

**О развитии Тункинской части Байкальской рифтовой зоны в позднем плейстоцене – голоцене (по материалам структурно-геоморфологических исследований)**

*А.В. Аржанникова, С.Г. Аржанников*

В статье рассмотрена позднеплейстоцен-голоценовая геодинамика Тункинской части Байкальской рифтовой зоны и кинематика главных морфоконтролирующих разломов. Структурно-геоморфологический анализ, с учетом палеосейсмогеологических данных, показал, что развитие Тункинской системы впадин не является однонаправленным. Преобладающий с миоцена режим сдвига с растяжением, с формированием сбросов и сдвиго-сбросов по зонам главных разломов, раскрытием впадин и накоплением мощных толщ рыхлых отложений, на позднечетвертичном этапе сменился режимом сдвига со сжатием. Об этом свидетельствуют восходящие движения западных впадин Тункинской системы и позднеплейстоцен-голоценовые взбросо-сдвиговые деформации в зонах Тункинского и Мондинского разломов.

Тункинская часть Байкальской рифтовой зоны входит в состав ее юго-западного фланга. Эта территория является переходной областью между структурами сжатия Северной Монголии и структурами растяжения центральной части Байкальского рифта. Здесь, по данным о механизмах очагов землетрясений, на современном этапе развития происходит тесное взаимодействие растягивающих и сжимающих напряжений, результатом которого является сложный комплекс различных типов тектонических деформаций [1].

Тункинская часть Байкальской рифтовой зоны представлена цепочкой чередующихся впадин и межвпадинных перемычек [2] (с запада на восток): Мондинская впадина, Хара-Дабанская перемычка, Хойтогольская, Туранская впадины, Ниловский отрог, Тункинская впадина, Еловский отрог, Торская впадина, Быстринская перемычка и Быстринская впадина (рис. 1). В олигоцен-миоценовое время [3], [4] эта территория претерпела первую фазу неотектонических движений, и с этого момента началось прогибание системы Тункинских впадин, накопление мощных толщ осадочных отложений и проявления базальтового вулканизма [5]. При этом основную роль играл деформационный режим растяжения со сдвигом [6], при котором бортовые разломы (Тункинский на севере и Байкало-Мондинский на юге) развивались как сбросо-сдвиги. В настоящее время накоплен материал, свидетельствующий о позднечетвертичных деформациях сжатия в зонах Тункинского и Байкало-Мондинского разломов.

Развитие Тункинской системы впадин в позднечетвертичное время прежде всего отражено в рельефе. Анализ тектонически обусловленных форм рельефа проводился с

помощью методов структурной геоморфологии, которые включают в себя детальное дешифрирование аэрофото- и крупномасштабных космических снимков, анализ речных террас, выявление активных сегментов разломов по смещенным элементам рельефа с определением, если возможно, амплитуды смещения и полевую геоморфологическую заверку ряда выделенных объектов. Проведенные исследования, с использованием данных о радиоуглеродных датировках изучаемых объектов, позволили определить геометрию и кинематику позднечетвертичных тектонических деформаций в зонах главных разломов.

Мондинский сегмент Байкало-Мондинского разлома (далее – Мондинский разлом) субширотного простираения заложен в подножии Тункинских Гольцов в северном борту самой западной из Тункинской системы впадин – Мондинской. Прогибание этой впадины, исходя из данных бурения [7], началось в среднем миоцене, а в среднем плиоцене значительно усилилось, о чем свидетельствует постепенное накопление сначала мелкозернистых отложений (миоцен), а затем грубообломочных (со второй половины плиоцена). Формирование впадины происходило по системе субширотных сбросо-сдвиговых разломов. Анализ разрезов неогеновых и четвертичных отложений, приведенный в работе [7], показывает значительное изменение базиса эрозии в позднечетвертичное время. Накопление осадков в пределах Мондинской впадины сменилось на интенсивный размыв. В настоящее время на дневную поверхность выведены отложения, датированные поздним плиоценом. Восходящие позднечетвертичные движения сопровождались взбросо-сдвиговыми деформациями в зоне Мондинского разлома. В рельефе разлом представлен четко выраженным уступом, расположенным в левом борту р. Иркут (рис. 2 (А)). Прямолинейность разлома в плане в местах пересечения с долинами водотоков говорит о крутом падении сместителя. Разлом имеет левосдвиговую компоненту, что подтверждают смещенные долины водотоков, пересекающих разлом. Видимая на аэрофото- и космоснимках амплитуда смещения составляет порядка 300 метров. Амплитуда смещения временных водотоков, наблюдаемая при полевом изучении разлома, составляет около 10 метров (рис.2 (Б): пунктиром показан смещенный тальвег водотока). Уступ Мондинского разлома имеет обратное по отношению к основному склону падение. Его формирование привело к перекрытию стока некоторых левых притоков Иркуты. При этом водотоки, выносившие ранее аллювиальный материал к Иркуту, сформировали конусы выноса у подножья уступа (рис. 2 (В, Г)). По данным [8], Мондинский разлом имеет падение на юг и является левосторонним сбросо-сдвигом. Однако при сбросовой подвижке в рельефе формируется прямой уступ, за счет чего на реках, пересекающих разлом, образуются водопады. В зоне же Мондинского разлома

наблюдается перекрывающий водотоки «обратный» уступ. При падении разлома на юг формирование обратного уступа говорит о взбросовой компоненте смещения, что характерно для структур сжатия или сдвига со сжатием.

Таким образом, Мондинский разлом, по геоморфологическим признакам, на последнем этапе развития проявил себя как левосторонний взбросо-сдвиг. Об этом же свидетельствует наличие взбросовых голоценовых деформаций по оперяющему его разлому северо-западного простирания. В ходе сейсмогеологических исследований, направленных на поиски дополнительных свидетельств Мондинского землетрясения 1950 года [9], С.Г. Аржанниковым, А.В. Чипизубовым и Р.М. Семеновым на правом борту долины р. Горхон были выявлены следы палеосейсмического события. Они представлены пластическими и разрывными взбросовыми дислокациями суглинистых и песчано-галечных отложений, а так же древнего почвенного покрова. Проведенное датирование образцов деформированной почвы ( $530 \pm 30$  ГИН 11321) показало, что подвижка произошла в интервале 500-560 лет назад [10].

Поднятие южного крыла Мондинского разлома привело к активному врезу водотоков. Так, в западной части Мондинской впадины (в южном крыле Мондинского разлома) датировка погребенной палеопочвы (8105-8026 лет [11]) в верхней части поднятой на 13 метров террасы р.Иркут еще раз подтверждает формирование деформаций сжатия или сдвига со сжатием в позднечетвертичное время.

Позднеплейстоцен-голоценовая геодинамика следующей к востоку Хойтогорьской впадины и Ниловского отрога определяется левосторонним сдвиго-сбросовым движением по Тункинскому [5] и левосторонним взбросо-сдвиговым движением по Байкало-Мондинскому разломам (рис. 3 (А)). Ниловский отрог представляет из себя межвпадинную перемышку, ограничивающую с востока и юга Хойтогорьскую впадину, отделяя ее от Туранской (на юге) и собственно Тункинской (на востоке). Восточные склоны Ниловского отрога более крутые, чем западные. Хойтогорьская впадина тоже асимметрична: по данным гравимагнитной съемки наибольшая глубина залегания поверхности фундамента наблюдается в северной части впадины [12]. Основную морфоконтролирующую роль в развитии Хойтогорьской впадины играет Тункинский разлом, сдвиго-сбросовые движения по которому приводят к опусканию северного и западного участков впадины. По ряду геоморфологических признаков (рис. 3 (Б)) развитие Хойтогорьской впадины так же, как и Мондинской, не является однонаправленным. Формирование мощных конусов выноса первой генерации средне-позднеплейстоценового возраста [12], [13] и широкая заболоченная долина р. Ихе-Ухгунь в пределах Хойтогорьской впадины свидетельствуют о преобладании нисходящих

движений. Во второй половине позднего плейстоцена начинается новый врез с образованием террас р. Ихе-Ухгунь (вторые надпойменные террасы по [13]) и второй генерации конусов выноса ее левых притоков, на которых, в свою очередь, формируются раннеголоценовые [13] первые надпойменные террасы. Новые террасы образуются также в восточной части впадины в долинах притоков р. Ихе-Ухгунь, примечательно, что в западной части впадины притоки р. Ихе-Ухгунь не террасированы.

Формирование нового комплекса террас в южной и восточной частях Хойтогольской впадины свидетельствует о тектонических перестройках и преобладании в позднеплейстоцен – голоценовое время восходящих вертикальных движений в пределах этих частей впадины. При этом северо-западные участки впадины продолжают погружаться. Это можно объяснить следующими геодинамическими особенностями. Поскольку южное крыло Байкало-Мондинского разлома перемещается на восток относительно северного (рис. 4), северо-западная часть Хойтогольской впадины остается в «тектонической тени» и здесь преобладают растягивающие напряжения и сбросовые подвижки по северо-восточным сегментам Тункинского разлома. Юго-восточная часть впадины, примыкающая к Ниловскому отрогу, попадает под влияние перемещающегося блока, испытывая восходящие движения вместе с Ниловским отрогом.

Взбросо-сдвиговые деформации в зоне Тункинского разлома в пределах следующих к востоку Тункинской и Торской впадин подробно описаны в работе [14], где авторами выявлены и датированы многоактные голоценовые взбросо-сдвиговые дислокации Аршанской (северный борт Тункинской впадины) и Торской (северный борт Торской впадины) палеосейсмоструктур. Формирование структур такого типа в голоцене свидетельствует о деформационном режиме сдвига со сжатием под воздействием регионального поля напряжений с осью сжатия направленной на север-северо-восток.

Таким образом, развитие Тункинской системы впадин не является однонаправленным. Преобладающий с миоцена режим сдвига с растяжением, с формированием сбросов и сдвиго-сбросов по зонам главных разломов, раскрытием впадин и накоплением мощных толщ рыхлых отложений, на позднечетвертичном этапе сменился режимом сдвига со сжатием. Об этом свидетельствуют восходящие движения западных впадин Тункинской системы и позднеплейстоцен-голоценовые взбросо-сдвиговые деформации в зонах Мондинского и Тункинского разломов, последние - на всем протяжении Тункинской системы впадин.

Выявленные закономерности находят объяснение с точки зрения общей геодинамической обстановки изучаемого региона. Тункинская система впадин является северной границей одного из блоков западной части Монголии, которые выжимаются и

испытывают вращение по часовой стрелке за счет передачи к северу деформаций, вызванных Индо-Азиатской коллизией [15]. При этом Тункинская граница является областью преобладающих левосдвиговых деформаций, которые на ранних этапах (начиная с миоцена) сопровождались раскрытием впадин, а на более позднем (позднеплейстоцен-голоценовом) – «надвиганием» впадин на северное горное обрамление.

Авторы выражают благодарность Фонду содействия отечественной науке и РФФИ (проект 04-05-64460) за финансовую поддержку.

1. Мельникова В.И., Радзиминович Н.А., Гилева Н.А., Курушин Р.А. Механизм и глубины очагов землетрясений юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны // Науки о Земле: современные проблемы сейсмологии: Сб. тр., М.: Вузовская книга, 2001, с.96-112.
2. Флоренсов Н.А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1960. Вып.19. – 258 с.
3. Мазиллов В.Н., Кашик С.А., Ломоносова Т.К. Оligоценовые отложения Тункинской впадины (Байкальская рифтовая зона) // Геология и геофизика, 1993, № 8. – С. 81–88.
4. Логачев Н.А. История и геодинамика Байкальского рифта // Геология и геофизика, 2003. – т. 44., №5. – С. 391– 406.
5. Шерман С. И., Медведев М.Е., Ружич В.В. и др. Тектоника и вулканизм юго-западной части Байкальской рифтовой зоны. – Новосибирск: Наука, 1973. - 135 с.
6. Шерман С.И., Днепровский Ю.И. Поля напряжений земной коры и геолого-структурные методы их изучения. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд.-ние, 1989. – 158 с.
7. Мазиллов В.Н., Ломоносова Т.К., Климанова В.М., Кашаева Г.М., Ершов Р.И., Семенова Г.О. Литология третичных отложений впадин юго-западной части Байкальской рифтовой зоны. – М.: Наука, 1972. – 119 с.
8. Лукина Н.В. Четвертичные движения по разломам юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны // Геотектоника, 1989.- № 2.- С. 89-100.
9. Сейсмогеология и детальное сейсмическое районирование Прибайкалья / Отв. ред. Солоненко В.П. – Новосибирск: Наука, 1981. – 169 с.

10. Аржанникова А.В., Аржанников С.Г., Семенов Р.М., Чипизубов А.В. Позднекайнозойская кинематика разломов в зоне сочленения Хубсугульской и Тункинской рифтогенных впадин // Материалы V Российско-Монгольской конференции по астрономии и геофизике (в печати).
11. Arjannikova A., Larroque C., Ritz J.-F., Déverchère J., Stéphan J.-F., Arjannikov S., San'kov V. Geometry and kinematics of recent deformation in the Mondy-Tunka area (south-westernmost Baikal rift zone, Mongolia-Siberia) // Terra Nova, 16, 265-272, 2004.
12. Объяснительная записка к геологической карте масштаба 1: 200 000 серия Восточно-Саянская, лист М-47-VI. – М.: Недра, 1968. - 50 с.
13. Уфимцев Г.Ф., Шибанова И.В., Кулагина Н.В., Мащук И.М., Первалов А.В., Резанова В.П., Фогт Т., Игнатова Н.В., Мишарина В.А. Верхнеплейстоценовые и голоценовые отложения Тункинского рифта (Южное Прибайкалье) // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2002. – Т. 10, № 3. – С. 90-99.
14. Чипизубов А.В., Смекалин О.П., Семенов Р.М. Палеосейсмодислокации и связанные с ними палеоземлетрясения в зоне Тункинского разлома (Юго-западное Прибайкалье) // Геология и геофизика, 2003. Т.44, № 6. С. 587-602.
15. Саньков В.А., Леви К.Г., Лухнев А.В., Мирошниченко А.И., Парфеевец А.В., Радзиминович Н.А., Мельникова В.И., Девершер Ж., Кале Э., Пети-Мариани К., Амаржаргал С., Дельво Д. Современная геодинамика Монголо-Сибирского подвижного пояса по данным геолого-структурных и инструментальных исследований // Тектоника и геофизика. Материалы XXXV Тектонического совещания. М: Геос, 2002. – С.170-174.

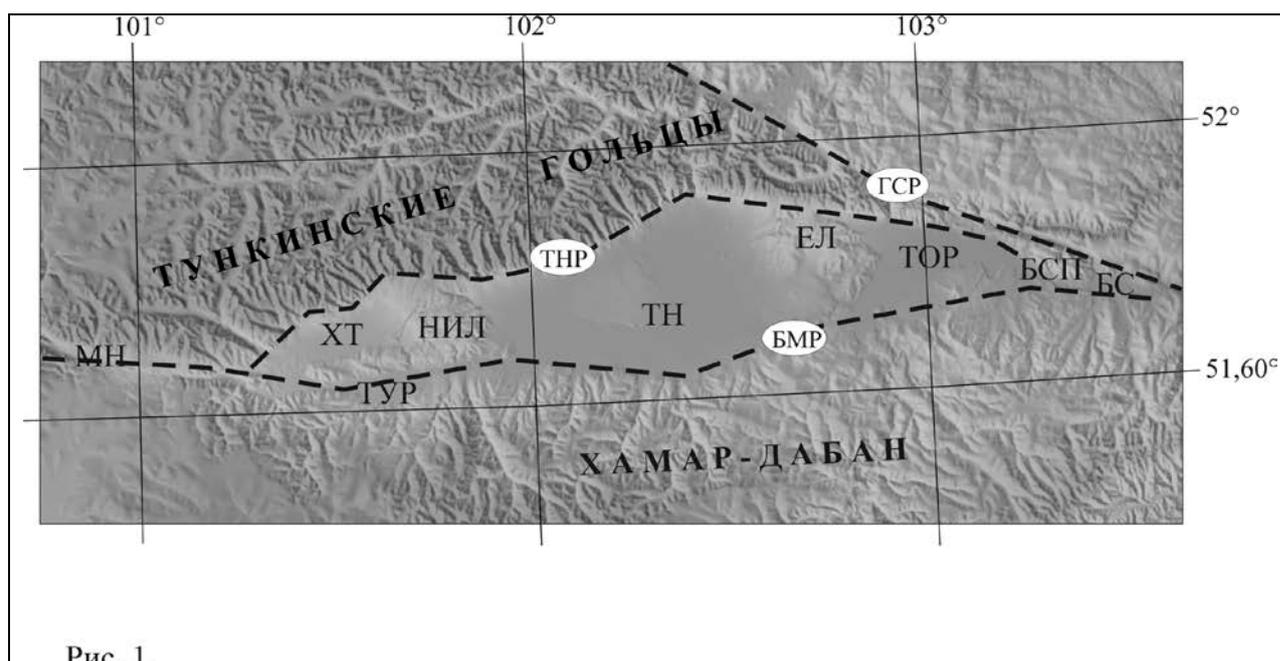


Рис.1. Основные структурные элементы Тункинской системы впадин. Впадины: МН – Мондинская, ХТ – Хойтогольская, ТУР – Туранская, ТН – Тункинская, ТОР – Торская, БС – Быстринская; междувадинные перемычки: НИЛ – Ниловский отрог, ЕЛ – Еловский отрог, БСП – Быстринская перемычка; главные активные разломы: ТНР – Тункинский, БМР – Байкало-Мондинский; ГСР – Главный Саянский.

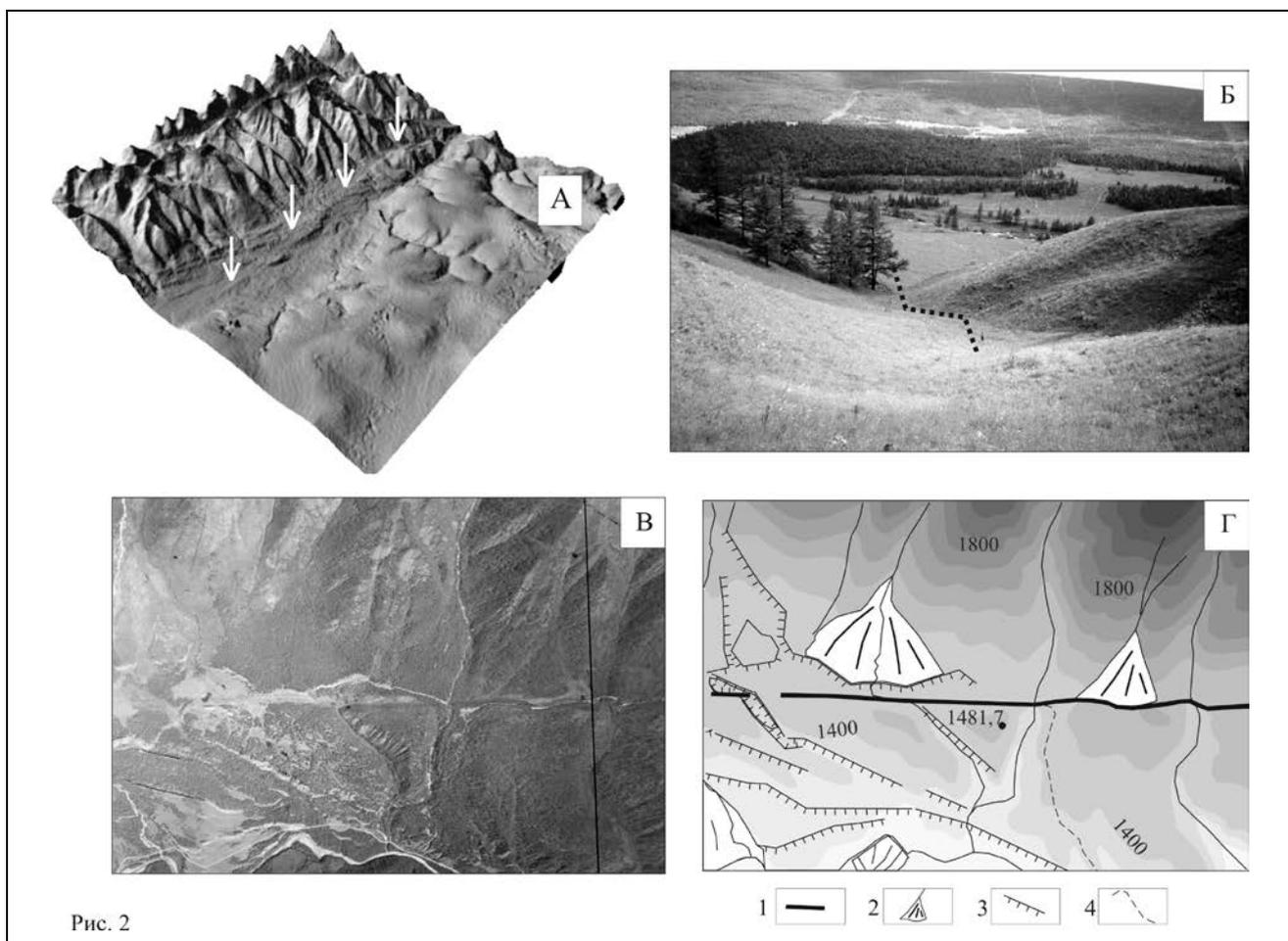


Рис. 2. Мондинский разлом. А – 3D-модель Мондинской впадины, стрелочками указан уступ Мондинского разлома; Б – левосдвиговое смещение долины временного водотока, пересекающего разлом; В,Г – формирование конусов выноса у подножья обратного уступа: фрагмент аэрофотоснимка (В) и схема его дешифрирования (Г): 1 – уступ Мондинского разлома, 2 – конусы выноса, 3 – террасы, 4 – брошенный тальвег водотока, смещенный по разлому.

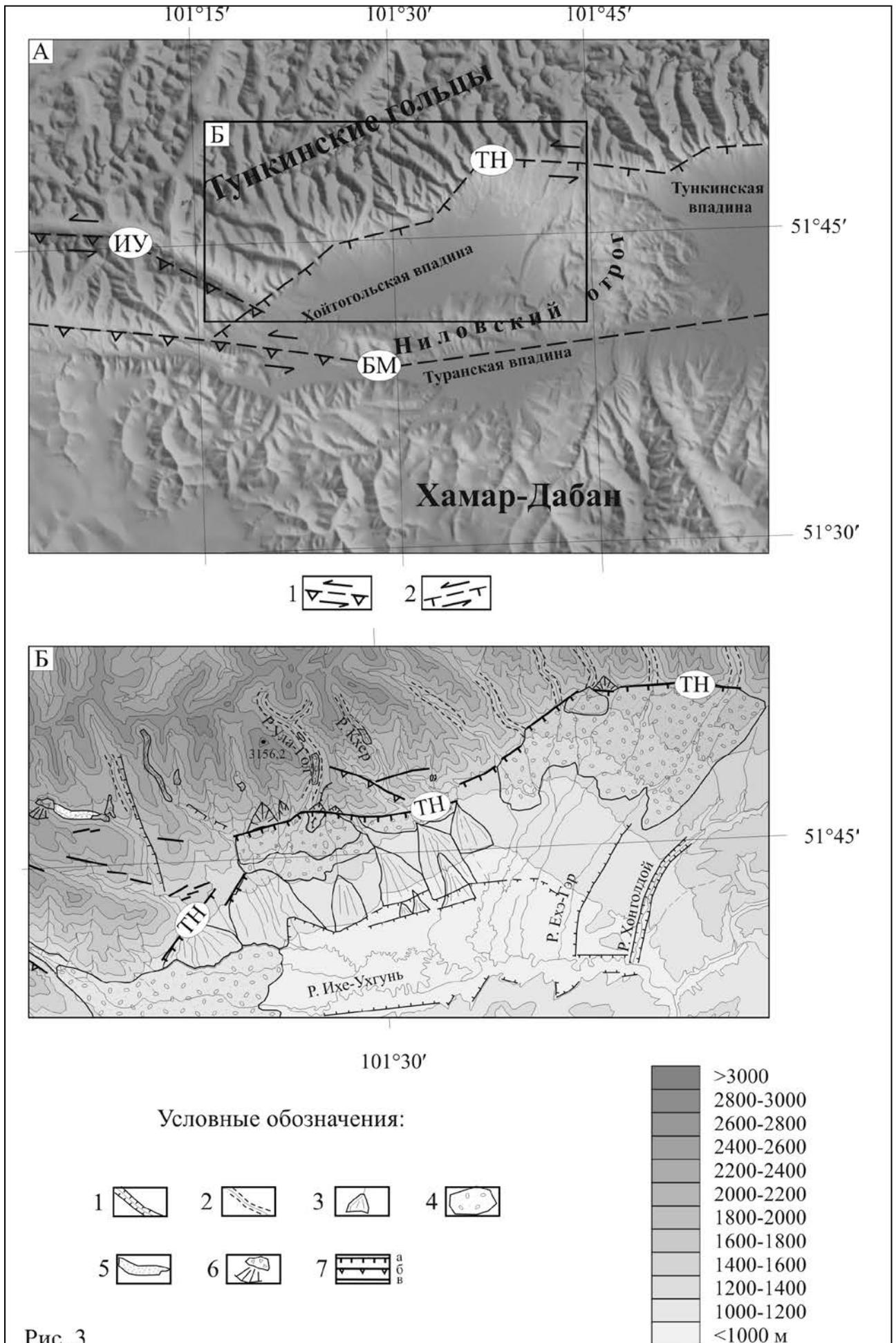


Рис. 3

Рис. 3. Хойтогорльская впадина. А - Цифровая модель рельефа Хойтогорльской впадины и ее горного обрамления. Пунктирными линиями показаны морфоконтролирующие разломы (1 – взбросо-сдвиги, 2 – сбросо-сдвиги): Тункинский (ТН), Байкало-Мондинский (БМ), Ихе-Ухгуньский (ИУ); Б - Геоморфологическая схема района сочленения Хойтогорльской впадины и Тункинских гольцов: 1 – террасы, 2 – троговые долины, 3 – конусы выноса, 4 – морены, 5 – подпорное палеозеро, 6 – обвалы, 7 – активные сегменты разломов: а – с преобладающей сбросовой компонентой, б – с преобладающей взбросовой компонентой, в – кинематика не установлена.

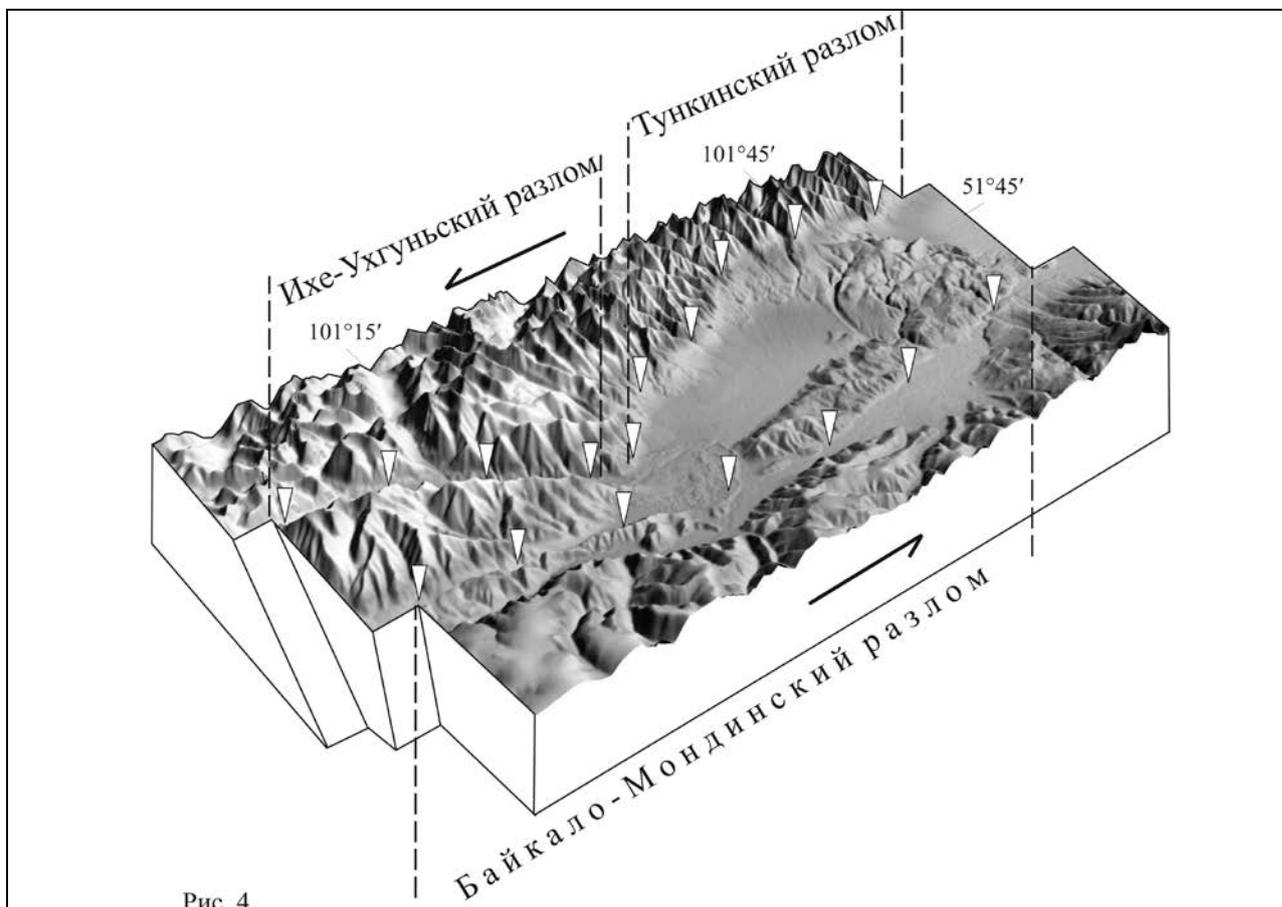


Рис. 4. Трехмерная модель Хойтогорльской впадины (стрелками указаны главные активные разломы).