

УДК 551.7:551

А.И. Крикунов, А.Е. Рыжов, Л.А. Филиппова, Н.Ю. Канунникова

## Результаты циклостратиграфического анализа, проведенного с целью уточнить историю формирования отложений терригенного венда на южной периферии Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения

### Ключевые слова:

скважина, месторождение, седиментация, размыв, горизонт, корреляция, репер.

### Keywords:

well, field, sedimentation, wash-out, horizon, correlation, reference point.

Необходимость создания подземного хранилища концентрата гелия и уточнения внутреннего строения продуктивных отложений терригенного венда в районе скв. 808 послужили серьезнейшим поводом для проведения 3D-сейсморазведочных работ на южной периферии Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ). В 2014 г. составлена структурная карта по кровле нижнепаршинской подсвиты (рис. 1), которая дает ясное представление о тектонических и структурных особенностях древних пород в пределах рассматриваемого региона. Почти моноклиальный склон кровли подсвиты, или, что то же самое, подошвы хамакинского продуктивного горизонта, идущий с юго-запада на северо-восток, осложняется большим количеством разломов, которые протягиваются во всех направлениях. Амплитуды разломов небольшие и не превышают первых десятков метров. Однако структурная карта, уточняя морфологию поверхности какого-либо пласта или продуктивного горизонта, не в состоянии продемонстрировать их литологические и фациальные особенности.

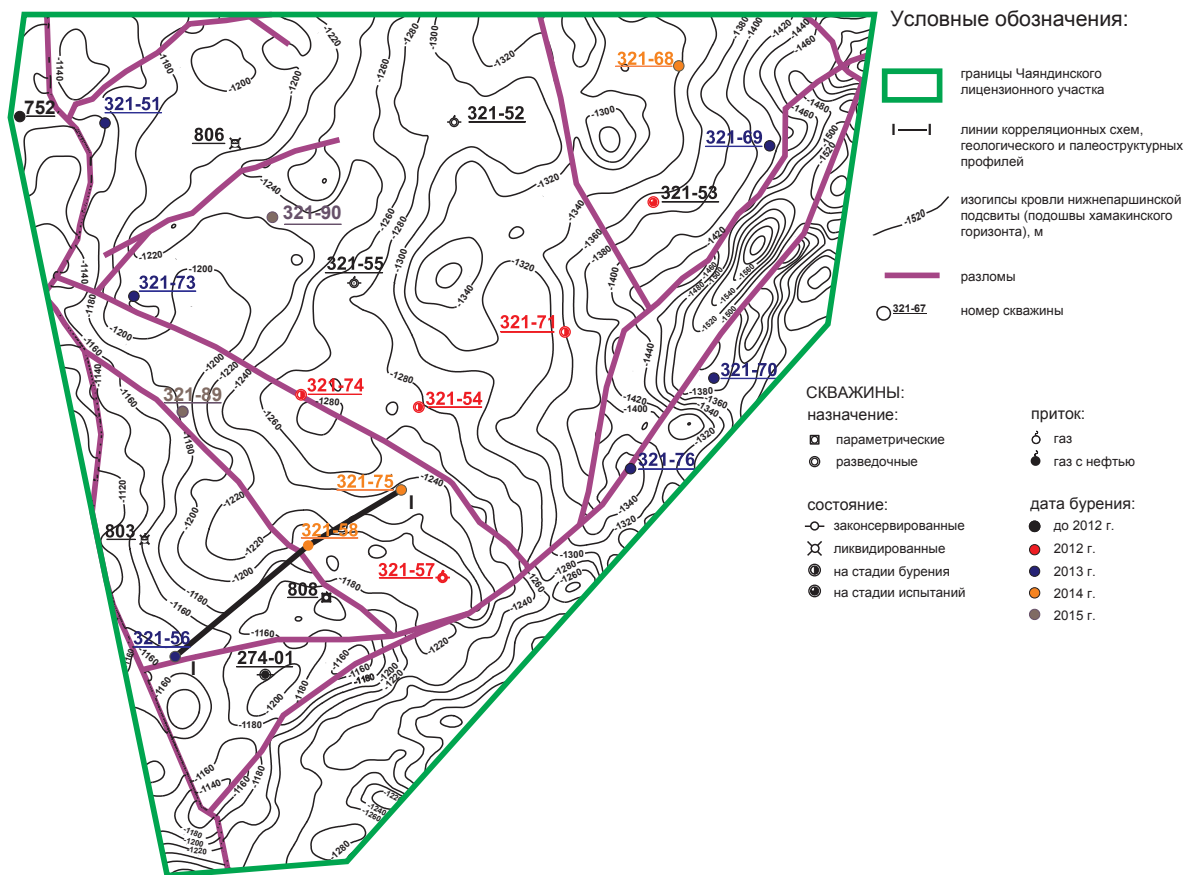
С целью детализации внутреннего строения терригенных отложений нижнего венда на юге Чаяндинского месторождения в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» составлена корреляционная схема (рис. 2) в диапазоне от сульфатно-карбонатных пород бюксской свиты до алевролитно-песчано-гравелитовых отложений талахской свиты по линии скв. 321-56, 321-58 и 321-75<sup>1</sup>. В разрезе скважин выделены и прокоррелированы 19 промыслово-геофизических и литологических синхронных реперных горизонтов. Самый верхний репер представляет собой поверхность регионального размыва между карбонатными породами верхнего венда и терригенными отложениями нижнего венда, между тирским и непским стратиграфическими горизонтами, между бюксской и паршинской свитами.

С использованием приемов циклостратиграфического анализа в разрезе скважин было выделено 4 седиментационных цикла (I, II, III, V) (см. рис. 2). Первый цикл (I) соответствует отложениям талахского продуктивного горизонта и завершается, по всей видимости, перерывом в осадконакоплении между породами талахской и паршинской свит. Поверхность этого предполагаемого размыва по данным геофизических исследований скважин (ГИС) находится в скв. 321-56 на глубине около 1718 м. Подтверждением этому служат фотография (рис. 3) и описание<sup>2</sup> керн, поднятого из скважины с соответствующей глубины:

- 1718,30–1721,00 м (1714,50–1717,20 м) – аргиллит алевролитистый, серый, темно-серый. Текстуры: тонко-параллельно-горизонтально-слоистая, косослоистая, неясно-тонко-волнисто-слоистая;

<sup>1</sup> См. статью Крикунов А.И. Определение местоположения ботубинского продуктивного горизонта и пластов ХМ1 и ХМ2 хамакинского продуктивного горизонта в южной части Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения / А.И. Крикунов, А.Е. Рыжов, Л.А. Филиппова и др. // Вести газовой науки: Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2015. – № 4 (24). – С. 116–125.

<sup>2</sup> Чтобы привязать керн к каротажному материалу, следует его поднять вверх на 3,8 м (см. глубины, указанные в скобках).



**Рис. 1. Схематическая структурная карта Чаяндинского лицензионного участка, построенная по кровле нижнепаршинской подсвиты (ООО «Газпром геологоразведка», 2014 г.)**

• 1721,00–1722,23 м (1717,20–1718,43 м) – песчаник мелкозернистый, алевритистый, светло-серый, ангидритистый, с частыми прослоями аргиллита темно-серого, почти черного. На глубине 1722,00–1722,15 м слои аргиллита смяты с образованием глинистых окатышей – интракластов (см. рис. 3).

Следующий циклит (II) охватывает нижнепаршинскую подсвиту и практически весь пласт ХМ2 хамакинского продуктивного горизонта вплоть до поверхности размыва в его прикровельной части (репер ХМ<sub>2</sub><sup>2</sup>). Пласт ХМ2 представляет собой заключительную регрессивную часть этого седиментационного цикла. О возможном существовании сразу нескольких перерывов в осадконакоплении в процессе формирования собственно пласта ХМ2 ранее уже сообщалось [1–3]. На корреляционной схеме показаны лишь две поверхности подобных размывов (ХМ<sub>2</sub><sup>2</sup>, ХМ<sub>2</sub><sup>4</sup>), наиболее вероятные и подтвержденные результатами изучения кернового материала. Внутри седиментационного цикла II выделено и прослежено по пло-

щади 9 реперных горизонтов: Т<sub>1</sub>, П<sub>1</sub><sup>5</sup>, П<sub>1</sub><sup>4</sup>, П<sub>1</sub><sup>3</sup>, П<sub>1</sub><sup>2</sup>, П<sub>1</sub><sup>1</sup>, ХМ<sub>2</sub><sup>4</sup>, ХМ<sub>2</sub><sup>3</sup>, ХМ<sub>2</sub><sup>2</sup>.

Циклит III охватывает интервал пород между двумя поверхностями размывов: первая расположена в прикровельной части пласта ХМ2 (репер ХМ<sub>2</sub><sup>2</sup>), вторая – на границе между буюкскими карбонатными отложениями верхнего венда и терригенными породами паршинской свиты нижнего венда (Б). В этом циклите выделен и прослежен ряд синхронных реперных горизонтов: ХМ<sub>2</sub><sup>1</sup>, П<sub>2</sub><sup>8</sup>, П<sub>2</sub><sup>7</sup>, П<sub>2</sub><sup>6</sup>, П<sub>2</sub><sup>5</sup>, П<sub>2</sub><sup>4</sup>, П<sub>2</sub><sup>3</sup>, П<sub>2</sub><sup>2</sup>, Б.

Четвертый циклит (V) соответствует сульфатно-карбонатным отложениям буюкской свиты, которые залегают на эродированной поверхности паршинских аргиллитов на южной периферии Чаяндинского НГКМ, где в ряде скважин ботубобинские песчаники и верхний пласт (ХМ1) хамакинского продуктивного горизонта, формирующие собой седиментационный цикл IV, полностью размыты.

Необходимо особенно подчеркнуть, что кварцевые песчаники ботубобинской подсвиты

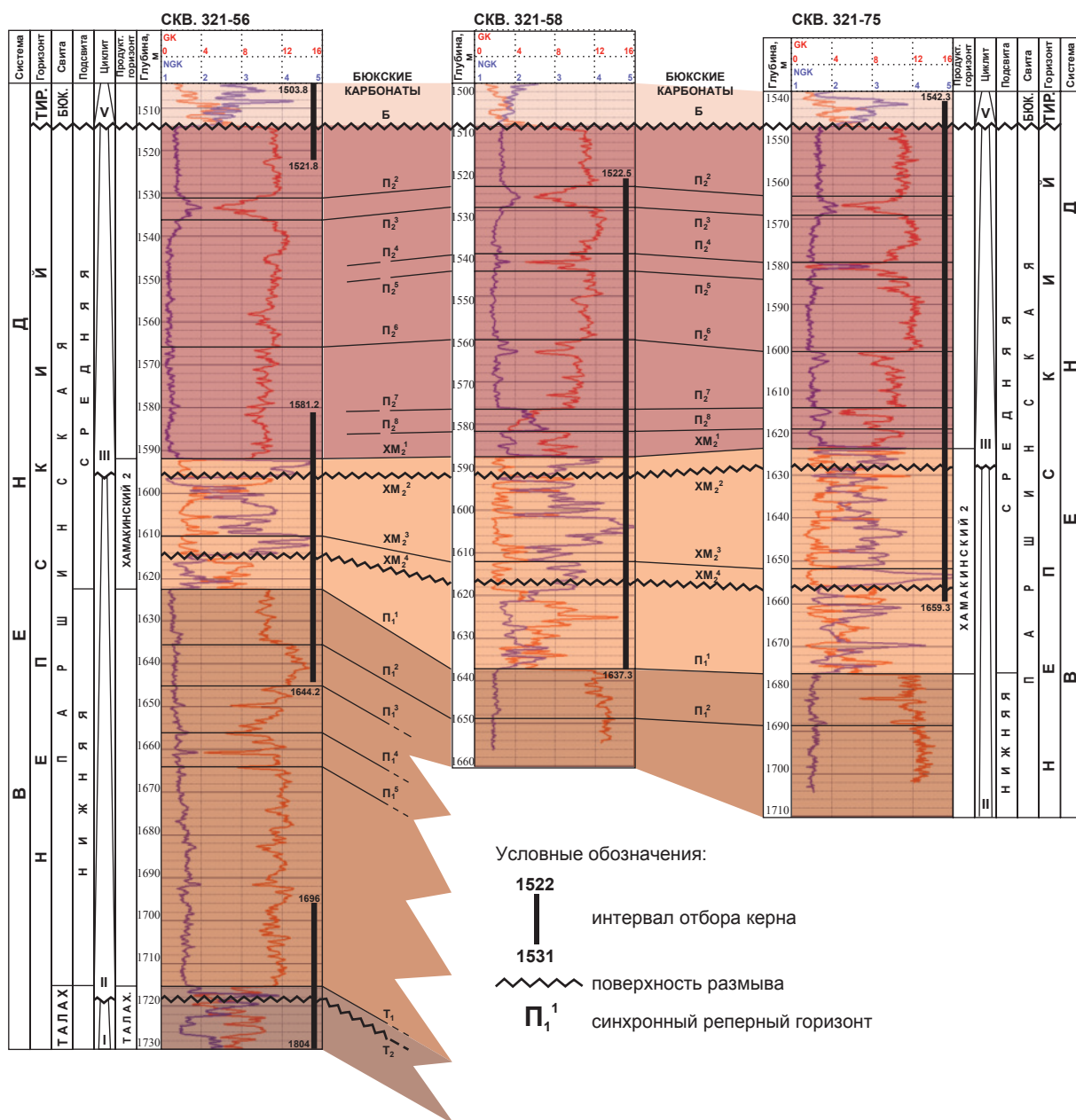


Рис. 2. Чаяндинское месторождение: корреляционная схема по линии скв. 321-56 – 321-58 – 321-75: GK – гамма-каротаж; NGK – нейтронный гамма-каротаж

в южной части Чаяндинского месторождения не замещаются непроницаемыми сульфатно-карбонатными отложениями, а именно размываются.

Для того чтобы уточнить историю формирования комплекса терригенных отложений нижнего венда в южной части Чаяндинского НГКМ, построена серия палеоструктурных профилей по линии скв. 321-56 – 321-58 – 321-75 (рис. 4–6). Профили строились применительно к основным переломным моментам геологического развития региона, которые свя-

заны с подъемом дна седиментационного бассейна и последующим перерывом в осадконакоплении. Анализ палеоструктурных профилей показывает, что отложения нижнепаршинской подбиты, представляющие собой в основном аргиллиты и алевролиты, начали и продолжили свое формирование на совершенно выровненной поверхности вплоть до образования продуктивного пласта ХМ2 (см. рис. 4). Затем условия осадконакопления заметно изменились. Начали проявлять себя элементы тектонической активности. Произошел подъем дна



**Рис. 3. Фото керн в дневном свете: глубины 1721–1724 м (для увязки с данными ГИС керн нужно опустить на 3,8 м)**

бассейна седиментации: в районе скв. 321-56 – в большей степени, в районе скв. 321-58 и 321-75 – в меньшей. Тем не менее, породы выводились на дневную поверхность, подвергаясь денудации, и, скорее всего, это происходило неоднократно. Алевролиты и аргиллиты нижнепаршинской подсыты постепенно замещались песчаниками, гравелитами и в отдельных случаях конгломератами и брекчией продуктивного пласта ХМ2.

Оставшаяся самая верхняя регрессивная часть циклита II формировалась в схожих условиях (см. рис. 5). В это время продолжа-

лись локальные подвижки дна седиментационного бассейна в обоих направлениях. Толщина пород между отдельными синхронными реперами меняется от скважины к скважине (ХМ<sub>2</sub><sup>3</sup>–ХМ<sub>2</sub><sup>2</sup>). Сопровождались ли в этом районе все перечисленные явления образованием дизъюнктивных дислокаций, с уверенностью сегодня сказать сложно, несмотря на проведенные в 2014 г. 3D-сейсморазведочные работы. Можно отметить лишь то, что вблизи скв. 808 проходит линия разлома, который был заложен много позже формирования терригенных отложений нижнего венда (см. рис. 1). Разлом этот

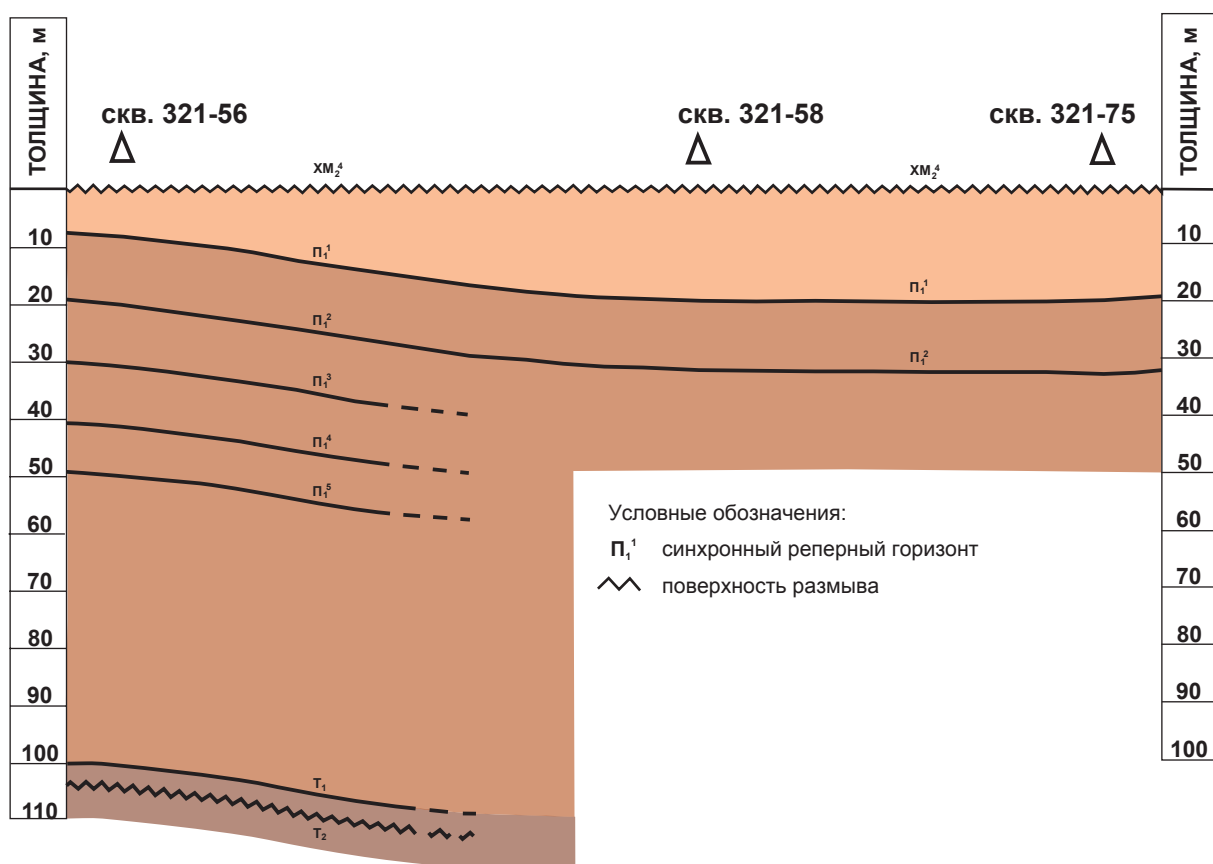


Рис. 4. Чаяндинское месторождение: палеоструктурный профиль на начало формирования заключительной части II седиментационного цикла

фиксируется сразу по нескольким поверхностям: по кровлям нижнепаршинской и ботуобинской подцвет венда и по кровле осинского горизонта кембрийского возраста. Завершилось формирование седиментационного цикла II новым подъемом территории и последовавшим за этим размывом.

Во время формирования третьего цикла (III) нисходящие подвижки стали преобладать над восходящими движениями (см. рис. 6). Осадконакопление происходило в условиях относительно неглубокого моря. Отлагались алевролиты, заглинизированные мелкозернистые песчаники, аргиллиты и изредка доломиты. В разрезе скважин можно выделить ряд синхронных реперных горизонтов и проследить их распространение по площади ( $XM_2^1$ ,  $P_2^8$ ,  $P_2^7$ ,  $P_2^6$ ,  $P_2^5$ ,  $P_2^4$ ,  $P_2^3$ ,  $P_2^2$ ). Пропластки, заключенные между этими горизонтами, имеют практически одинаковую мощность, что является свидетельством затухания тектонической деятельности, которая в полную силу вновь проявляет себя на границе нижнего и верхнего

венда, между непским и тирским стратиграфическими горизонтами. В это время вся территория Чаяндинского месторождения была выведена из-под воды на поверхность и подверглась глубокому размыву.

В настоящее время юго-западная периферия месторождения занимает наиболее возвышенное положение (рис. 7). Комплекс терригенных пород нижнего венда постепенно погружается в северо-восточном направлении. Разлом, который пересекает геологический профиль недалеко от скв. 321-58, в точке пересечения практически не имеет амплитуды смещения. Литологическими методами при изучении кернового материала определить, является ли этот разлом проводящим или нет, практически невозможно. Следует отметить лишь то, что дизъюнктивные дислокации со смещением, образовавшиеся после формирования терригенных отложений нижнего венда, могут сыграть негативную роль при определении флюидоупорных характеристик преимущественно аргиллитовой толщи, которая перекрывает пласт  $XM_2$ ,

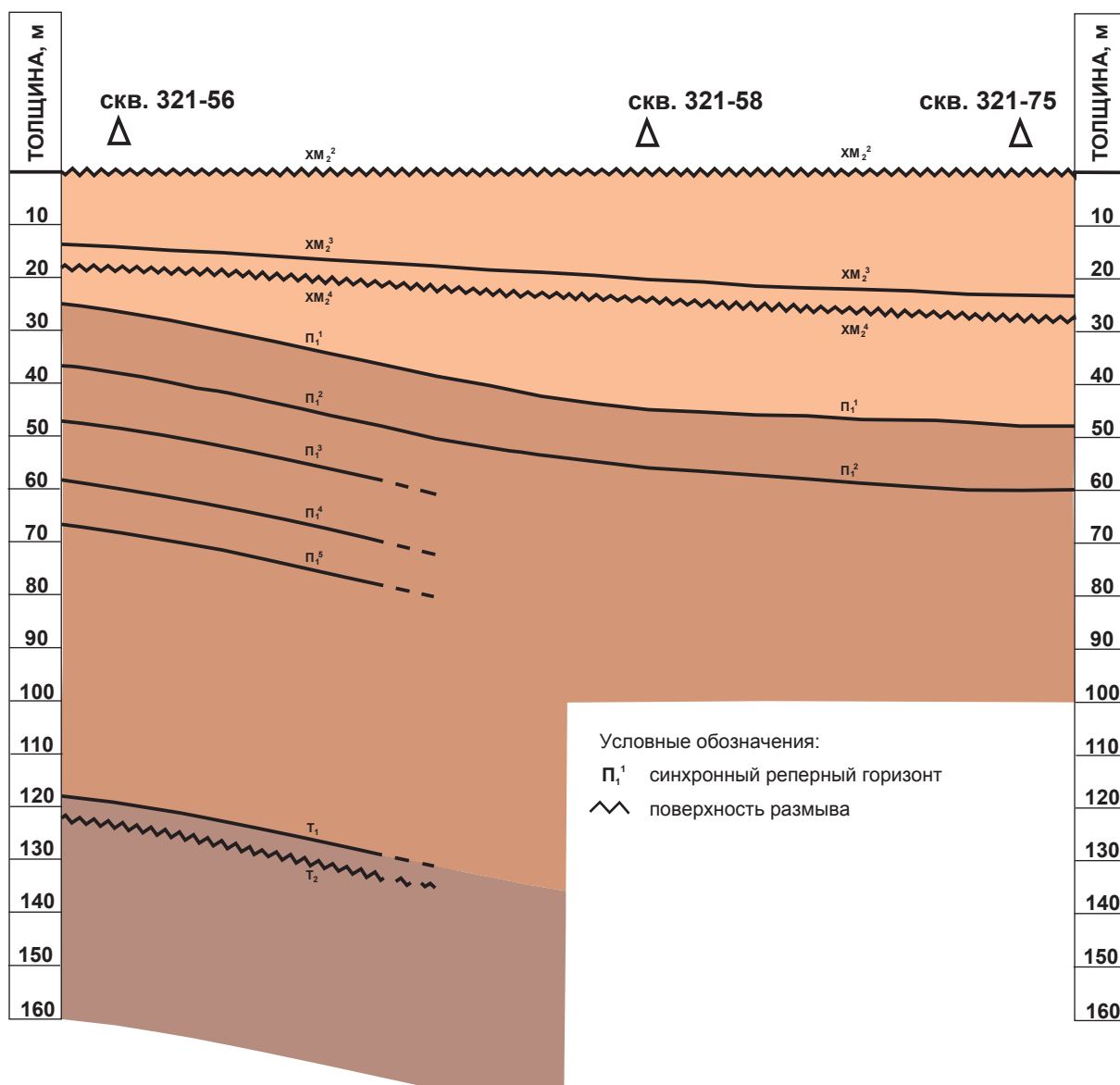


Рис. 5. Чаюдинское месторождение: палеоструктурный профиль на начало формирования III седиментационного цикла

предназначенный для создания подземного хранилища концентрата гелия.

Из трех представленных на геологическом профиле (см. рис. 7) скважин продуктивными оказались скв. 321-58 и 321-75. В них из отложений хамакинского пласта XM2 были получены промышленные притоки природного газа. Опробование в скв. 321-56 не дало положительных результатов из-за низких фильтрационно-емкостных свойств или из-за полного отсутствия пород-коллекторов. В скв. 321-58 примерно в 5 м над пластом XM2 выделяется песчаная линза толщиной до 6 м. Существует ли между ней и ниже залегающими продуктивными породами гидродинамическая связь, неясно, так как

опробование этой линзы проходило одновременно с отложениями собственно пласта XM2.

В качестве основных результатов проведенной работы следует отметить то, что благодаря использованию метода циклостратиграфического анализа детально расчленена и прокоррелирована толща терригенного венда в южной части Чаюдинского НГКМ, показана история формирования комплекса пород, который был вскрыт скв. 321-56, 321-58, 321-75. Установлено, что пласт XM2, где планируется создать хранилище гелия, представляет собой верхнюю регрессивную часть седиментационного цикла II, а формирование его продуктивных песчаников, залегающих без

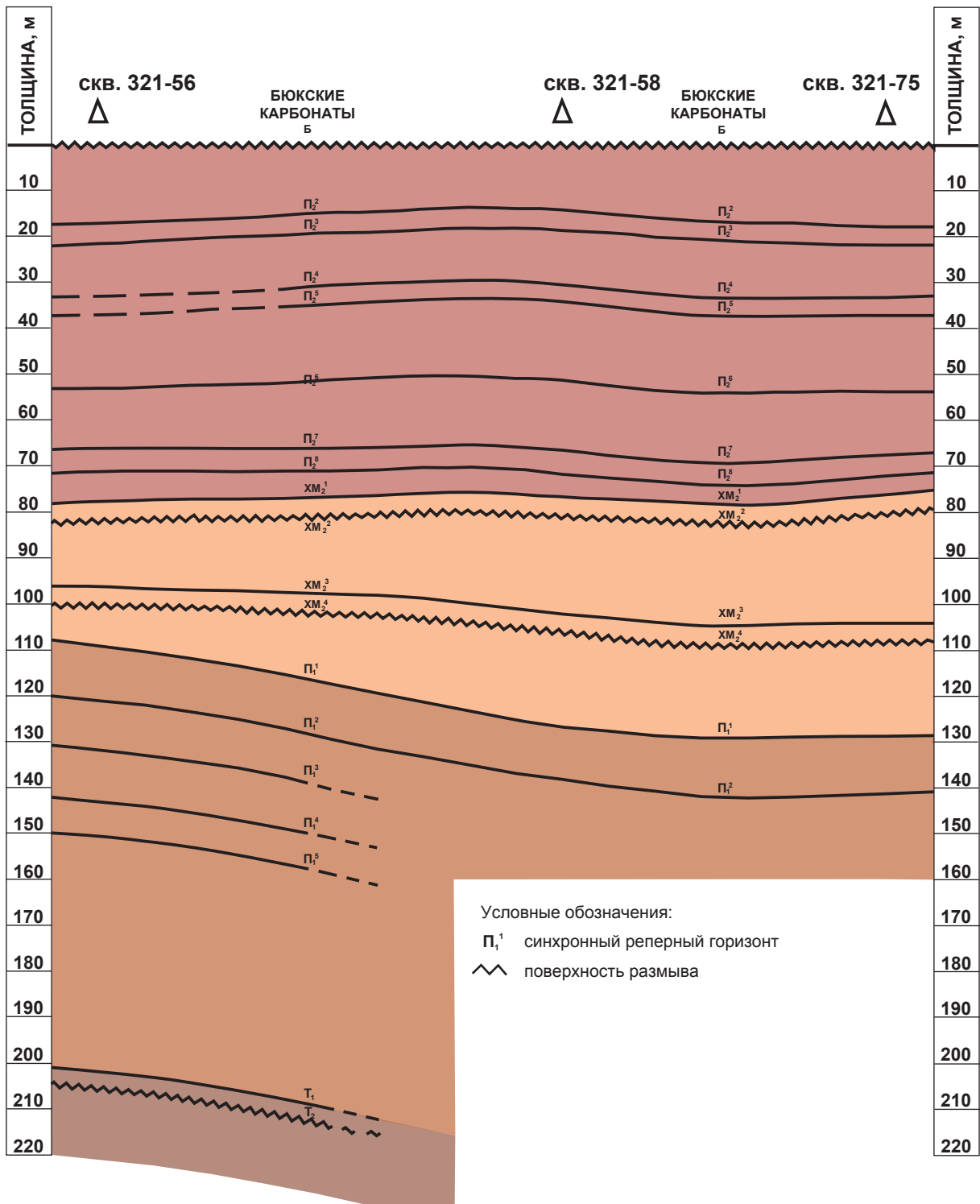


Рис. 6. Чаяндинское месторождение: палеоструктурный профиль на начало формирования карбонатных отложений бюксской свиты

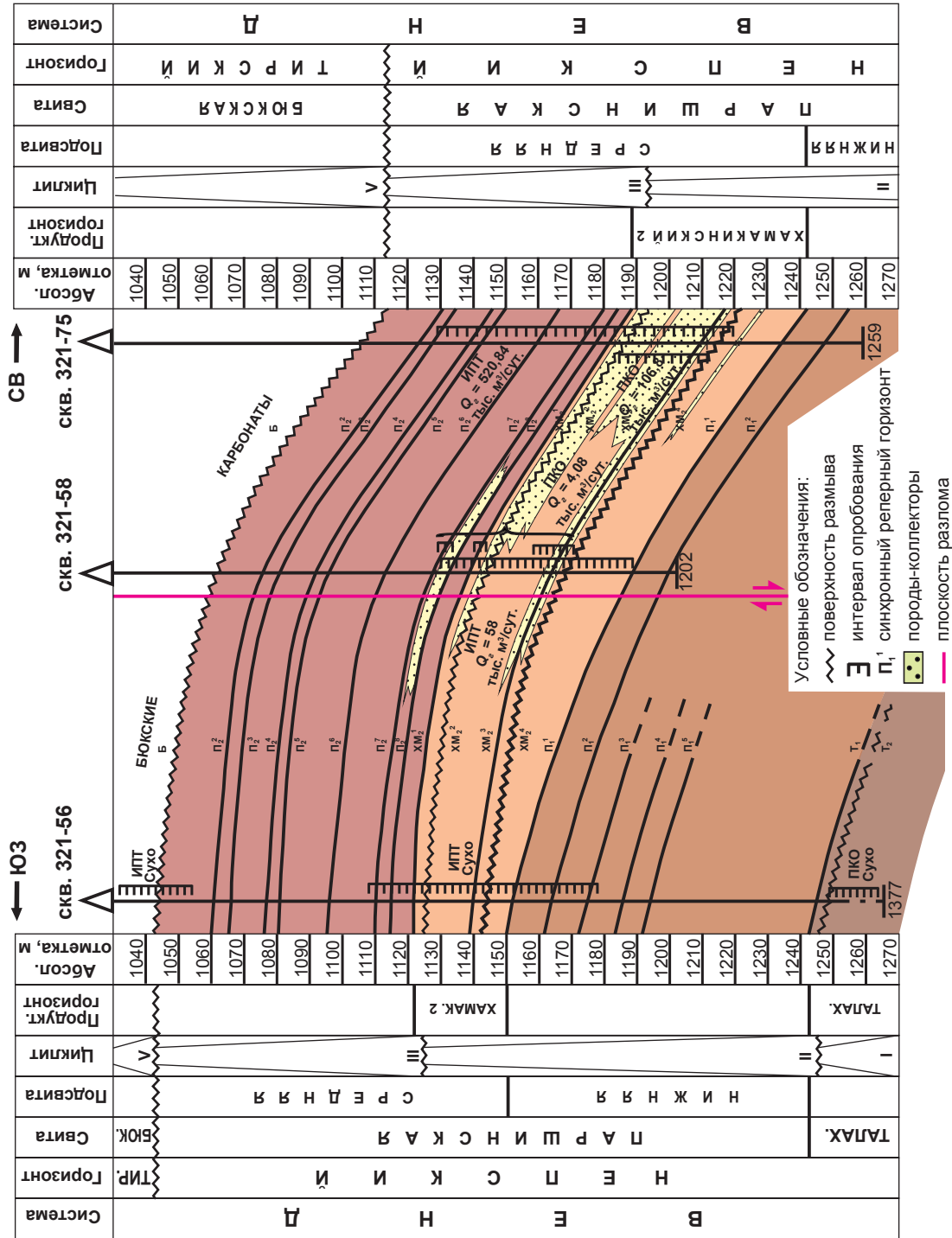


Рис. 7. Чаинское месторождение: геологический профиль по линии скв. 321-56 – 321-58 – 321-75;

ИПТ – испытатель пластов на трубах; ПКО – перфоратор кумулятивный корпусный однократного применения; Q<sub>2</sub> – дебит газа



какого-либо перерыва в осадконакоплении на аргиллитах нижнепаршинской подсвиты, началось на различных участках рассматриваемого района в разное время. Ни в одной из скв. (321-56, 321-58, 321-75) в толще, перекрывающей продуктивный пласт ХМ2, породы-коллекторы, относящиеся к ботубинским песчаникам, к пласту ХМ1 или еще к чему-либо, не встречены. Преимущественно заглинизированный интервал пород, расположенный над пластом ХМ2, с точки зрения литолого-фациальных исследований можно рассматривать как надежную непроницаемую покрывку-флюидоупор. Некоторое опасение вызывает лишь разлом, выявленный в 2013 г. специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» по результатам палеоструктурных построений [2] и подтвержденный в последнее время 3D-сейсморазведочными работами. Разлом, который проходит вблизи скв. 808, может существенно сократить полезную площадь подземного хранилища гелия, если окажется, что он не обладает достаточными флюидоупорными свойствами.

### Список литературы

1. Крикунов А.И. Результаты литологических и промыслово-геофизических исследований пород хамакинского продуктивного горизонта на Чаяндинском месторождении / А.И. Крикунов, Л.А. Рыжова, Н.Ю. Канунникова // Вести газовой науки: Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2011. – С. 146–161.
2. Рыжов А.Е. Определение местоположения в разрезах скважин Чаяндинского месторождения границ хамакинского продуктивного горизонта / А.Е. Рыжов, А.И. Крикунов, Л.А. Рыжова и др. // Вести газовой науки: Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2013. – № 1 (12). – С. 174–183.
3. Рыжов А.Е. Выяснение внутреннего строения хамакинского продуктивного горизонта и местоположения его стратиграфических границ в южной части Чаяндинского месторождения / А.Е. Рыжов, А.И. Крикунов, Л.А. Филиппова и др. // Вести газовой науки: Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2014. – № 2 (18). – С. 19–26.