

УДК 553.98

А.В. Унгер<sup>1</sup>, А.М. Никишин<sup>2</sup>, М.А. Кузляпина<sup>3</sup>, А.П. Афанасенков<sup>4</sup>

## ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНВЕРСИОННЫХ МЕГАВАЛОВ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО БАССЕЙНА

В работе приведены описание и сравнительный анализ строения Балахнинского и Рассохинского валов, расположенных в центральной части Енисей-Хатангского бассейна и выявленных по результатам сейсморазведочных работ и бурения. Рассмотрена история формирования валов от момента заложения рифта в позднепермско-раннетриасовое время, этапы активизации роста инверсионных структур в среднем триасе, в поздней юре, в раннемеловое и кайнозойское время. Установлена асинхронность развития, что отражено на серии палеорекоstructions.

*Ключевые слова:* Енисей-Хатангский прогиб, Балахнинский вал, Рассохинский вал, тектоника, история формирования, сейсмическая интерпретация, палеорекоstructions, рифтогенез, инверсия.

Paper presents description of Balakhninsky and Rassohinsky swells, which were located in the central part of the Yenisei-Khatanga Basin by seismic and drilling data, and the results of its geological structure comparative analysis. History of swells formation discussed in details, including rift initiation in the Late Permian-Early Triassic time and stages of inversion structures growth intensification in the Middle Triassic, Late Jurassic, Early Cretaceous and Cenozoic time. Asynchronous development of these structures established on the base of paleoreconstruction analysis.

*Key words:* Yenisei-Khatanga Basin, Balakhninsky swell, Rassohinsky swell, tectonics, geological history, seismic interpretation, paleoreconstruction, rifting, inversion.

**Введение.** Енисей-Хатангский бассейн расположен между Сибирской платформой и Таймырской складчатой областью и продолжает Западно-Сибирский мегабассейн. В последнее время интерес к этой территории постоянно растет, тем не менее район до сих пор относится к слабоизученным.

Изучение геологического строения Енисей-Хатангского прогиба (бассейна) началось в 1950-х гг., именно в это время в регионе было открыто первое крупное Оленекское месторождение битумов. Наиболее активные геологоразведочные работы в центральной части прогиба проводились в 1970-е гг. (сейсморазведка методом отраженных волн (МОВ) и бурение скважин), что позволило получить первые представления о глубинном строении региона (рис. 1). Тем не менее активные поисковые работы в этот период не смогли оправдать ожиданий — месторождения-гиганты так и не были открыты. В связи с этим разведочные и поисковые работы были почти прекращены на последующие три десятилетия. В настоящее время возобновлены работы по изучению территории

Енисей-Хатангской провинции за счет средств федерального бюджета. Согласно предлагаемой программе региональных геологоразведочных работ на территории Гыдано-Хатангской и Анабаро-Ленской нефтегазоперспективных зон до 2020 г. вся территория Енисей-Хатангского бассейна будет покрыта региональной сейсморазведкой методом общей глубинной точки (МОГТ 2D), также запланировано бурение 5 параметрических скважин. На текущий момент сейсмическая часть работ практически полностью завершена.

Енисей-Хатангский бассейн представляет собой региональный прогиб, осложненный цепочкой мегавалов. Система валов (пологих антиклинальных складок) начинается на Западно-Сибирской платформе (Уренгойский и Мессояхский мегавалы) и переходит в Енисей-Хатангский бассейн, где представлена Рассохинским и Балахнинским мегавалами (рис. 2). Валы-антиклиналы закартированы на геологических картах и отчетливо выделяются по данным грави- и магниторазведки. По данным МОВ валы Енисей-Хатангского прогиба выделены впервые в 1970-х гг. и описаны в 1976 г.

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт», вед. геолог; *e-mail:* anastasiya.unger@gmail.com

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, заведующий кафедрой, докт. геол.-минерал. н.; *e-mail:* amnikishin@gmail.com

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, студент; *e-mail:* kuzlyarina@gmail.com

<sup>4</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт», первый заместитель генерального директора; канд. геол.-минерал. н.; *e-mail:* afanasenkov@vniigni.ru

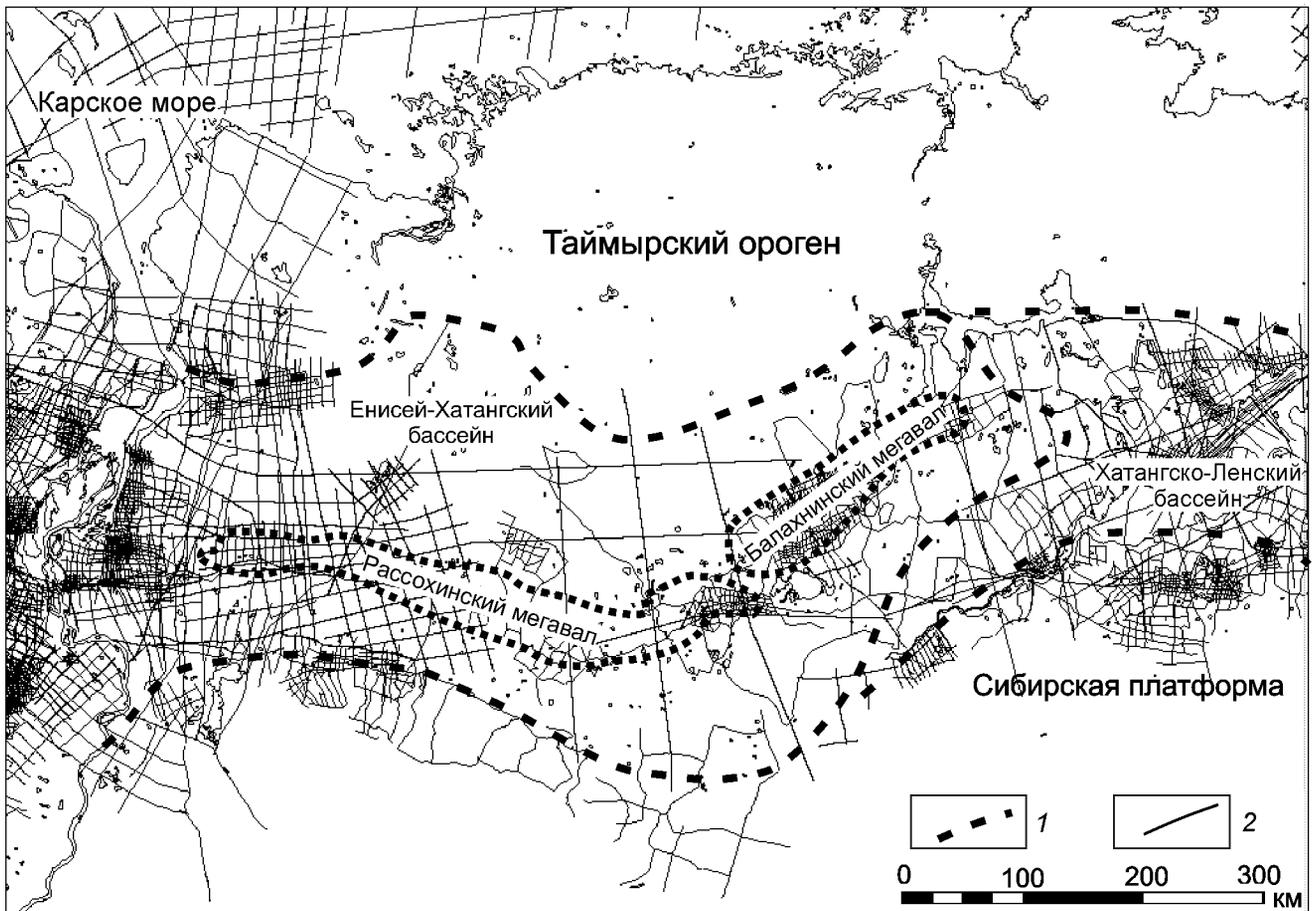


Рис. 1. Схема районирования и сейсмической изученности Енисей-Хатангского бассейна: 1 — границы основных тектонических элементов; 2 — линии сейсмопрофилей

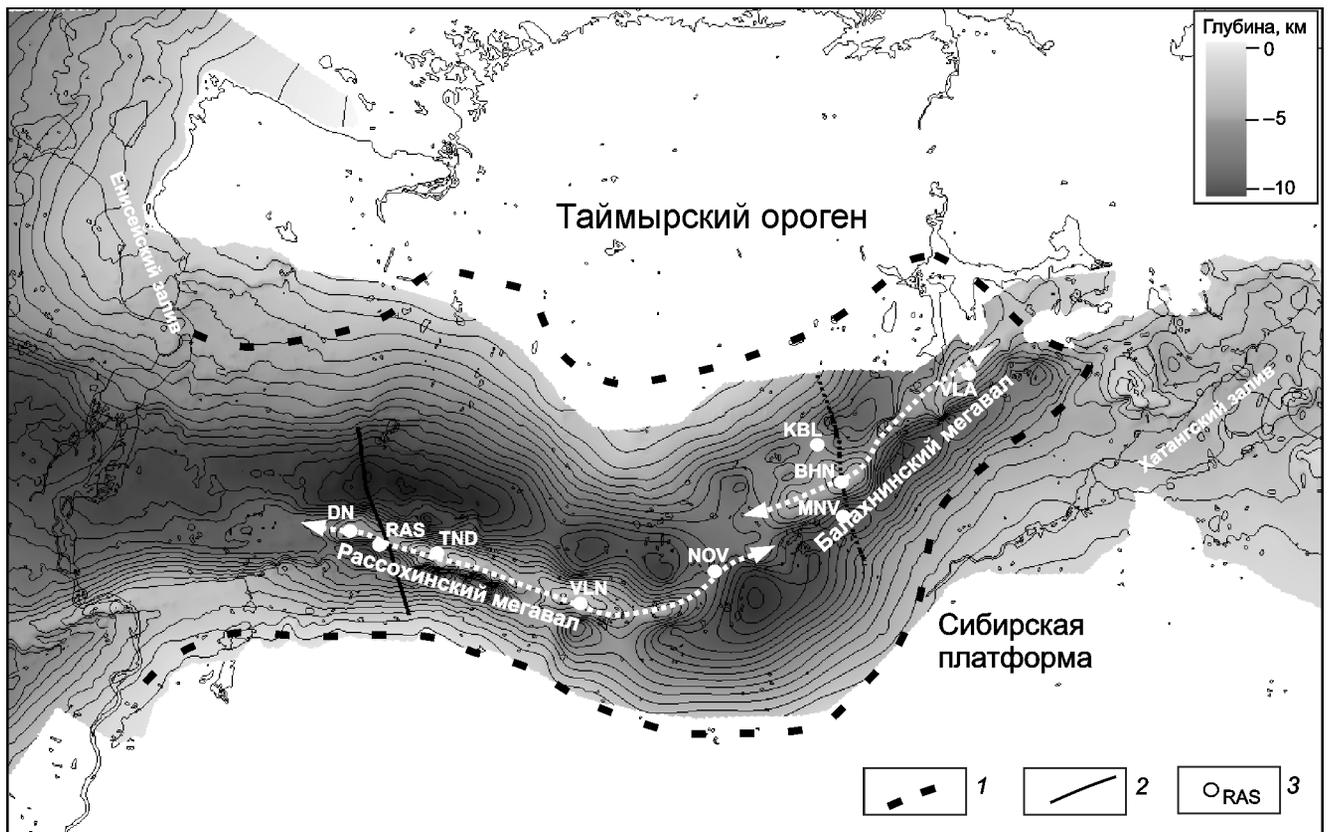


Рис. 2. Структурная карта по подошве юрско-мелового комплекса, рассчитанная на основании комплексной интерпретации данных сейсморазведки и результатов бурения: 1 — граница Енисей-Хатангского бассейна; 2 — положение исследуемых сейсмопрофилей; 3 — положение скважин

Д.Б. Тальвирским [Тальвирский, 1976], а в 2009 г. уточнены на тектонической схеме В.С. Старосельцева [Старосельцев, 2009].

Глубокое бурение в 1960–1990-х гг. проводилось в основном в центральной части Енисей-Хатангского бассейна в куполе валов. Строение Рассохинского мегавала изучено по результатам бурения скважин на площадях: Джангодская (DN), Рассохинская (RAS), Тундровая (TND), Волочанская (VLN) и Новая (NOV); в пределах Балахнинского мегавала пробурены кубалахские (KBL), балахнинские (BHN) и владимирские (VLA) скважины (рис. 2). Основным объемом скважин вскрыл юрско-меловой комплекс; отложения триаса и палеозоя вскрыты в волочанских (средняя пермь) и тундровых (средний триас) скважинах, но стратиграфическое расчленение разреза этих скважин до сих пор остается спорным. На бортах прогиба доюрский комплекс вскрыт скважинами на Гольчихинской и Хабейской площадях, отложения на забое датированы как поздне триасовые.

**Региональные геологические данные.** Согласно карте тектонического районирования М.А. Фомина [Фомин, 2010] Рассохинский и Балахнинский мегавалы представляют собой положительные структуры I порядка (площадь 20 и 11 тыс.км<sup>2</sup> соответственно), которые разделены седловиной. Каждый мегавал осложнен поднятиями II порядка. Наиболее изучена западная часть Енисей-Хатангского бассейна, в которой расположен Рассохинский вал. Его строение и история формирования рассмотрены в работах В.А. Конторовича [Конторович, 2011], М.А. Фомина [Фомин, 2013], А.П. Афанасенкова [Афанасенков и др., 2016], В.А. Балдина [Балдин, 2001] и др.

Балахнинский мегавал был изучен в основном площадными сейсмическими работами МОВ (в 1970-е гг.) и МОГТ 2D (1987–1989 гг.). Результаты геологоразведочных работ остались неудовлетворительными: низкое качество полученных сейсмических материалов, небольшая глубина сейсмозаписи (до 5 с), а также отсутствие единой региональной сети профилей. Все эти факторы не позволили детально изучить внутреннее строение вала и однозначно сформулировать историю его развития. Так, долгое время существовало мнение, что оба мегавала имеют схожее строение и единую историю формирования [Афанасенков и др., 2016; Балдин, 2001; Конторович, 2011; Фомин, 2013]. Качество сейсмических материалов, полученных в последние годы, позволяет увидеть принципиально иные детали строения бассейна в целом и валов в частности.

**Интерпретация новых сейсмических профилей.** По результатам сейморазведочных работ 2014–2016 гг. получены новые данные, комплексная интерпретация которых совместно с данными бурения позволила детально изучить строение прогиба, в частности Балахнинского мегавала. Авто-

рами проведена корреляция опорных отражающих горизонтов (ОГ), стратификация которых выполнена на основании скважинных данных: ОГ Ia — подошва юры, ОГ T<sub>1</sub> — кровля средней юры, ОГ Б — кровля верхней юры, ОГ М — кровля нижнего апта (K<sub>1a1</sub>), ОГ М' — кровля среднего альба (K<sub>1a2</sub>), ОГ Г — кровля сеноманских отложений верхнего мела (K<sub>2s</sub>). В осевой части Енисей-Хатангского прогиба ниже подошвы юрского комплекса (ОГ Ia) отчетливо выделяется три сейсмокомплекса, которые отличаются как по амплитудно-частотным характеристикам сейсмозаписи, так и по характеру залегания. Их стратификация выполнена авторами на основании региональных геологических данных и согласована с этапами развития сопредельных территорий [Афанасенков и др., 2017]: нижний сейсмокомплекс заполняет рифтовый прогиб и предварительно датирован позднепермским–раннетриасовым (татарско–раннетриасовым) возрастом (P<sub>3</sub>–T<sub>1</sub>), имеет относительно большую мощность и отделен от вышележащего сейсмокомплекса среднего триаса динамически выраженной волновой картиной; сейсмокомплекс среднего триаса (T<sub>2</sub>) характеризуется согласным залеганием с нижележащим комплексом и имеет выраженное угловое несогласие с отложениями верхнего триаса; маломощный сейсмокомплекс верхнего триаса (T<sub>3</sub>) завершает доюрский разрез осадочного чехла.

На сейсмогеологических профилях, пересекающих мегавалы (рис. 3, 4), видно, что позднепермско–раннетриасовый комплекс (P<sub>3</sub>–T<sub>1</sub>) распространен в осевой части современных валов; наиболее значительная мощность этого комплекса отмечена в разрезе Балахнинского вала. Среднетриасовый комплекс (T<sub>2</sub>) распространен в районах развития валов и имеет большую мощность в сводовой части Балахнинского вала (по сравнению с Рассохинским валом). В конце среднего триаса территория испытывала сжатие, в результате чего сформировалось поднятие, что хорошо видно на сейсмопрофилях в районе Балахнинского вала. Верхний триас представлен маломощным комплексом в районе Рассохинского вала и имеет довольно большую мощность в сводовой части Балахнинского поднятия.

На бортах прогиба юрский комплекс с угловым несогласием залегает на палеозойском фундаменте, в то время как в осевой части бассейна юрские отложения согласно залегают на верхнетриасовых. В районе Рассохинского вала мощность юрских отложений в 1,5–2 раза превосходит таковую юрского разреза в районе Балахнинского вала. Неокомский комплекс представлен серией слабовыраженных клиноформных тел. При этом в центральной части Енисей-Хатангского бассейна (рис. 3) отмечается типичное для Западно-Сибирского бассейна распределение клиноформ — с юго-востока на северо-запад, с Сибирской платформы в сторону

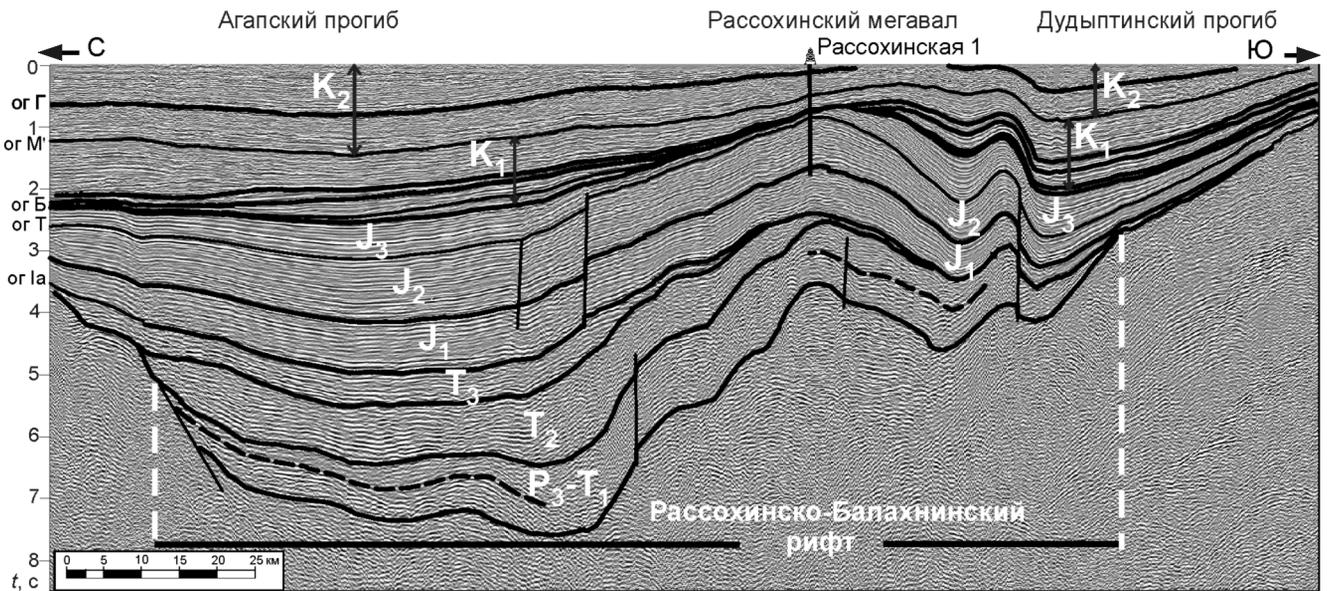


Рис. 3. Композитный временной сейсмогеологический разрез через Рассохинский вал

Таймырского орогена. На востоке бассейна ситуация принципиально меняется (рис. 4): здесь присутствуют клиноформные тела, направленные как с севера (ороген Таймыра), так и с юга (Сибирская платформа), т.е. Балахнинский вал выполнял роль упора и препятствовал переносу материала с Сибирской платформы, что способствовало развитию в северной части «встречных» клиноформ со стороны Таймыра. В целом меловой комплекс имеет незначительную мощность в сводовых частях поднятий с ее резким увеличением в погруженных частях бассейна.

**История формирования валов.** История развития Рассохинского и Балахнинского валов подробно рассмотрена на примере серии палеореконокструкций (рис. 5, а, б; рис. 6, а, б):

1) заложение Енисей-Хатангского бассейна началось в конце перми—начале триаса синхронно с рифтингом в Западно-Сибирском бассейне [Афанасенков и др., 2016, 2017]. В районе современного Балахнинского мегавала в это время формировался прогиб, заполненный мощным комплексом синрифтовых отложений (комплекс  $P_3-T_1$ );

2) в среднем триасе произошла складчатость в Турухано-Норильской зоне Сибирской платформы. Это событие активно проявилось как в западной части Енисей-Хатангского бассейна [Афанасенков и др., 2016; Фомин, 2013], так и на востоке в районе Балахнинского мегавала, в виде первой фазы роста современных мегавалов, о чем свидетельствует накопление в это время сильно

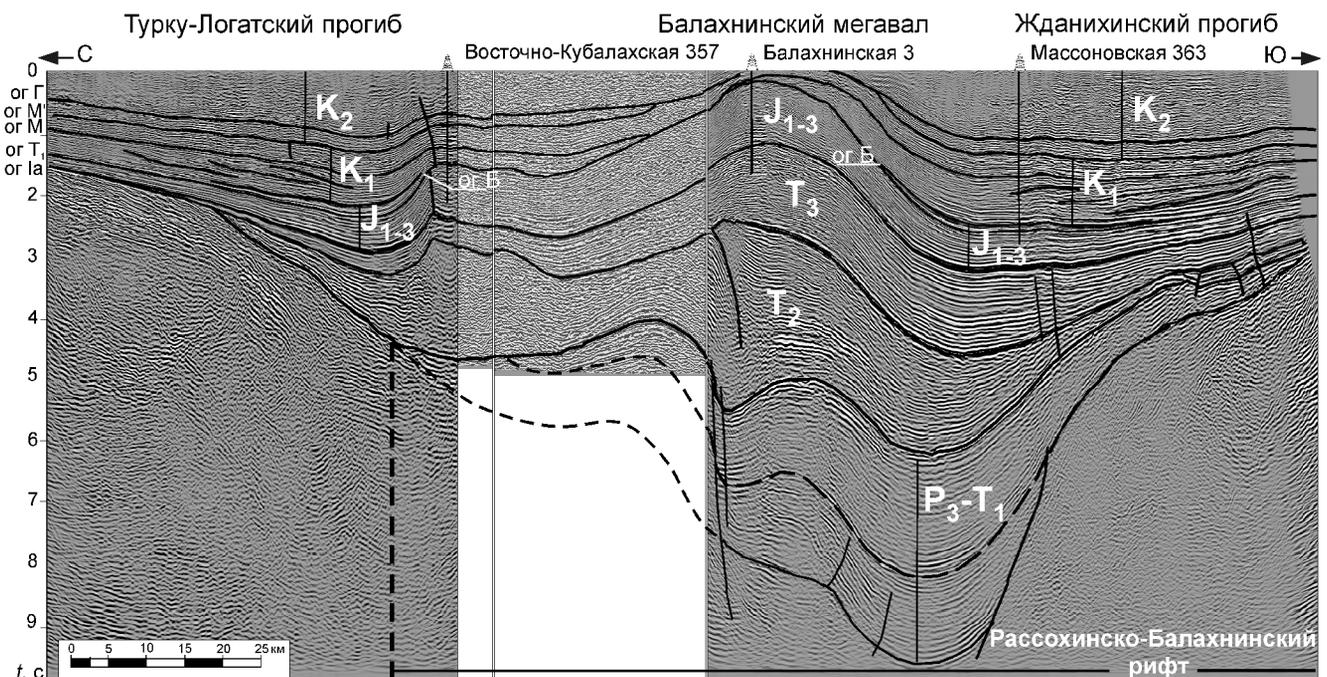


Рис. 4. Композитный временной сейсмогеологический разрез через Балахнинский вал

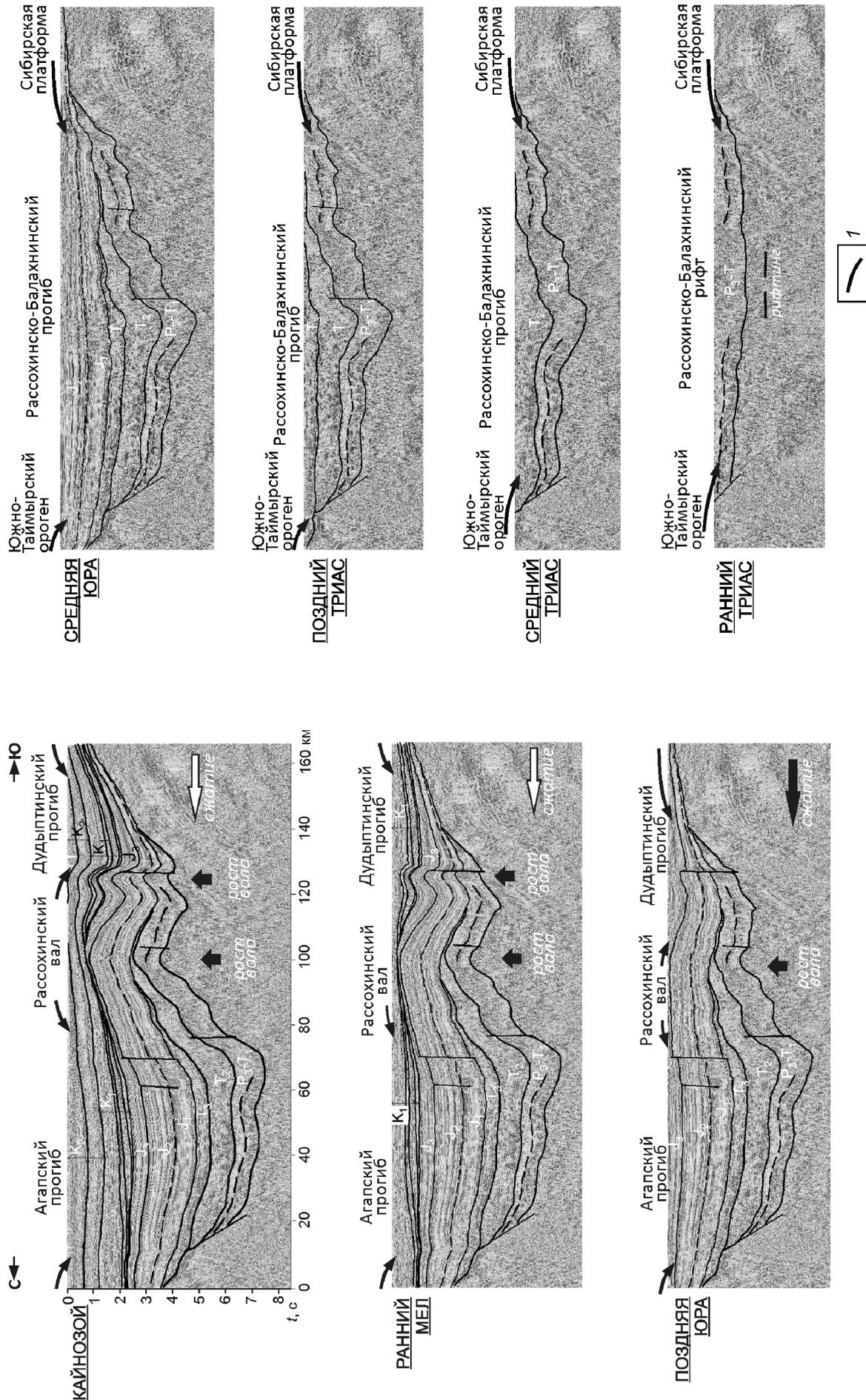


Рис. 5. Реконструкция основных этапов развития Рассохинского вала: 1 — направление сноса осадков

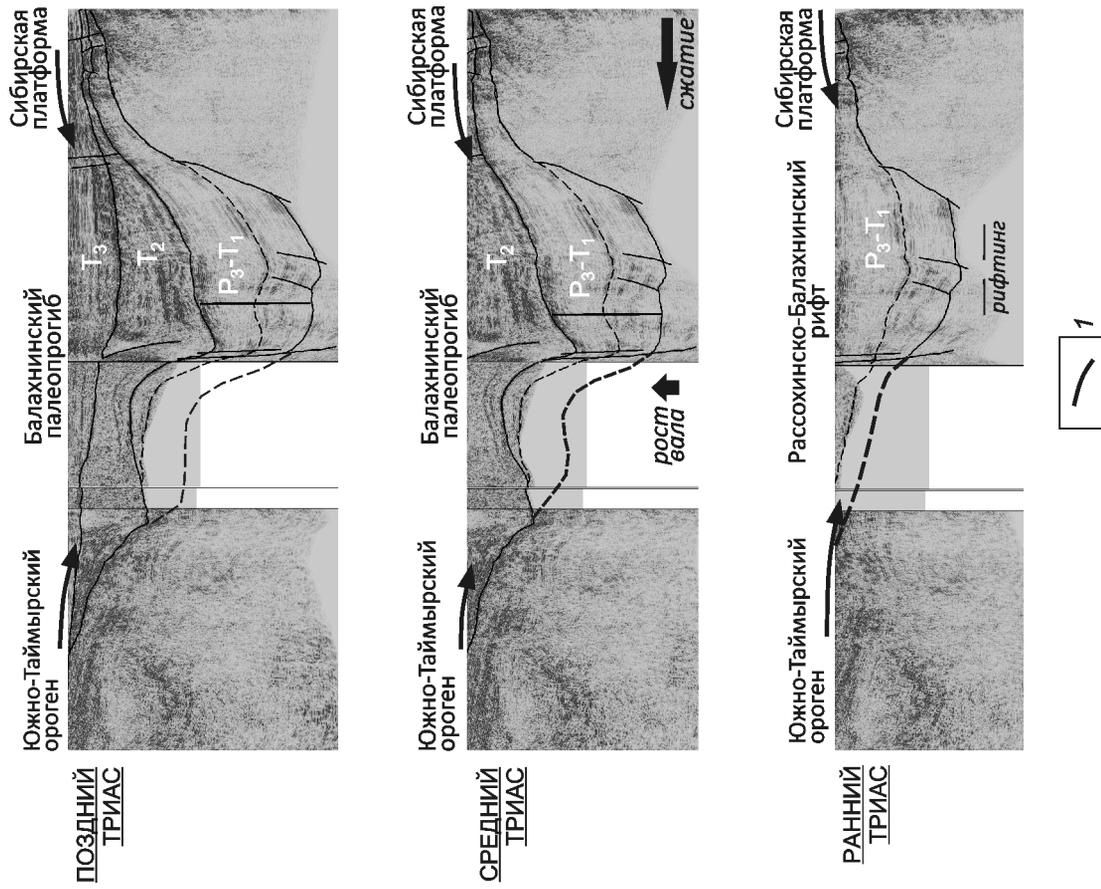
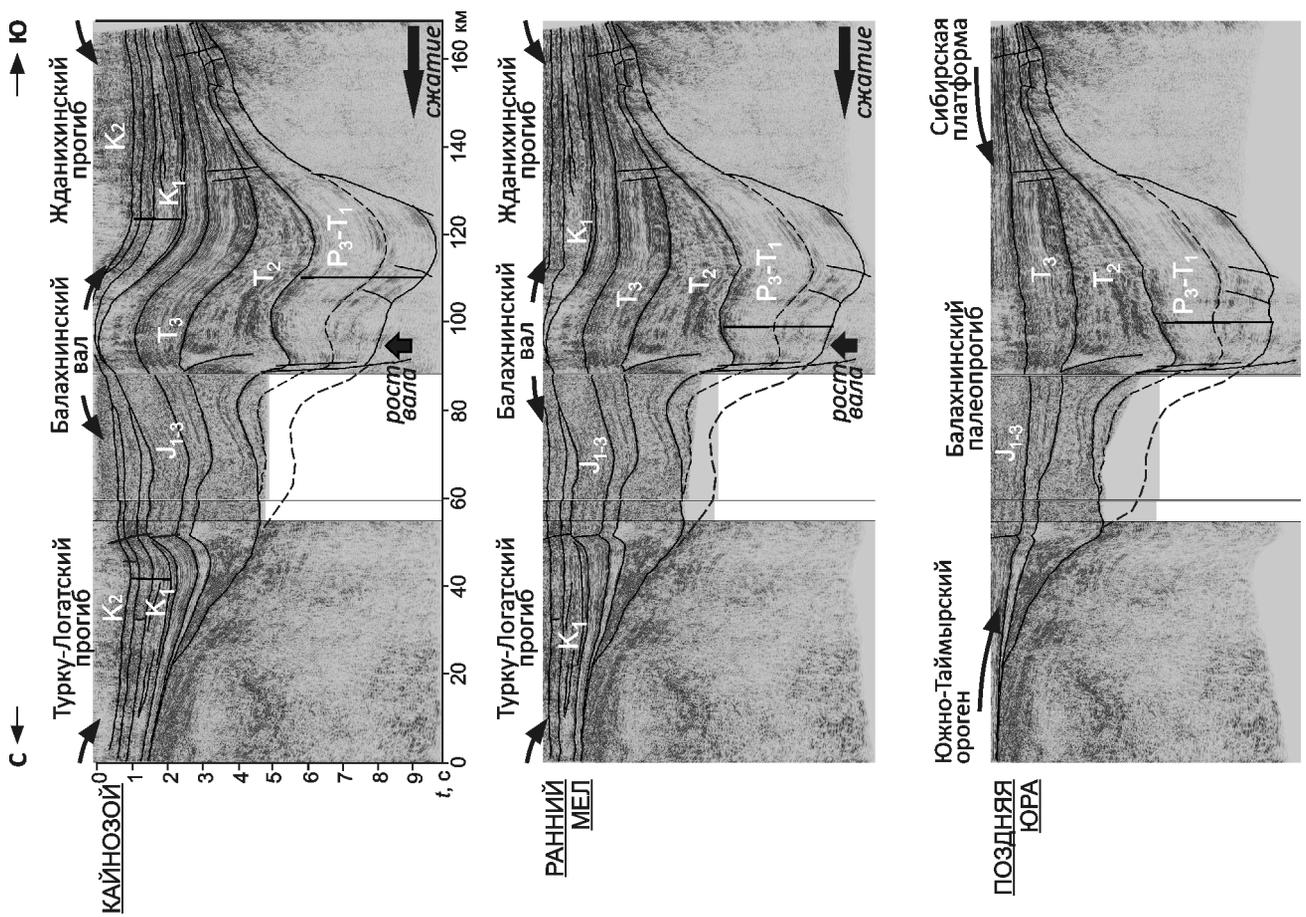


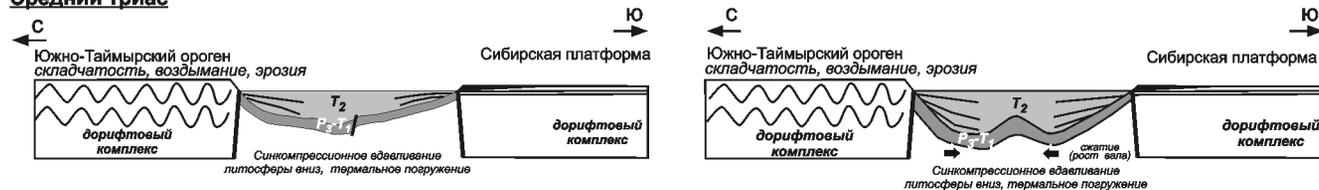
Рис. 6. Реконструкция основных этапов развития Балахинского вала: 1 — направление сноса осадков



## Ранний триас



## Средний триас



## Поздний триас



## Средняя юра



Рис. 7. Принципиальная модель формирования мегавалов Енисей-Хатангского прогиба в мезозое—кайнозое

дифференцированной по мощности толщи отложений (комплекс  $T_2$ );

3) начиная с поздне триасового времени бассейн испытывал общее погружение, преобладали обстановки спокойного осадконакопления, которые сохранялись на протяжении юрского времени;

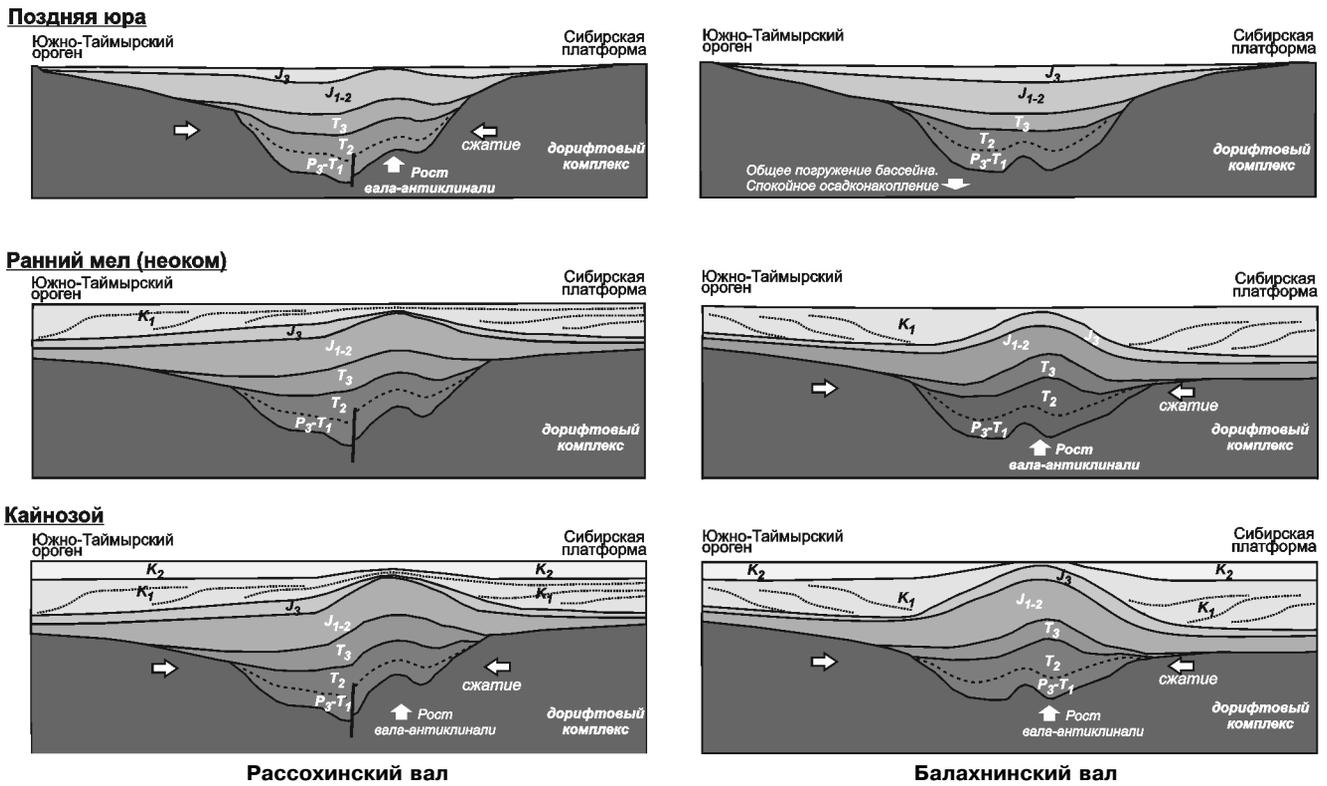
4) вторая фаза роста валов приходится на средне-позднеюрский этап, что в большей степени проявилось в пределах Рассохинского вала. В келловее возобновилась обстановка сжатия, что связывают с орогенцией в Верхояно-Чукотской области [Афанасенков и др., 2016]. Сжатие продолжалось в поздней юре и закончилось в неокоме. В то же время, как показывает анализ мощности юрской части разреза, на территории современного Балахнинского мегавала в юре существовал глубоководный морской бассейн, территория испытывала общее погружение;

5) в раннем мелу продолжался рост Рассохинского вала. Активизировался рост Балахнинского вала, что подтверждает морфология клиноформных тел, которые закартированы по обе стороны от свода вала в новообразованных в то время Жданихинском и Турку-Логатском прогибах. Направление распространения клиноформных тел свидетельствует в пользу того, что активный рост вала препятствовал обмену переносимого материала между бассейнами, в результате чего сформировались клиноформы встречного направления;

6) завершает историю развития дополнительная фаза роста валов в кайнозое, однако ее природа пока остается неизученной.

**Обсуждение результатов.** Валы (или пологие антиклинальные складки) Енисей-Хатангского бассейна приурочены к системе пермско-триасовых рифтов и являются их инверсионными структурами. Подобные структуры широко известны в пострифтовых осадочных бассейнах. Валы Енисей-Хатангского бассейна формировались в ходе нескольких этапов, связанных с фазами сжатия, начиная со среднего триаса и заканчивая кайнозоем. При этом фазы и интенсивность роста валов не совпадали. Этапы роста валов однозначно коррелируют с эпохами складчатости в соседних регионах — в Южно-Таймырском и Верхоянском орогенах, а также в Монголо-Охотском орогене, при этом точная хронология этих событий неизвестна. Очевидно, что валы являются структурами сжатия, однако авторы допускают присутствие обстановок сдвига-сжатия (транспрессия). Так, Рассохинский вал формировался в основном в келловее—барреме, а Балахнинский в берриасе—барреме (рис. 7, а, б). Рост валов происходил, возможно, в ходе нескольких фаз сжатия на протяжении примерно 40 млн лет для Рассохинского вала и 20 млн лет для Балахнинского вала. Все валы имели дополнительную фазу роста в кайнозое, причина которой пока остается дискуссионной.

**Заключение.** По результатам интерпретации сейсмопрофилей в районе Балахнинского и Рассохинского мегавалов сделана попытка восстановить историю формирования валов и выделить основные этапы развития. Установлено, что валы имеют схожее строение, однако имело место асинхронное



Продолжение рис. 7. Принципиальная модель формирования мегавалов Енисей-Хатангского прогиба в мезозое–кайнозое

развитие в юрском периоде (начал формироваться только Рассохинский вал), а также в раннемеловую эпоху (активный рост Балахнинского вала привел к перераспределению влияния источников сноса и накоплению встречных клиноформ). Валы

были образованы в ходе нескольких фаз инверсии позднепермско-раннетриасовых рифтов.

**Благодарности.** Авторы выражают особую благодарность А.Н. Обухову за ценные советы и полезные дискуссии.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

Афанасенков А.П., Никишин А.М., Унгер А.В. Мезо-кайнозойская история развития севера Западной и Восточной Сибири (Гыдан, Усть-Енисейский район) на основе анализа сейсмических данных // Геология нефти и газа. 2017. № 1. С. 34–40.  
 Афанасенков А.П., Никишин А.М., Унгер А.В. и др. Тектоника и этапы геологической истории Енисей-Хатангского бассейна и сопряженного Таймырского орогена // Геотектоника. 2016. № 2. С. 23–42.  
 Балдин В.А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности верхнеюрско–неокомских отложений западной части Енисей-Хатангского прогиба: Автореф. канд. дисс. М., 2001. 226 с.  
 Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 8. С. 1027–1050.

Тальвирский Д.Б. Тектоника Енисей-Хатангской нефтегазоносной области и сопредельных территорий по геофизическим данным. М.: Недра, 1976.  
 Тектоническая схема Таймырского полуострова и сопредельных территорий. Масштаб 1:20 000 / Под ред. В.С. Старосельцева (по материалам СНИИГГиМС, НИИГА, ПГО «Красноярскгеология»). ФГУП СНИИГГиМС, 2009.  
 Фомин М.А. История тектонического развития Енисей-Хатангского регионального прогиба в турон-кайнозойское время // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. 2013. Т. 2, № 1.  
 Фомин М.А. Современная структура мезозойско–кайнозойского осадочного чехла Енисей-Хатангского регионального прогиба по опорным уровням // Теория и практика. 2010. Т. 5, № 1. С. 60–70.

Поступила в редакцию 20.10.2016