_case\\_study\\_Pannonian\\_basin\\_Late\\_Miocene](https://www.researchgate.net/publication/327057604_Facial_model_as_a_key_for_successful_exploitation_case_study_Pannonian_basin_Late_Miocene) (дата обращения: 12.05.2020).
13. Matenco, L. On the formation and evolution of the Pannonian Basin: Constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides / L. Matenco, D. Radivojevic. – DOI 10.1029/2012TC003206. – Текст : электронный // Tectonics. – 2012. – Vol. 31, Issue 6. – P. [1–31]. – URL: <https://doi.org/10.1029/2012TC003206> (дата обращения: 12.05.2020).
14. Tari, G. Styles of extension in the Pannonian Basin / G. Tari, F. Horváth, J. Rumpel. – DOI 10.1016/0040-1951(92)90345-7. – Текст : электронный // Tectonophysics. – 1992. – Vol. 208, Issue 1–3. – P. 203–219. – URL: [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90345-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(92)90345-7) (дата обращения: 12.05.2020).
15. Бембель, С. Р. О пространственных свойствах субвертикальных зон деструкции и характере распределения залежей углеводородов / С. Р. Бембель. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2010. – № 4. – С. 38–41.
16. Белоусов, В. В. Основные вопросы геотектоники / В. В. Белоусов. – Москва : Госгеолтехиздат, 1953. – 606 с. – Текст : непосредственный.
17. Полетаев, А. И. Ротация — ключ к пониманию структурного преобразования Земли / А. И. Полетаев. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики: XII Горшковские чтения. Материалы конференции, посвященной 101-й годовщине со дня рождения Г. П. Горшкова (1909–1984), МГУ, 26 апреля 2010 г. / Под редакцией Н. В. Короновского. – Москва : МГУ, 2010. – С. 16–18.
18. Изосов, Л. А. Фундаментальная проблема соотношения вертикальных и горизонтальных тектонических движений (часть 2) / Л. А. Изосов, В. И. Чупрынин, Ю. И. Мельниченко. – Текст : непосредственный // Региональные проблемы. – 2012. – Т. 15, № 1. – С. 12–20.
19. Косыгин, Ю. А. Тектоника / Ю. А. Косыгин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1988. – 461 с. – Текст : непосредственный.
20. Бембель, С. Р. Геосолитонная составляющая при прогнозе и картировании залежей нефти и газа / С. Р. Бембель, В. М. Мегеря. – Текст : непосредственный // Нефть и газ Евразия. – 2011. – № 7–8. – С. 50–53.

## References

1. Tsukanova, E. F., Ezhov, K. A., Miley, E. S., Gritsyuk, A. S., & Dzhokich, Z. (2018). Metodika izucheniya tonkosloistnykh kollektorov s tsel'yu povysheniya dobychi i perspektivnogo bureniya. Materialy konferentsii EAGO "Skvazhinnye issledovaniya - tekhnologii budushchego - 2018". (In Russian). Available at: <http://mooeago.ru/course/view.php?id=18>
2. Azhgirey, G. D. (1956). Strukturnaya geologiya. Moscow, Moscow University Publ., 493 p. (In Russian).
3. Horváth, F., Bada, G., Szafián, P., Tari, G., Ádám, A., & Cloetingh, S. (2006). Formation and deformation of the Pannonian Basin: constraints from observational data. Geological Society, London, Memoirs, 32(1), pp. 191–206. (In English). Available at: <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.11>



4. Pigott, J., & Radivojevic, D. (2010). Seismic stratigraphy based chronostratigraphy (SSBC) of the Serbian Banat region of the Pannonian Basin. *Open Geosciences*, 2(4), pp. 481-500. (In English). Available at: <https://doi.org/10.2478/v10085-010-0027-2>
5. Ćirić, B. M. (1996). *Geologija Srbije, građa i razvoj Zemljine kore*. Beograd, Zavod zakartografiju GEOKARTA, 273 p. (In Serbian).
6. Marvić, M. (2001). *Geologija Jugoslavije*, Beograd, Univerzitet u Beogradu Rudarsko-Geološki fakultet, 214 p. (In Serbian).
7. Bembel, S. R. (2016). *Geologiya i kartirovanie osobennostey stroeniya mestorozhdeniy nefi i gaza Zapadnoy Sibiri*. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 214 p. (In Russian).
8. Dmitrievskiy, A. N., & Valyaev, B. M. (Eds.). (2012). *Degazatsiya Zemli i genezis neftegazovykh mestorozhdeniy (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika P. N. Kropotkina)*. Moscow, GEOS Publ., 514 p. (In Russian).
9. Milei, E. S., & Bembel, S. R. (2020). Tectonic-structural analysis of deposits in sediments of contact between sedimentary cover and basement. *Oil and Gas Studies*, (3), pp. 8-19. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2020-3-8-19
10. Magyar, I., Radivojević, D., Sztanó, O., Synak, R., Ujszászi, K., & Pócsik, M. (2013). Progradation of the paleo-Danube shelf margin across the Pannonian Basin during the Late Miocene and Early Pliocene. *Global and Planetary Change*, 103, pp. 168-173. (In English). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.06.007>
11. Zhukovskaya, E. A., Miley, E. S., Tsukanova, E. F., Ezhov, K. A., & Gogich, A. (2018). New perspectives of the Kikinda oil and gas field (Serbia). *Oil Industry*, (12), pp. 60-62. (In Russian). DOI: 10.24887/0028-2448-2018-12-60-62
12. Gogic, A., Milei, E., & Zhukovskaia, E. (2018). Facial model as a key for successful exploitation: case study, Pannonian basin, Late Miocene. A sedimentary journey through 3 billion years in the new world, 2, p. 870. (In English). Available at: [https://www.researchgate.net/publication/327057604\\_Facial\\_model\\_as\\_a\\_key\\_for\\_successful\\_exploitation\\_case\\_study\\_Pannonian\\_basin\\_Late\\_Miocene](https://www.researchgate.net/publication/327057604_Facial_model_as_a_key_for_successful_exploitation_case_study_Pannonian_basin_Late_Miocene)
13. Matenco, L., & Radivojevic, D. (2012). On the formation and evolution of the Pannonian Basin: Constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides. *Tectonics*, 31(6), pp. 1-31. (In English). Available at: <https://doi.org/10.1029/2012TC003206>
14. Tari, G., Horváth, F., & Rumpler, J. (1992). Styles of extension in the Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 208(1-3), pp. 203-219. (In English). Available at: [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90345-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(92)90345-7)
15. Bembel, S. R. (2010). On the issue of spatial properties of destruction subvertical zones and the structure of hydrocarbons deposits distribution. *Oil Industry*, (4), pp. 38-41. (In Russian).
16. Belousov, V. V. (1953). *Osnovnye voprosy geotektoniki*. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 606 p. (In Russian).
17. Poletaev, A. I. (2010). Rotatsiya - klyuch k ponimaniyu strukturnogo preobrazovaniya Zemli. Aktual'nye problemy regional'noy geologii i geodinamiki: XII Gorshkovskie chteniya. Materialy konferentsii, posvyashchennoy 101-y godovshchine so dnya rozhdeniya G. P. Gorshkova (1909-1984), Lomonosov Moscow State University, April 26, 2010. Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ., pp. 16-18. (In Russian).
18. Izosov, L. A., Chuprynin, V. I., & Mel'nichenko, Yu. I. (2012). Fundamental'naya problema sootnosheniya vertikal'nykh i gorizonta'nykh tektonicheskikh dvizheniy (chast' 2). *Regional'nye problem*, 15(1), pp. 12-20. (In Russian).
19. Kosygin, Yu. A. (1988). *Tektonika*. 3<sup>rd</sup> edition, revised and expanded. Moscow, Nedra Publ., 461 p. (In Russian).

20. Bembel, S. R., & Megerya, V. M. (2011). The geosoliton component in the prediction and delineation of oil and gas deposits. Oil&Gas Eurasia, (7-8), pp. 50-53. (In Russian).

**Сведения об авторах**

**Милей Евгения Сергеевна**, руководитель группы по геологии, ООО «НТЦ НИС-Нафtagас», г. Нови-Сад, Республика Сербия

**Бембель Сергей Робертович**, д. г.-м. н., профессор кафедры геологии месторождений нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: bembel\_gsr@mail.ru

**Information about the authors**

**Evgeniia S. Milei**, Reservoir Geology Team Leader, STC NIS-Naftagas LLC, Novi Sad, Serbia

**Sergey R. Bembel**, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor at the Department of Geology of Oil and Gas Fields, Industrial University of Tyumen, e-mail: bembel\_gsr@mail.ru