Геологические достопримечательности Байкальского рифта и его окружения (лекция 2)

Пристанищ не искать, не приживаться,
Ступенька за ступенькой, без печали,
Шагать вперед, идти от дали к дали,
Все шире быть, все выше подниматься!
Засасывает круг привычек милых,
Уют покоя полон искушенья.
Но только тот, кто с места сняться в силах,
Спасет свой дух живой от разложенья!

Герман Гессе *(немецкий писатель и художник)*

НЕКОТОРОЕ ПРИМЕЧАТЕЛЬНОЕ ИЗ ИЗВЕСТНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО :

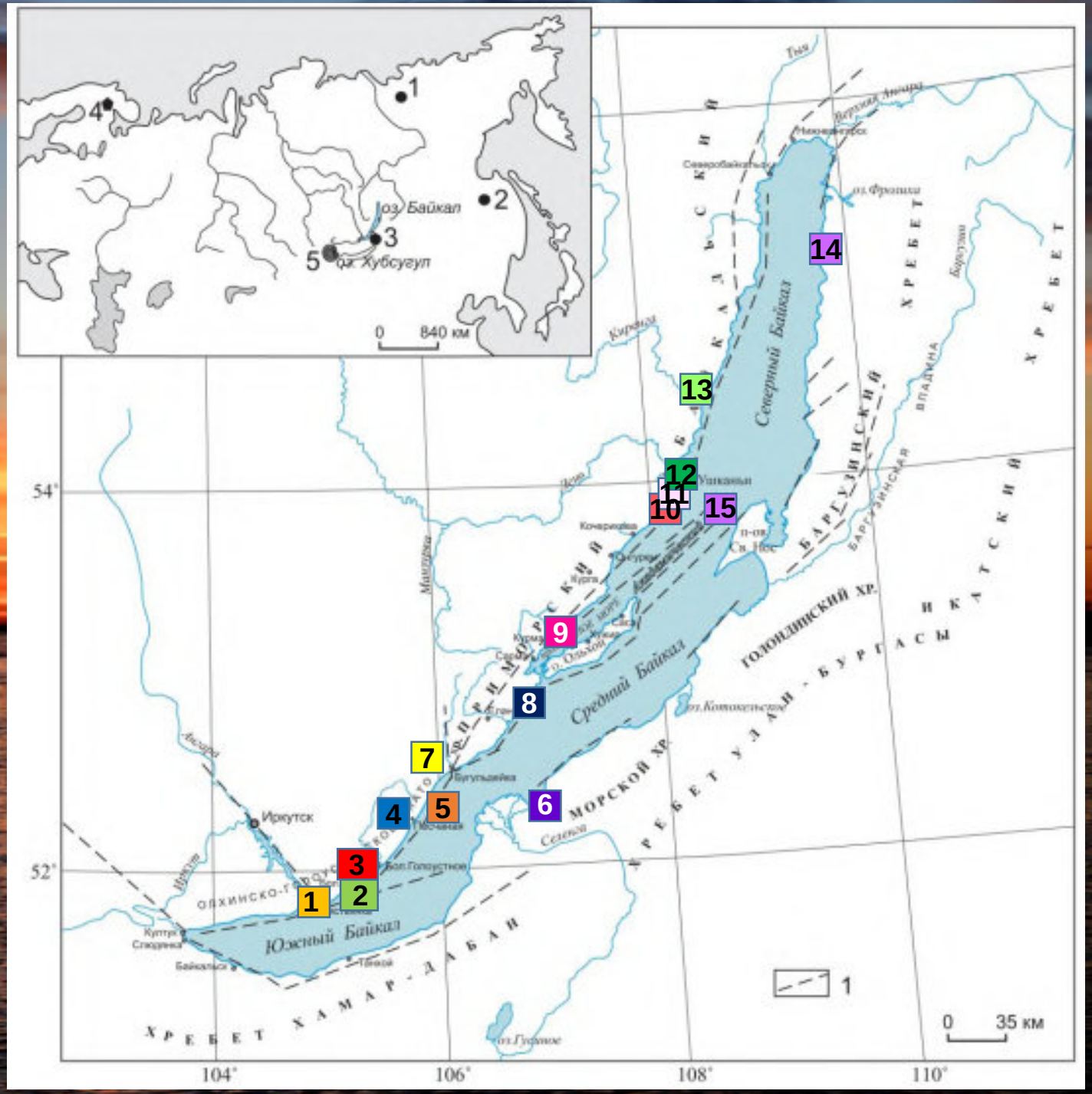
Южный Байкал

1. Район Листвянки и истока р. Ангары
2. Строматолитовые известняки пади Мал. Кадильная
3. Дельта р. Голоустной и Сухое озеро
4. Граниты рапакиви в бухте Песчаная
5. Краснояровская палеосейсмодислокация между мысами Черный и Красный Яр
6. Дельта р. Селенги и залив Провал
7. Мраморный карьер в районе с. Бугульдейка
8. Тажеранские степи: просто о сложном

Северный Байкал

9. Малое море и о. Ольхон: следы разрывообразования
10. Тектонические загадки мыса Рытого
11. Разрывы мыса Шартлай
12. Разрывы мыса Тытери и окрестностей
13. Среднекедровые разрывы в Байкальском хребте
14. Террасы Байкала: восточное побережье
15. Террасы Байкала: о. Бол. Ушканий

ЗАКЛЮЧЕНИЕ



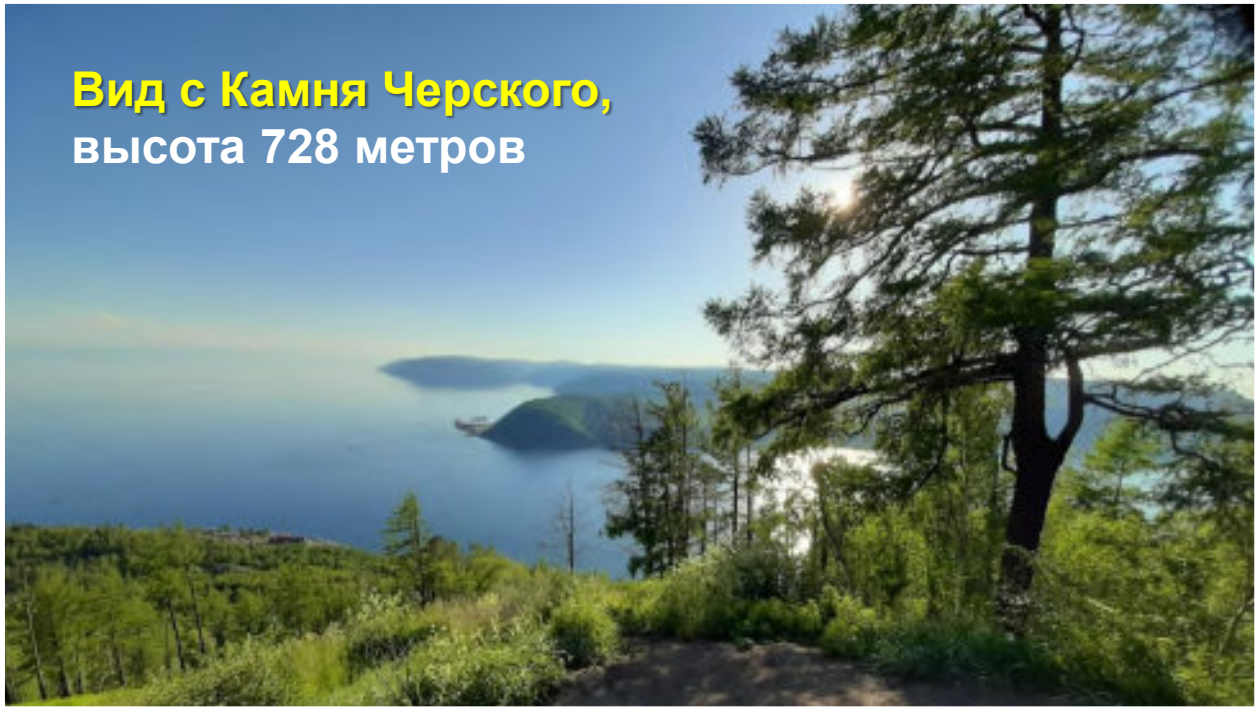
Южный Байкал,
1. Район Листвянки и истока р. Ангары

Время образования прорези р. Ангары

Сток через прорезь начался по геологическим меркам недавно – во второй половине позднего плейстоцена, после обрушения днища Листвянского залива:
- 20-15 тыс. лет назад [Грудинин, Чувашева, 2011];
- 10-20 тыс. лет назад [Голубев, устное сообщение];
- 60 тыс. лет назад [Кононов, Мац, 1986; Мац, Ефимова, 2011];
- 5-7 тыс. лет назад [Бухаров, Фиалков, 1986];
- 7-12 тыс. лет назад [Медведев и др., 2012];

В опускание был вовлечен блок суши, являвшийся водоразделом между байкальским притоком и рекой типа Бол. Речки. Опускание привело к формированию более низкого порога на пути стока вод Байкала, которые, использовав небольшую долину, начали формировать современное русло Ангары.

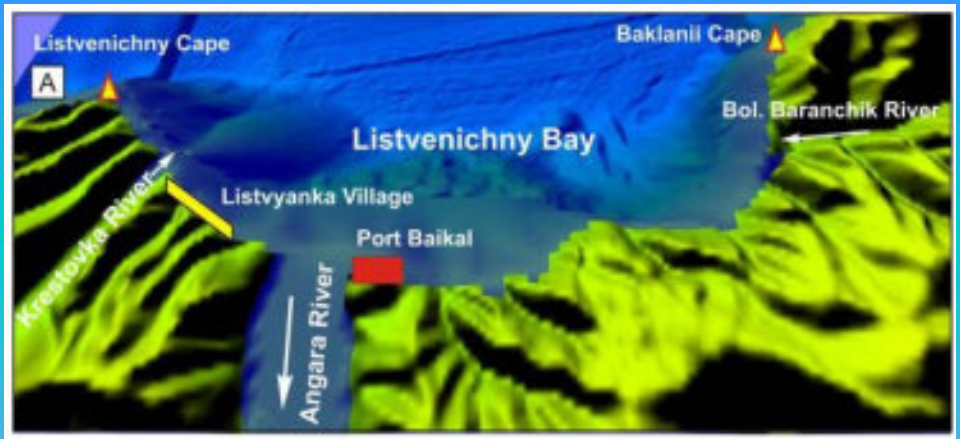
ОДНАКО последняя версия гласит, что было два обрушения:
- ~**125 тыс. лет** назад [Arzhannikov et al., 2018];
- **11.8-13.4** тыс. лет назад [Arzhannikov et al., 2018];

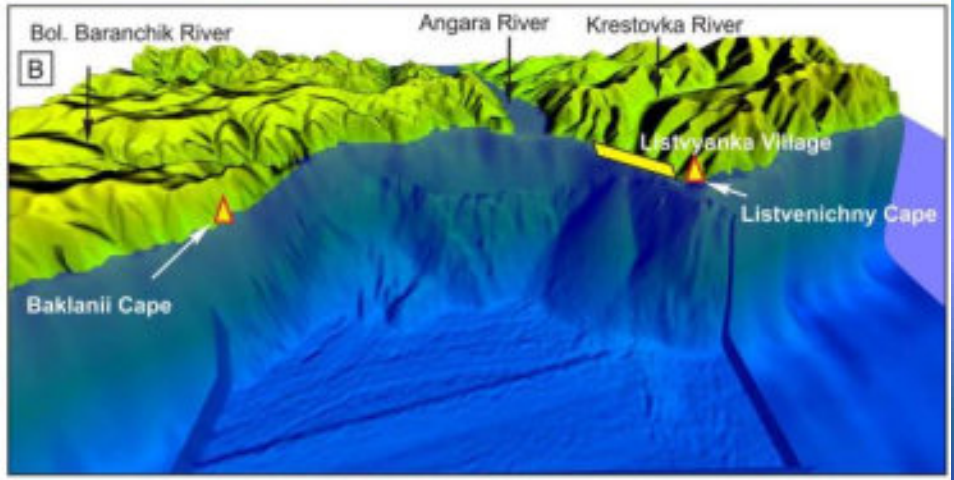


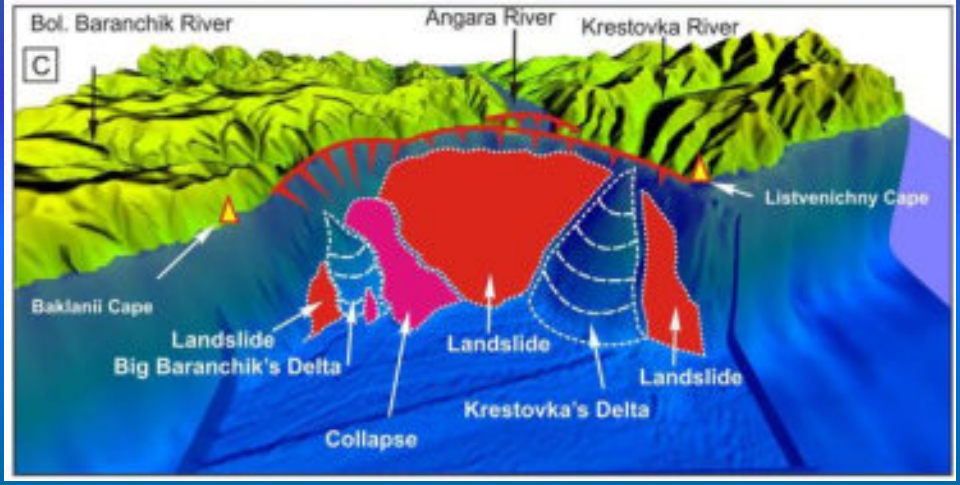
Время образования прорези р. Ангары [Arzhannikov et al., 2018]

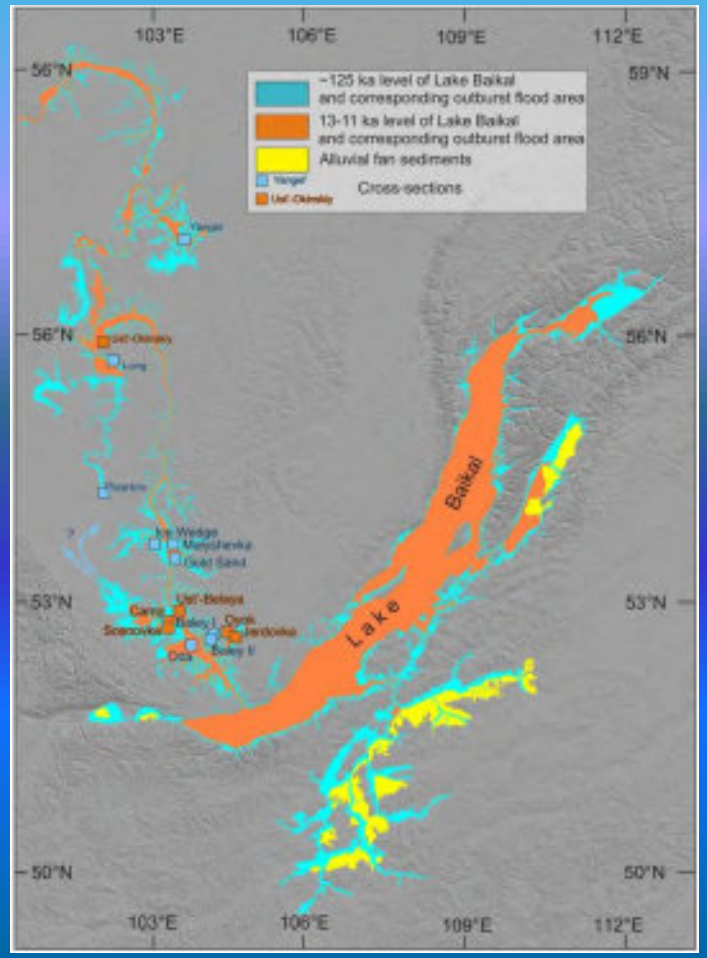
Реконструкция уровней оз. Байкал на 125 тыс. лет (голубой) и 13 тыс. лет (оранжевый) и интерпретация гравитационных и осадочных структур в Листвяничном заливе по

При первом обрушении Приморского хребта уровень Байкала был на ~200 м выше настоящего. Сброс произошел на 100 м. При втором уровень понизился еще на 50-60 м.

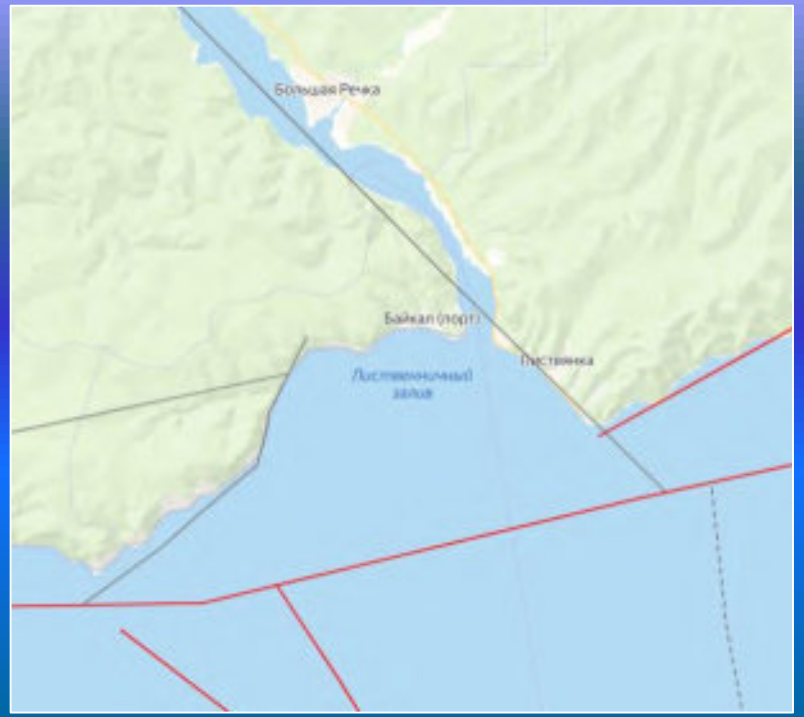








Плиоцен-четвертичные разломы по [Лунина, 2016]



Район Листвянки и истока р. Ангары

Шаман Камень

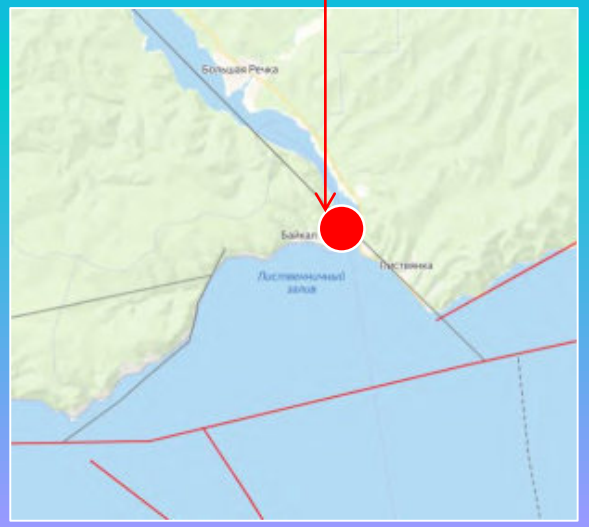


Фото из работы [Arzhannikov et al., 2018]

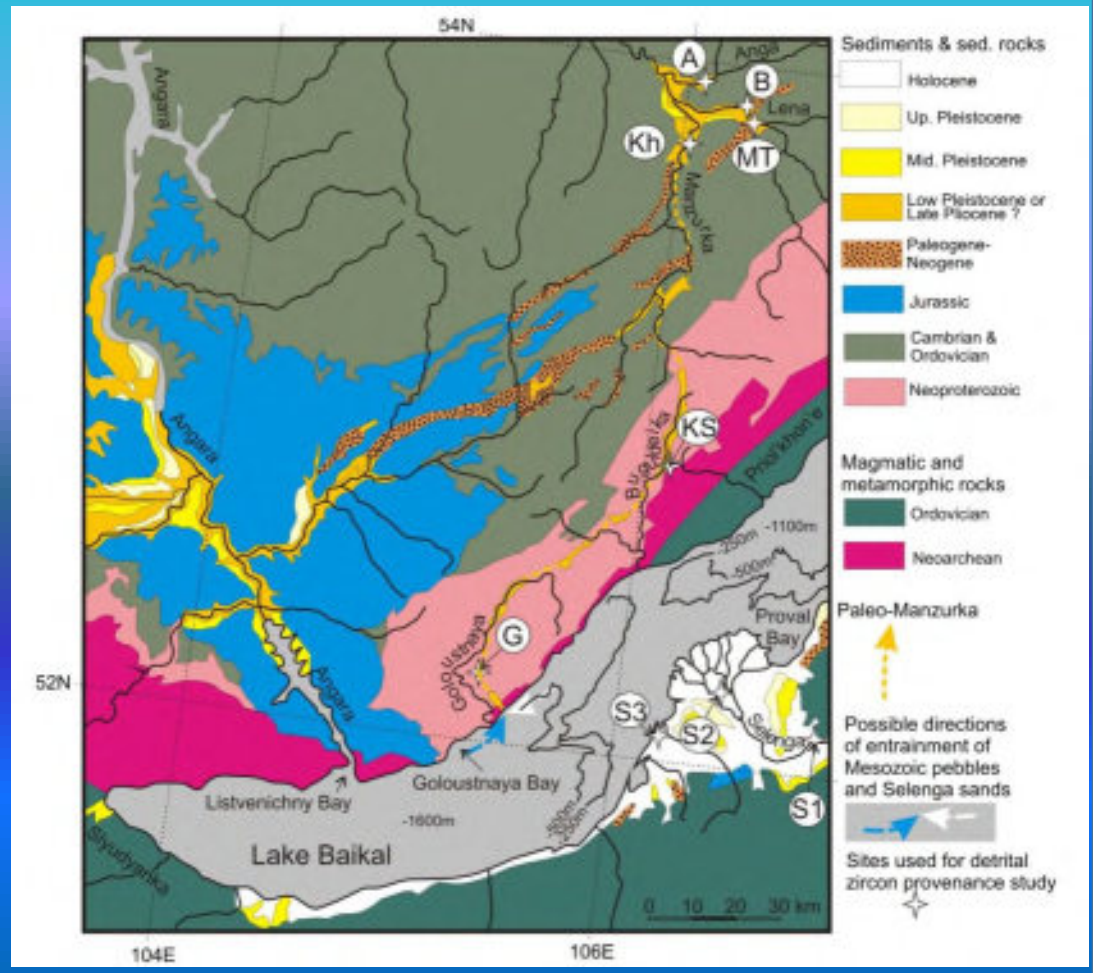
Шаман-камень сложен древнейшими мигматитовыми гнейсами архея и, по-видимому, «лежит» на относительно молодых юрских песчаниках [Грудинин, Чувашева, 2011].

Гнейсы архея, а также другие метаморфизованные магматические и осадочные породы слагают Шарыжалгайский выступ, который представляет собой выход докембрийских пород фундамента Сибирской платформы [Донская, Гладкочуб, 2021].

Возраст пород – преимущественно архейский (3,9-2,9 млрд лет, но для части метатерригенных пород установлено палеопротерозойское время осадконакопления (3,1-2,4 млрд лет) [Gladkochub et al., 2009; Туркина, 2010]

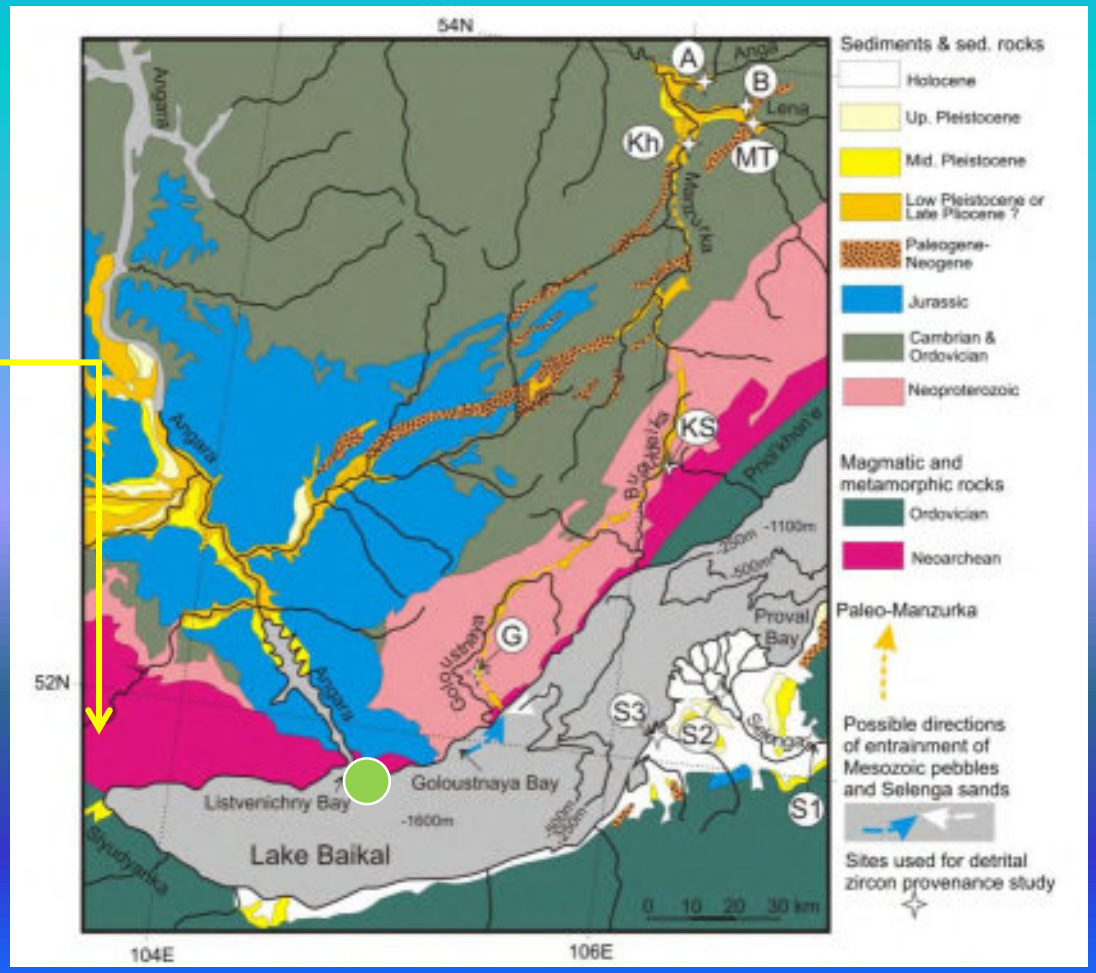
Геологическая карта южной части оз. Байкал и окружения

[Малич, 1999] с дополнениями [Кононов,, Мац, 1986 и Arzhannikov et al., 2018]



Район Листвянки и истока р. Ангары

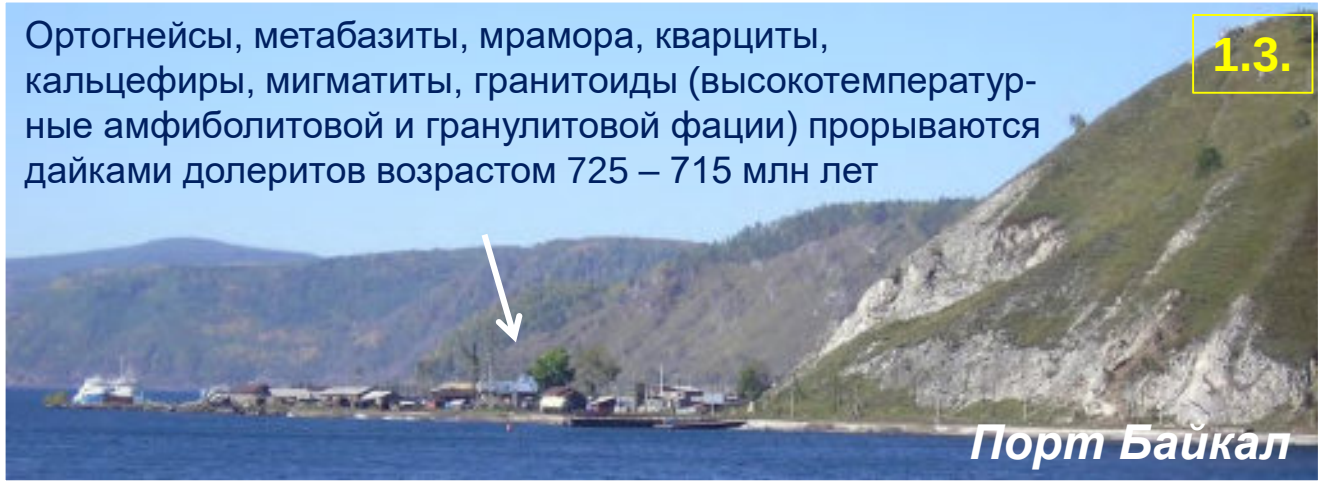
Шарыжалгайский выступ



Геологическая карта южной части оз. Байкал и окружения

[Малич, 1999] с дополнениями [Кононов,, Мац, 1986 и Arzhannikov et al., 2018]

Ортогнейсы, метабазиты, мрамора, кварциты, кальцефиры, мигматиты, гранитоиды (высокотемпературные амфиболитовой и гранулитовой фации) прорываются дайками долеритов возрастом 725 – 715 млн лет

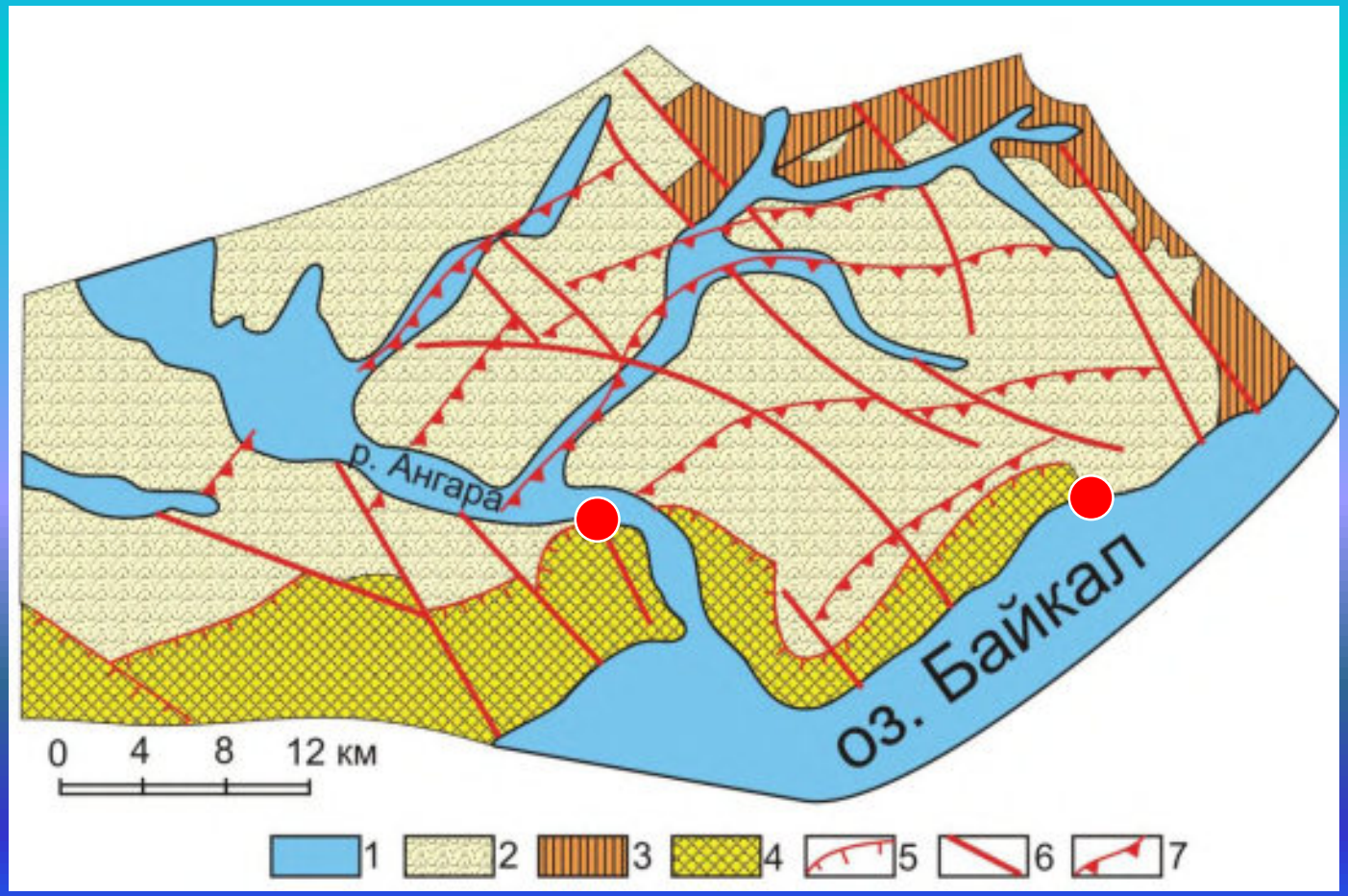


Возраст протолита биотитовых гнейсов 2,9 млрд лет (по ядрам циркона), возраст их метаморфической переработки 1,86 млрд лет (по краевым частям зерен циркона) [Gladkochub,Donskaya, 2021]

Здесь дайки долеритов (субвертикальные тела мощностью от 2 до 100 м) возрастом 1,3 млрд. лет прорывают гнейсы. Их формирование происходило в условиях внутриконтинентального растяжения [Donskaya et al., 2018]

Район Листвянки и истока р. Ангары

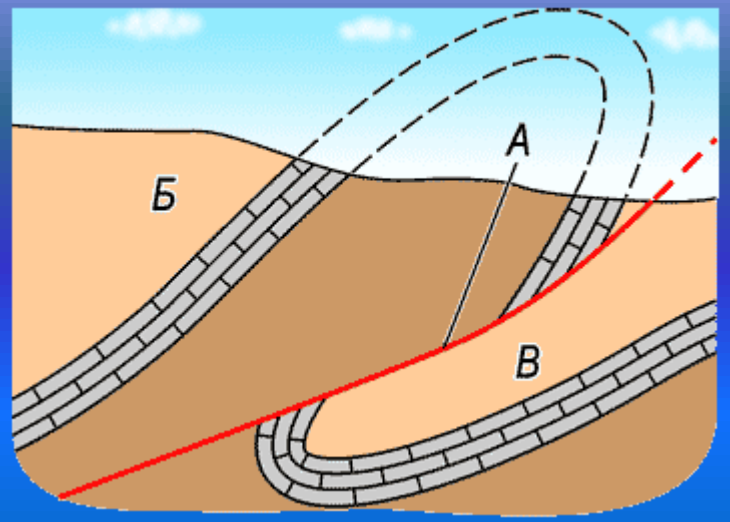
Ангарский надвиг



Геолого-тектоническая схема истока р. Ангары (составил В.И. Сизых) [Грудинин, Чувашева, 2011]:
1 – четвертичные осадки; 2 – юрские отложения; 3 – байкальский комплекс рифея; 4 – шарыжалгайский комплекс архея; 5 – фронт ангарского надвига; 6 – разрывные нарушения; 7 – надвиговые чешуи

Здесь древние докембрийские породы Шарыжалгайского выступа надвинуты на юрские песчаники осадочного чехла платформы

Надвиг – разрывное нарушение с пологим (до 45° или не более 60°) наклоном сместителя, по которому висячий бок поднят относительно лежачего и надвинут на него.



Район Листвянки и истока р. Ангары

Ангарский надвиг

Материалы О.В. Луниной

100 м ниже устья пади Сосновка (6 км ниже истока р.Ангары, левобережье)

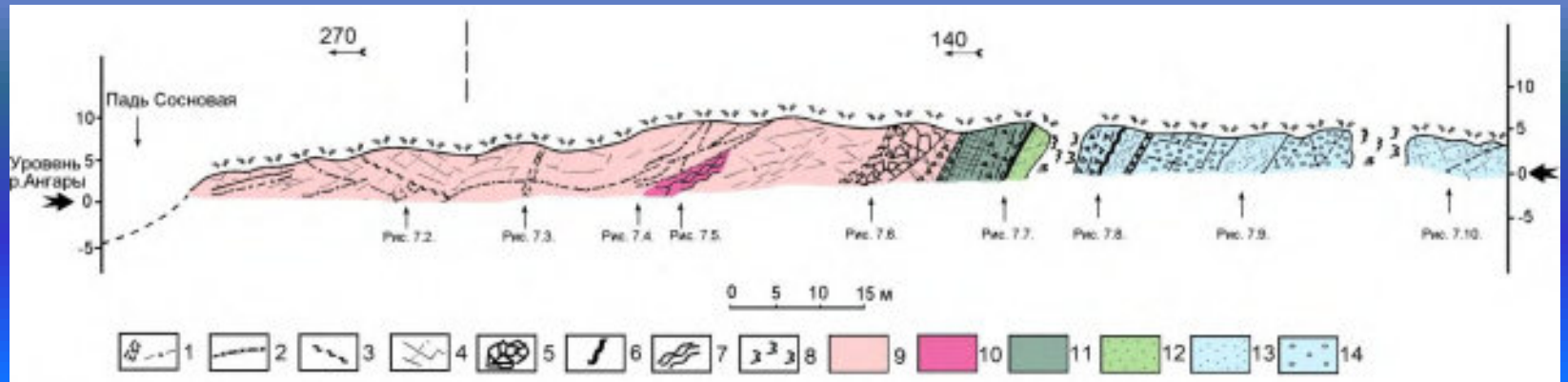


Рис. 7.1. Разрез тектонического контакта между докембрийскими породами и юрскими отложениями.

Обозначения: 1 - зона дробления; 2 - зона рассланцевания; 3 - зона милонитизации; 4 - крупные трещины; 5 - тектонические брекчии; 6 - угольные прослои; 7 - тектонические складки; 8 - осыпь; 9 - гнейсы; 10 - гематитизация; 11 - приразломные изменения гнейсов; 12 - приразломные изменения песчаников; 13 - песчаники; 14 - конгломераты.

Пунктиром показано изменение экспозиции коренного выхода. Стрелкой с надписью рис... отмечены места, изображенные на фотографиях далее в тексте.

Южный Байкал,
2. Строматолитовые известняки пади Мал. Кадильная (левый берег)

[Грудинин, Чувашева, 2011]

Первые сложно организованные экосистемы на Земле, появившиеся в архее.

Нашим строматолитам около 700 млн лет (неопротерозой).

Породы известково-доломитового состава вместе с песчаниками и углеродисто-глинистыми отложениями, составляют улунтуйскую свиту, которая в составе байкальской серии прослеживается более чем на 500 км на СВ.

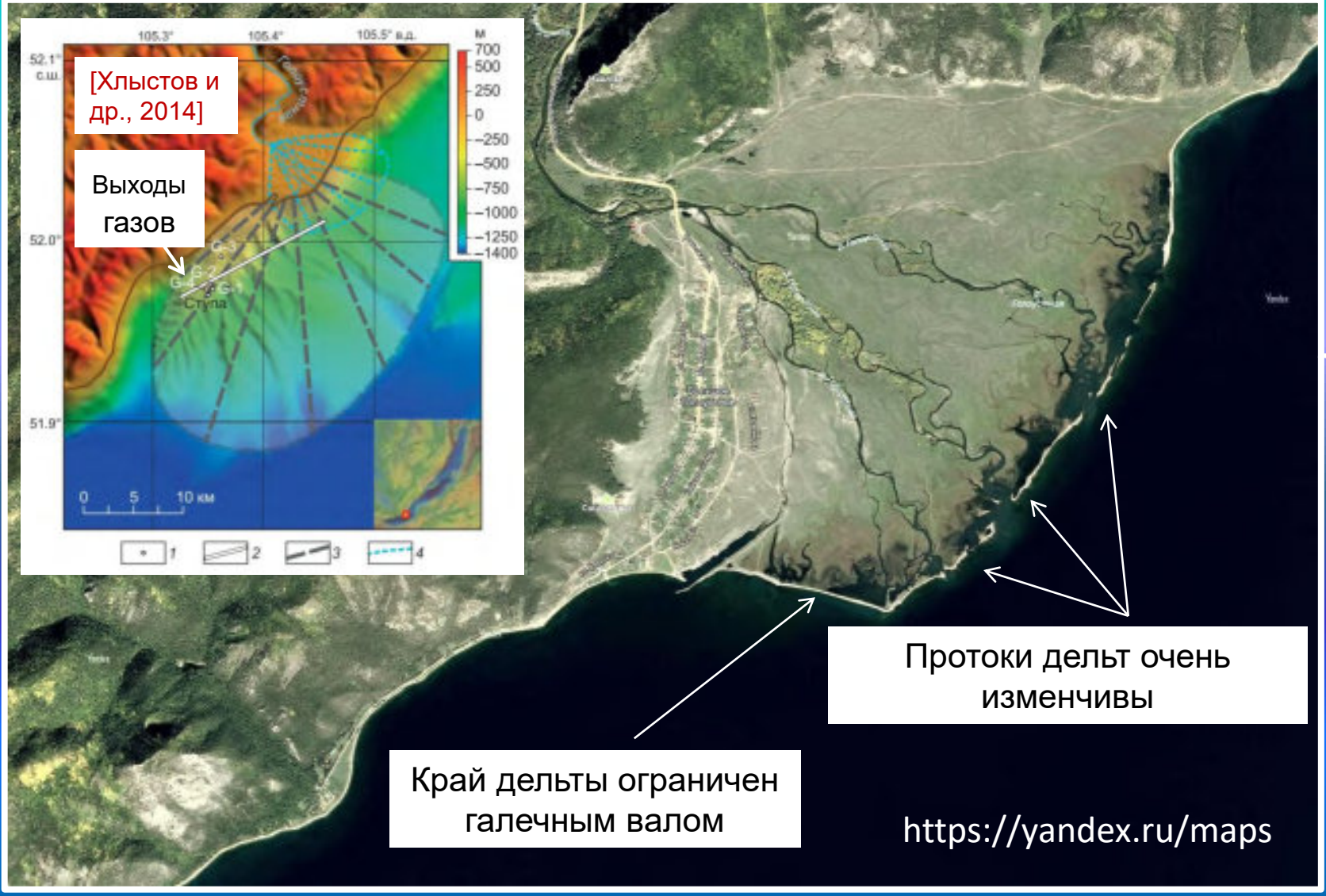
Строматолиты – ископаемые остатки цианобактериальных матов (сине-зеленых водорослей), образующие карбонатные (чаще известковые или доломитовые) постройки на дне мелководного водоема

Столбчатые строматолиты улунтуйской свиты в пади Мал. кадильная. Формы из группы Masloviella Korol. (вид сверху на плоскость пласта) и из группы Baicalia Kryl (вид сбоку вкрест пласта)

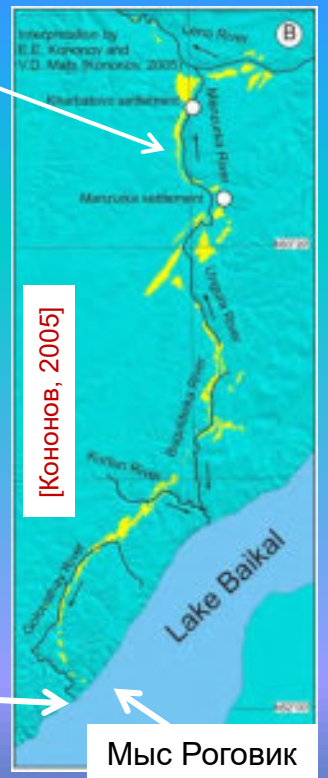
Современные строматолиты Западной Австралии — постройки, образованные в ходе накопления карбонатов цианобактериальны-ми матами (фото Paul Harrison)

Цианобактерии представляют собой тонкие нити, которые, переплетаясь, формируют тонкослоистые маты (0,05–0,5 мм) или микрофитолиты (0,5-5 мм), состоящие из органогенного слоя и продуцируемого им минерального слоя, преимущест-венно карбонатного состава. В результате образуются постройки разного типа: пластовые, желваковые и столбчатые, иногда достигающие высоты 20 м. В 4-5 км вверх по пади, в ее левом борту и в хребте можно найти «гороховый камень».

Южный Байкал
3. Дельта р. Голоустной и Сухое озеро



Отложения р. Пра-Манзурки



Современные отложения устья р. Голоустной наложены на более древний, опущенный в результате среднеголоценового землетрясения конус выноса [Макаров, 2011]

Конус выноса Голоустной в голоцене 4 раза подвергался воздействиям сильных землетрясений по данным [Макаров, 2011]

Дельта р. Голоустной

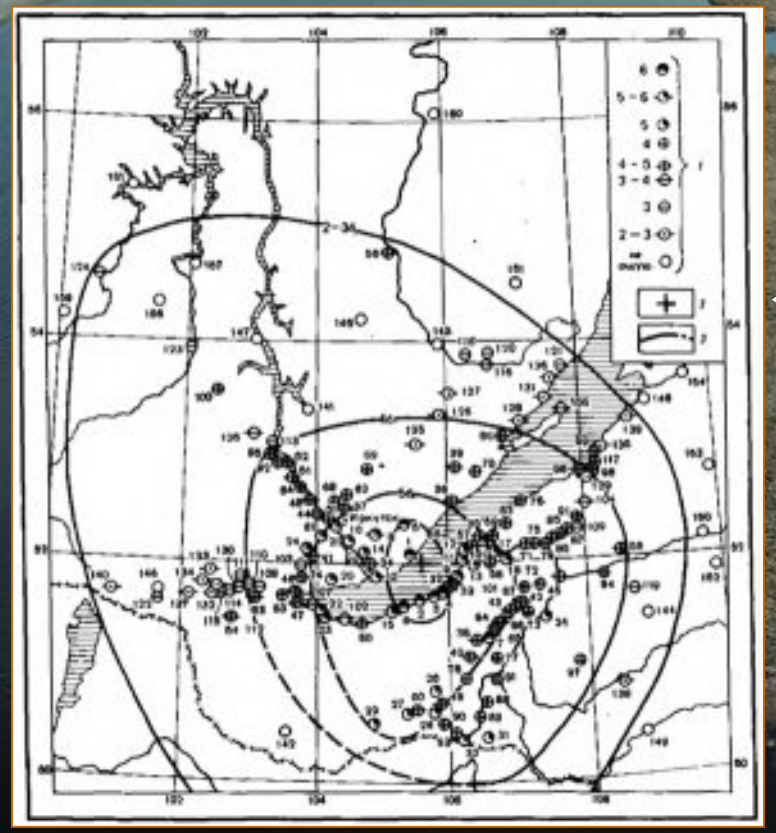


Схема изосейст

Последнее из наиболее сильных землетрясений в районе дельты р. Голоустной было 22 мая 1981 г. (магнитуда M=5,4, энергетический класс K=14, I=6 баллов в эпицентре) [Голенецкий, 1984]

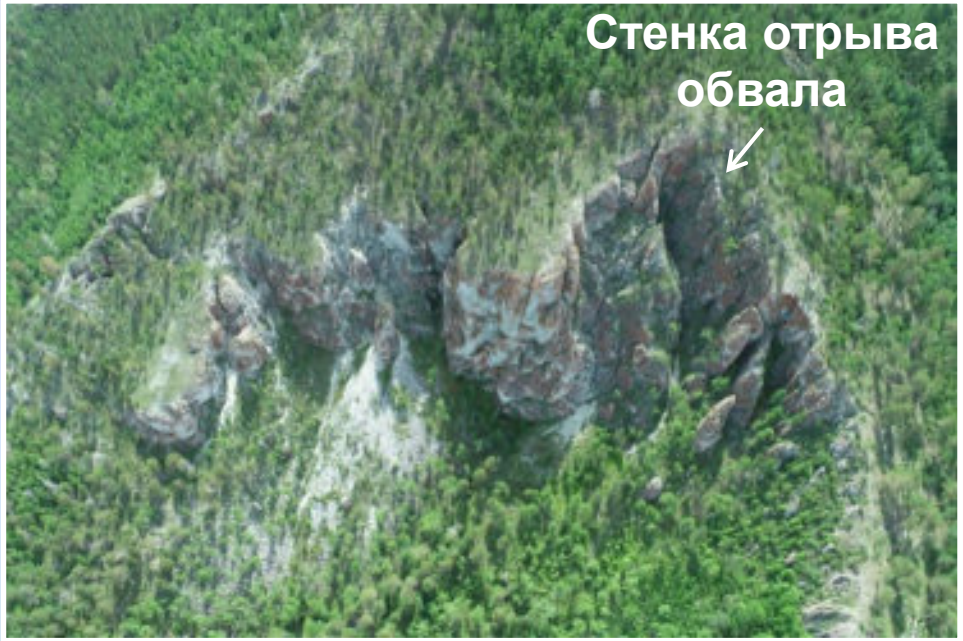
Сухое озеро (падь Озерко, Семеновка, Хурай-Нур)

Май, 2021 г.

[по материалам О.В. Луниной, аэрофотосъемка А.А. Гладкова]

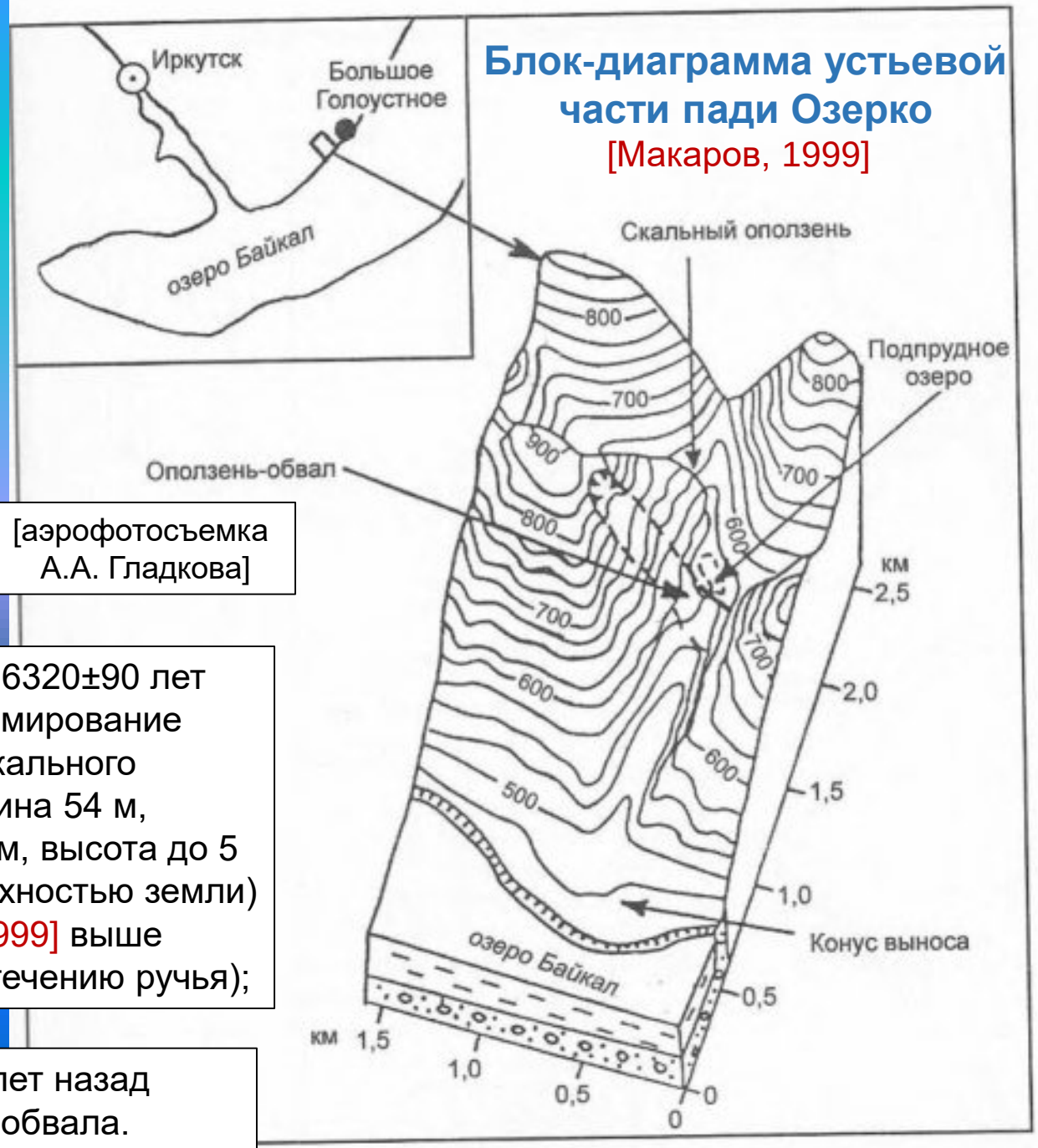
Сухое озеро (падь Озерко, Семеновка, Хурай-Нур)

1) Конец верхнего плейстоцена – интенсивная селевая деятельность, наиболее влажный период (12-14 тыс. лет назад) по [Безрукова, 1999];



2) Не ранее 6320±90 лет назад – формирование блокового скального оползня (длина 54 м, ширина 7-8 м, высота до 5 м над поверхностью земли) [Макаров, 1999] выше обвала (по течению ручья);

3) 3810±100 лет назад образование обвала.



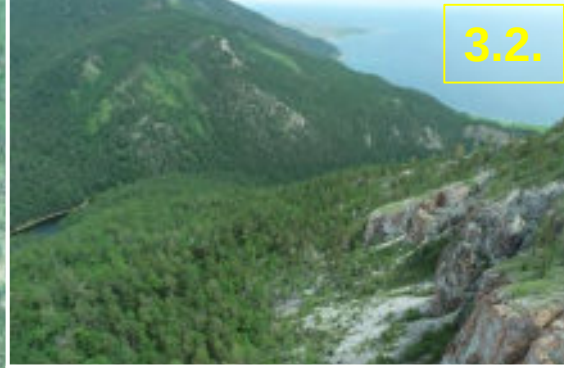
Блок-диаграмма устьевой части пади Озерко
[Макаров, 1999]

[аэрофотосъемка А.А. Гладкова]

Сухое озеро (падь Озерко, Семеновка, Хурай-Нур)

Июль, 2021 г.

[по материалам О.В. Луниной, аэрофотосъемка А.А. Гладкова]



Южный Байкал

4. Граниты рапакиви в бухте Песчаная

Рапакиви в переводе с финского языка означает «крошащийся (гнилой) камень», «рухляк» (введен в 1694 г. У. Хъярне)

В 1916 г. археологом Б.Э. Петри здесь были открыты стоянки древнего человека. Керамика, изделия из бронзы, камня, нефрита и железа датируются поздним неолитом (2-4 тыс. лет) [Грудинин, 1993].

Фото с сайта: https://volkov.irkutsk.ru/posts/khodulnyie-sosny-bukhty-pieschanaia-sviashchiennyie-dierievia/

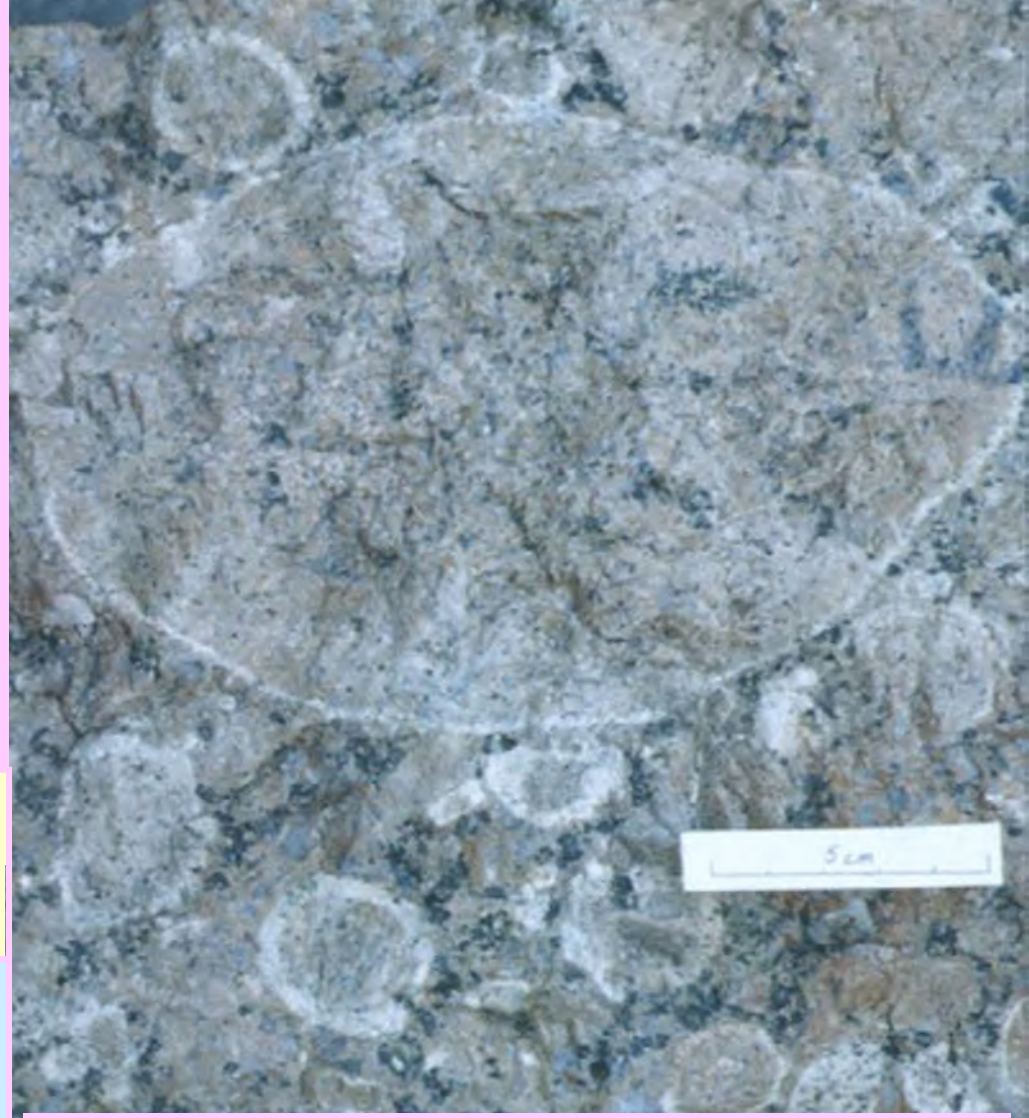
Граниты рапакиви - грубозернистые граниты, в которых крупные кристаллы (овоиды) калиевого полевого шпата (обычно ортоклаза) полностью или частично окружены плагиоклазовыми оболочками (обычно олигоклазом), нередко с примесью кварца.

Фото с сайта: https://www.sandatlas.org/rapakivi-rotten-stone/

Фенноскандинавский щит (фото [Rämöl, Haapala, 2005])

Происхождение: интрузивное + метасоматическое

Перегретость гранитного расплава, высокая скорость роста зародышей кристаллов при почти постоянной температуре обеспечивают формирование овоидной структуры КПШ [Свириденко, 2014].



Метасоматоз - процесс замещения минеральных комплексов под воздействием эндогенных растворов и протекающий с изменением химического состава породы при постоянном объеме

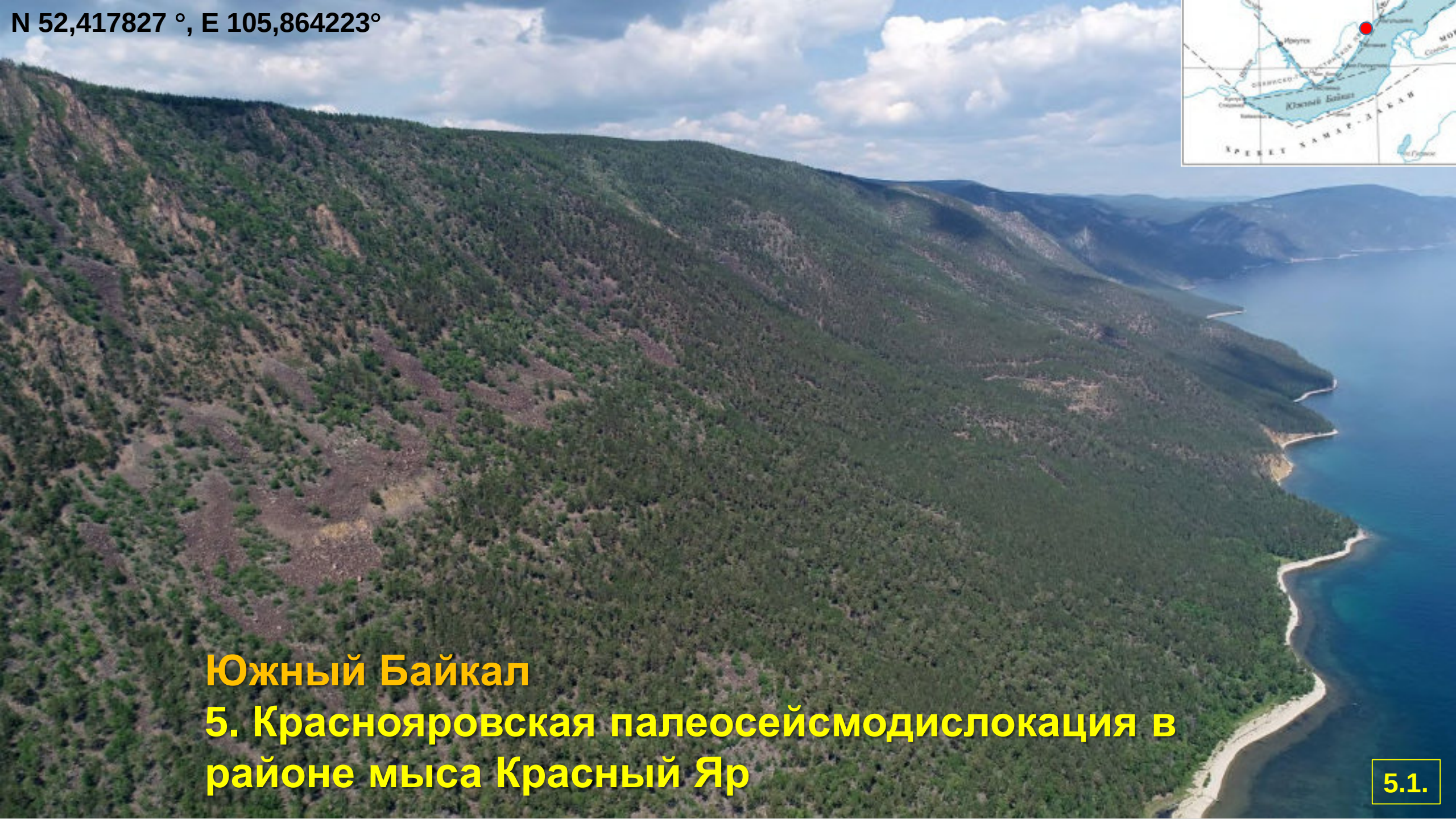
Граниты рапакиви Приморского комплекса

Распространение: вдоль побережья в виде полосы шириной 2–25 км между мысом Ср. Хомуты и устьем р. Бугульдейка. Далее на северо-востоке они слагают склоны и осевую часть Приморского хребта.

Возраст: 1859±16 млн. лет [Донская и др., 2003].

Типичные рапакиви можно видеть на южной стороне мыса Бол. Колокольный, у его подножия. Здесь в глыбах и обломках широко распространены породы с крупными овоидами из микроклина, окаймленными светлым плагиоклазом. **Размеры овоидов** от 3×4 до 12×25 см [Грудинин, Чувашова, 2011].

N 52,417827 °, E 105,864223°



Южный Байкал
5. Краснояровская палеосейсмодислокация в районе мыса Красный Яр

5.1.

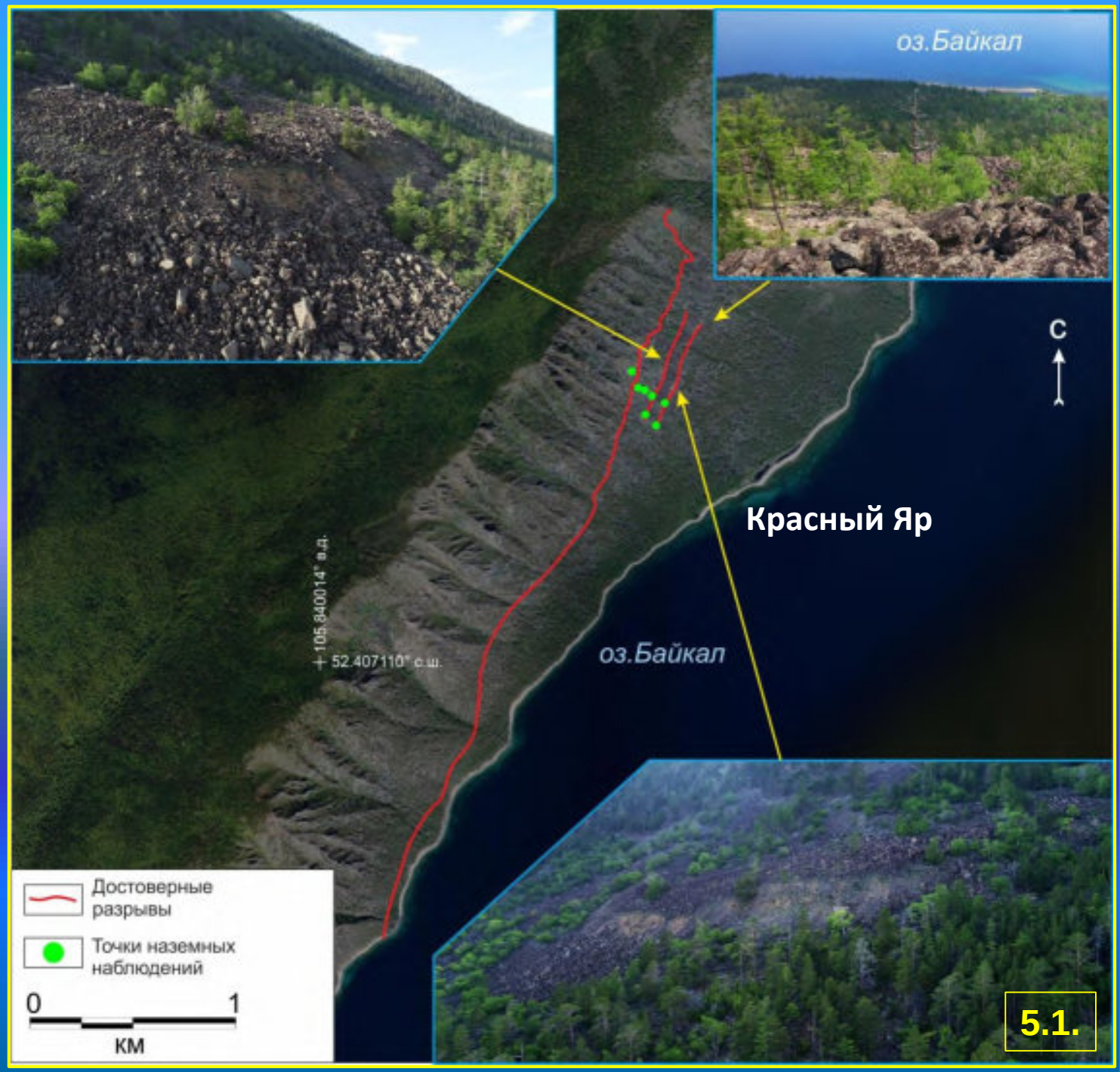
Краснояровская палеосейсмодислокация в районе мыса Красный Яр

Длина зоны разрывов - 4,146 км.

Расчетная магнитуда землетрясения была не менее 6,25.

Оценка произведена по формуле для сбросов: Ms = 5,80 + 0,73 *lg*L,

[Lunina, 2002].



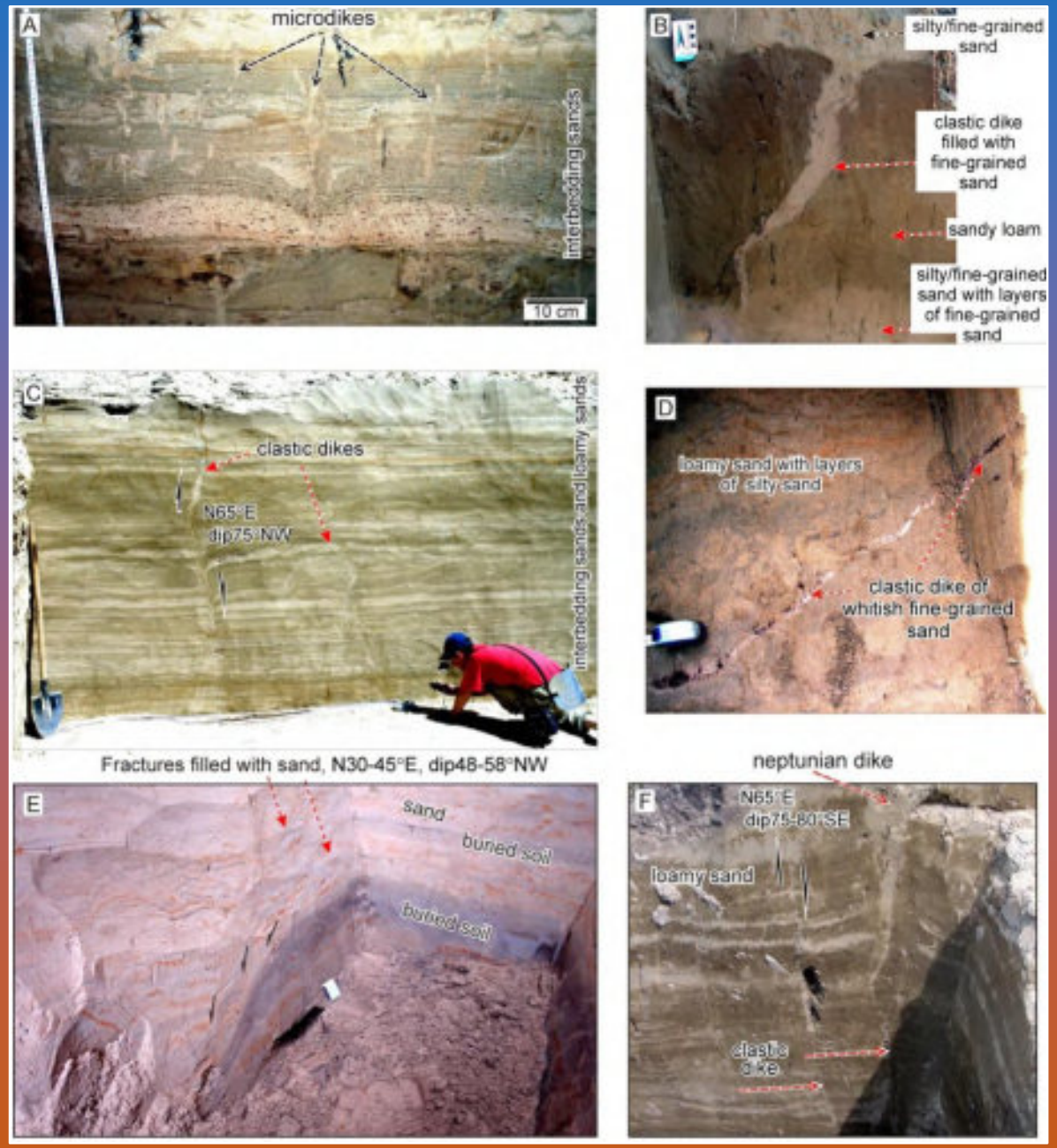
6. Дельта р. Селенги и залив Провал

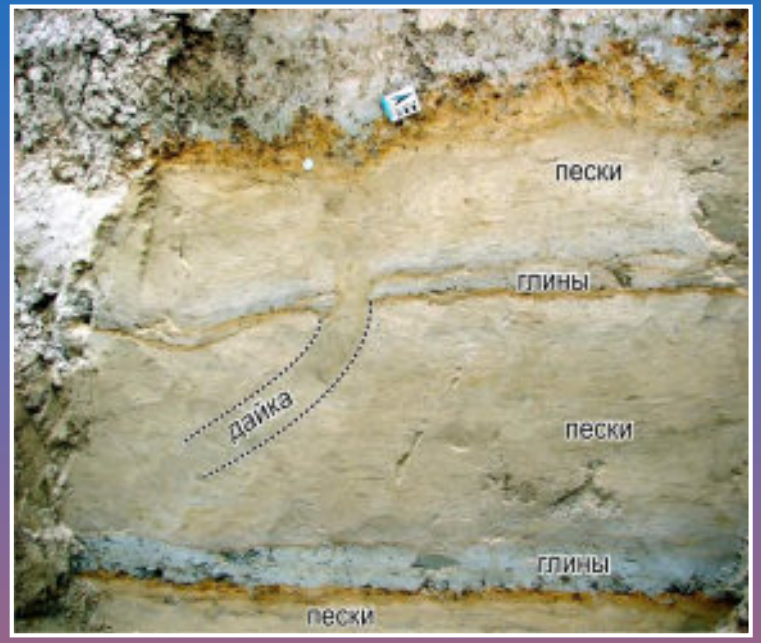
Цаганское катастро-фическое землетрясение 12 января 1862 г. с M~ 7.5 - сильнейшее за последние 160 лет на Байкале

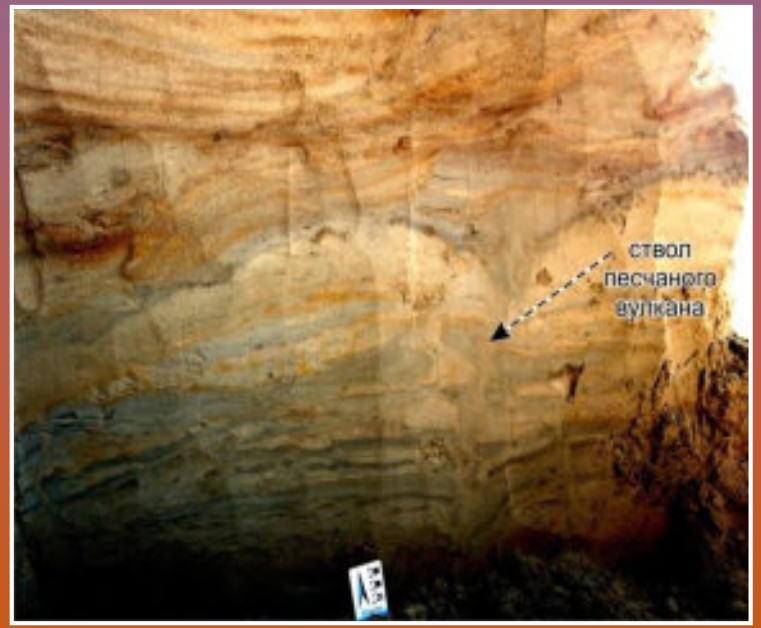
«Люди почувствовали сильный вертикальный удар, земля заволновалась, вздулась буграми, из вершин которых через широкие трещины выбрасывались вода и песок. Из колодцев вылетали деревянные срубы, а вода из них била фонтанами на высоту до 6,4 м…» [Лопатин, 1862; Фитингоф, 1865; Демин, 2005; Лунина, 2012]

Следы разжижения грунта от Цаганского землетрясения 1862 г.

[Лунина и др., 2012]



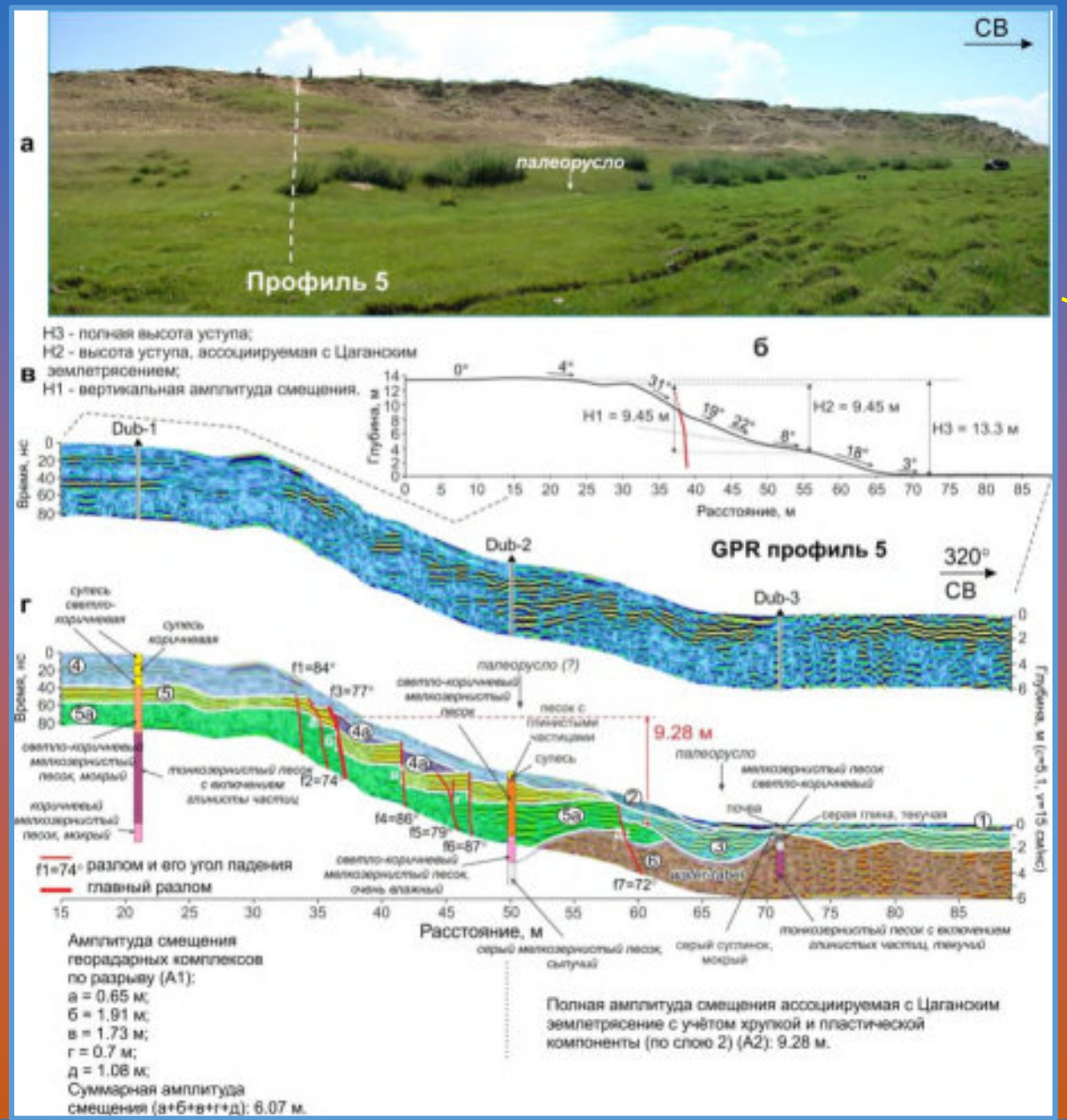


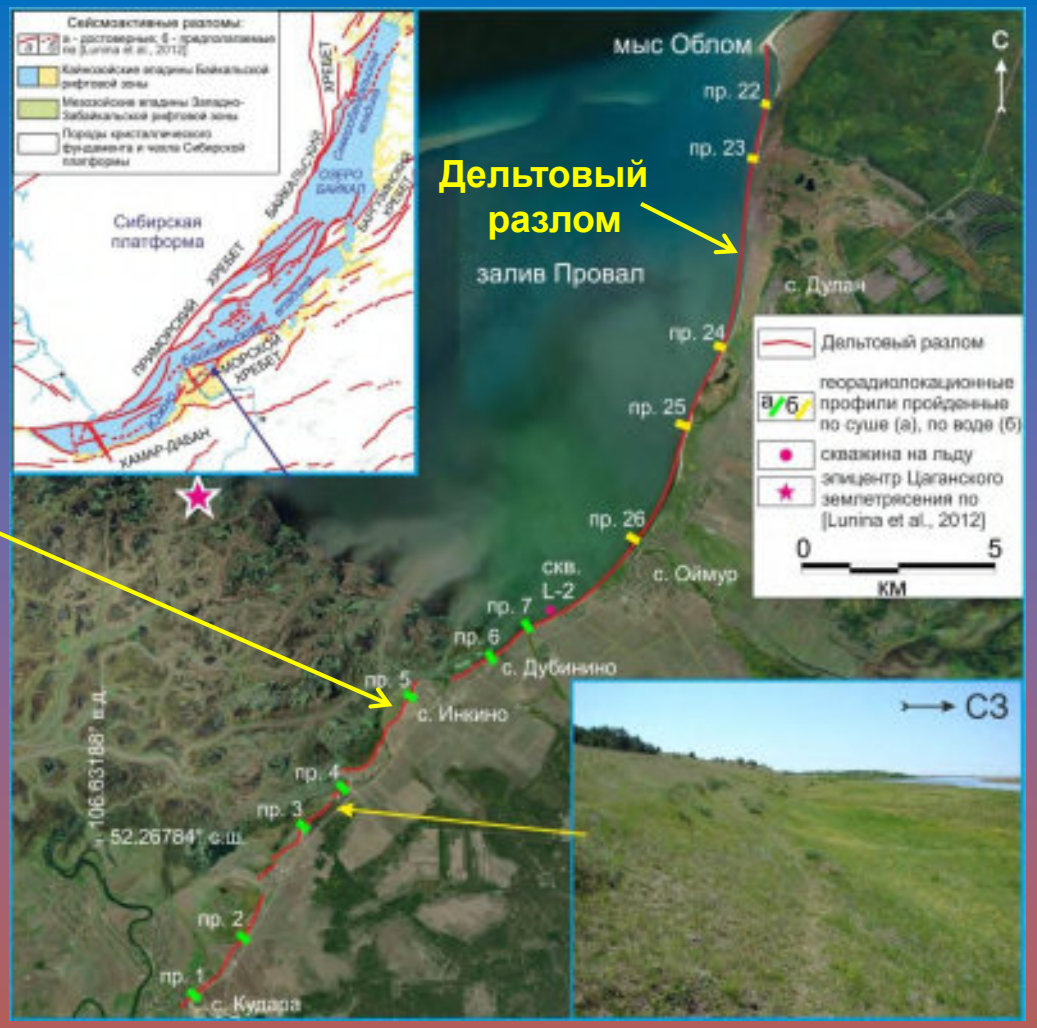


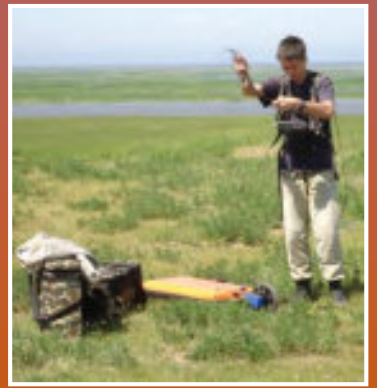
Георадарный профиль 5 через уступ Дельтового разлома

6.1.

N 52.30097°, E 106.75082° [Lunina, Denisenko, 2020]



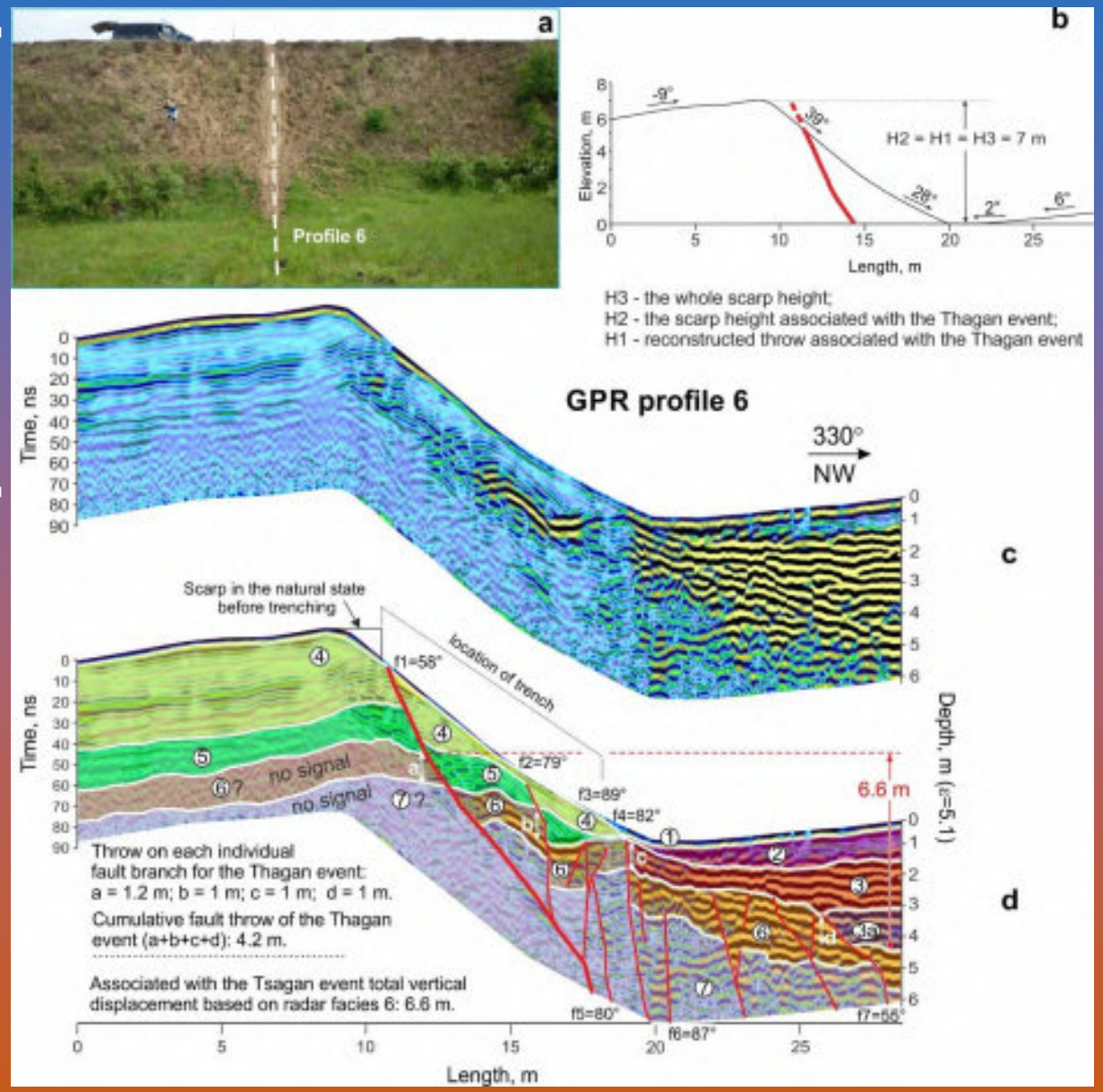


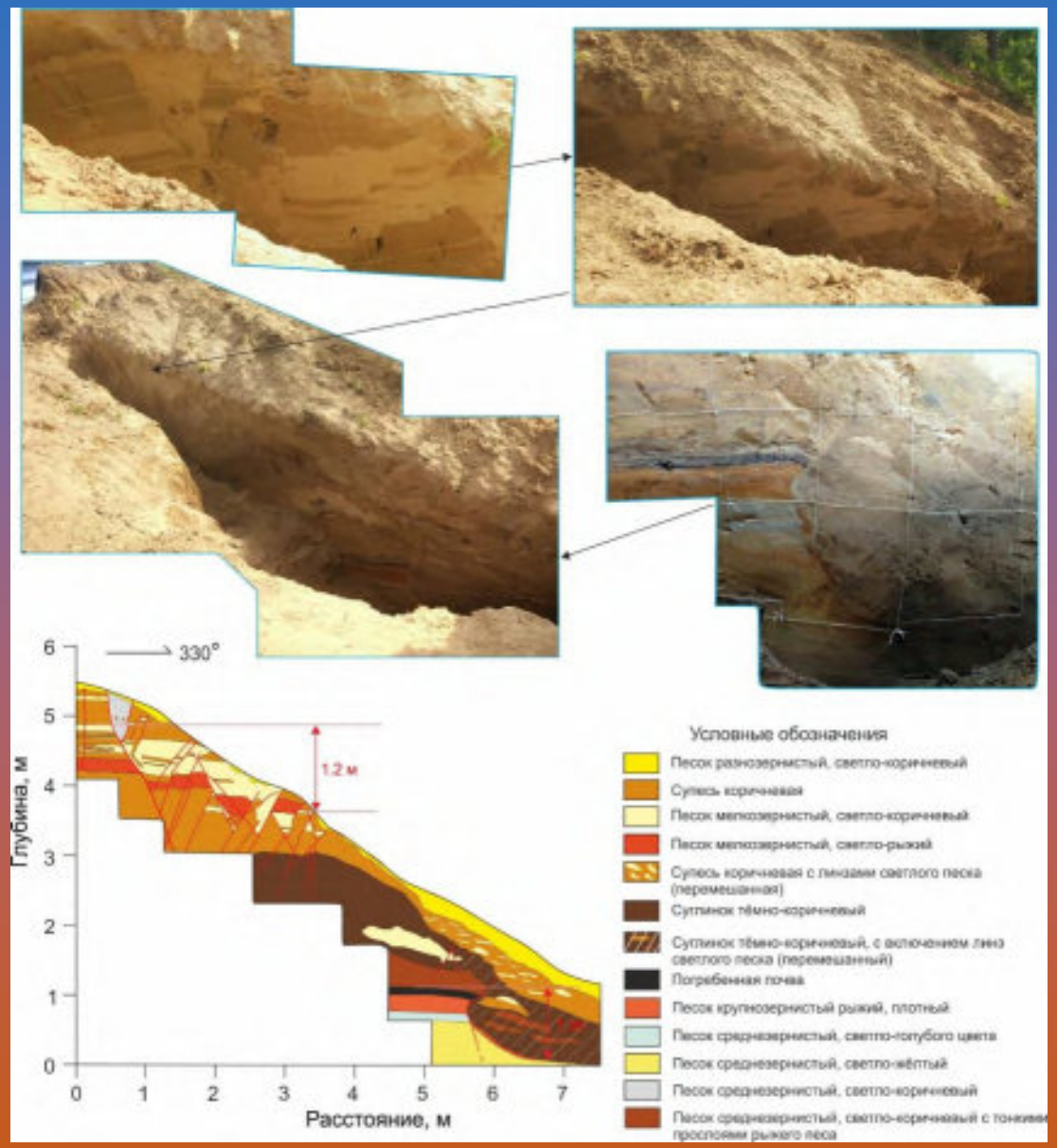


Георадарный профиль 5 через уступ Дельтового разлома

Канава, вскрывающая сейсмогенный уступ в районе с. Дубинино на профиле 6

N 52.31001°, E 106.78011° [Lunina, Denisenko, 2020]





Вид на эрозионно-тектонический уступ Дельтового разлома и залив Провал в районе северо-восточной окраины с. Дубинино (15.12.2020 г.)

[по материалам О.В. Луниной, аэрофотосъемка А.А. Гладкова]

Южный Байкал

7. Мраморный карьер в районе с. Бугульдейка

7.1.

Фото О. Луниной

N 52˚33,508′, E 106˚05,331′

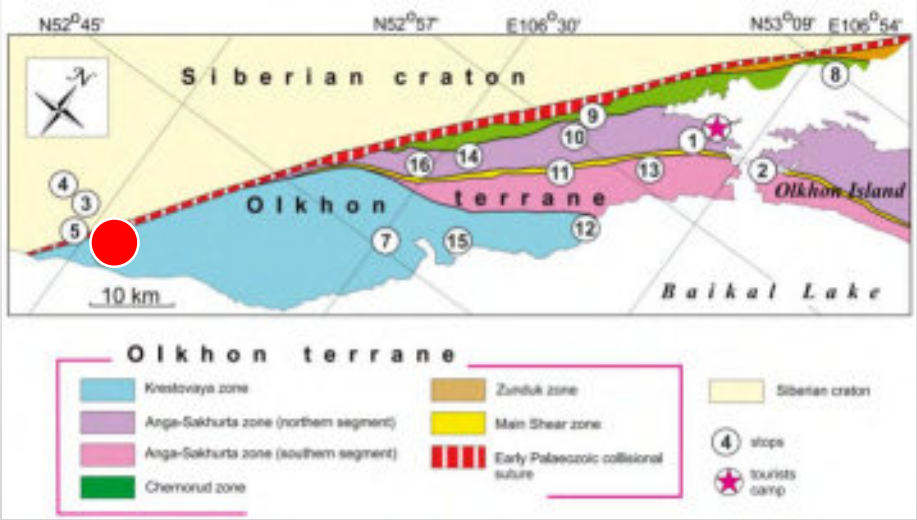
Мрамора Ольхонского террейна Центрально-азиатского складчатого пояса

Мрамор (др.-греч. «белый или блестящий камень») — метаморфическая горная порода, состоящая из кальцита $CaCO_3$ с примесями других минералов.

Фото из путеводителя [Gladkochub, Donskaya, 2017]

Роговая обманка + плагиоклаз + пикоксен+примеси

Ольхонский террейн – коллаж генетически и хронологически разных метаморфических пород.



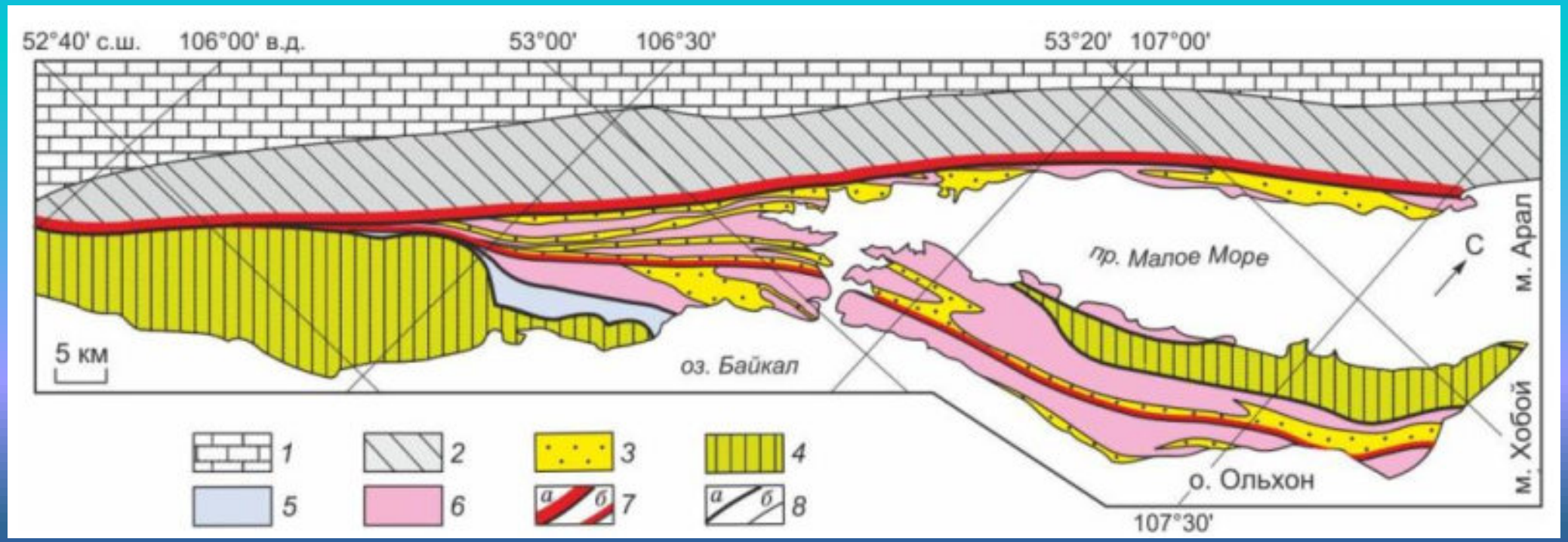
[Gladkochub, Donskaya, 2017]

Возраст накопления осадочных и вулканогенно-осадочных пород в пределах островодужной системы Палеоазиатского океана ~635-541 млн лет (поздний неопротерозой).

Возраст метаморфизма ~500 млн лет (ранний палеозой).

Южный Байкал

8. Тажеранские степи: просто о сложном



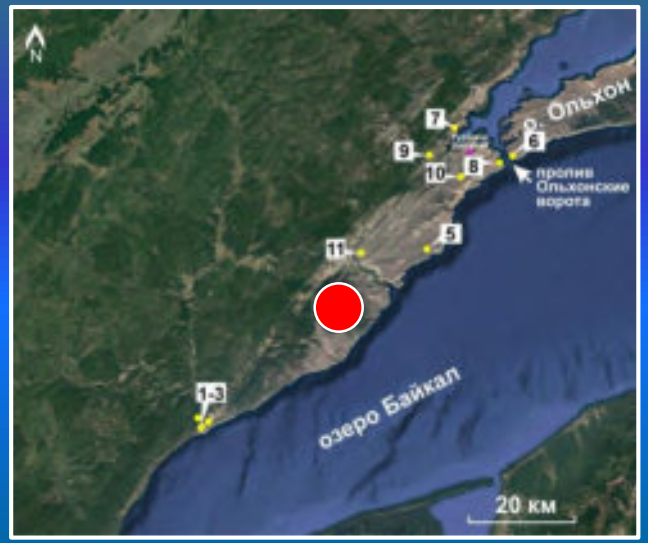
Тектоническая схема Ольхонской коллизионной системы [Donskaya, 2020]

1, 2 - Сибирский кратон: 1 - рифейско-палеозойский слабодеформированный осадочный чехол; 2 - фундамент, образованный палеопротерозойскими метаморфитами и гранитами; 3-6 – раннепалеозойская коллизионная система, Ольхонский композитный террейн (коллаж сдвиговых пластин различного состава и возраста): 3 - пластины, образованные пестрым по составу метаморфическим комплексом с участием толеитовых базитов (500 млн лет); 4 - пластины, образованные пестрым по составу метаморфическим комплексом с участием субщелочных базитов (500 млн лет); 5 - пластина, образованная гнейсово-амфиболитовым комплексом Орсо; 6 -пластины, образованные гранитогнейсами и мигматитами (460-470 млн лет); 7а - коллизионный шов (граница Сибирского кратона и Ольхонского террейна; бластомилониты по породам кратона и террейна, отторженцы палеозойских гранулитов среди бластомилонитов); 7б - главная сдвиговая зона региона; 8а - швы бластомилонитов между группировками сдвиговых пластин различных типов; 8б - швы бластомилонитов между отдельными сдвиговыми пластинами.

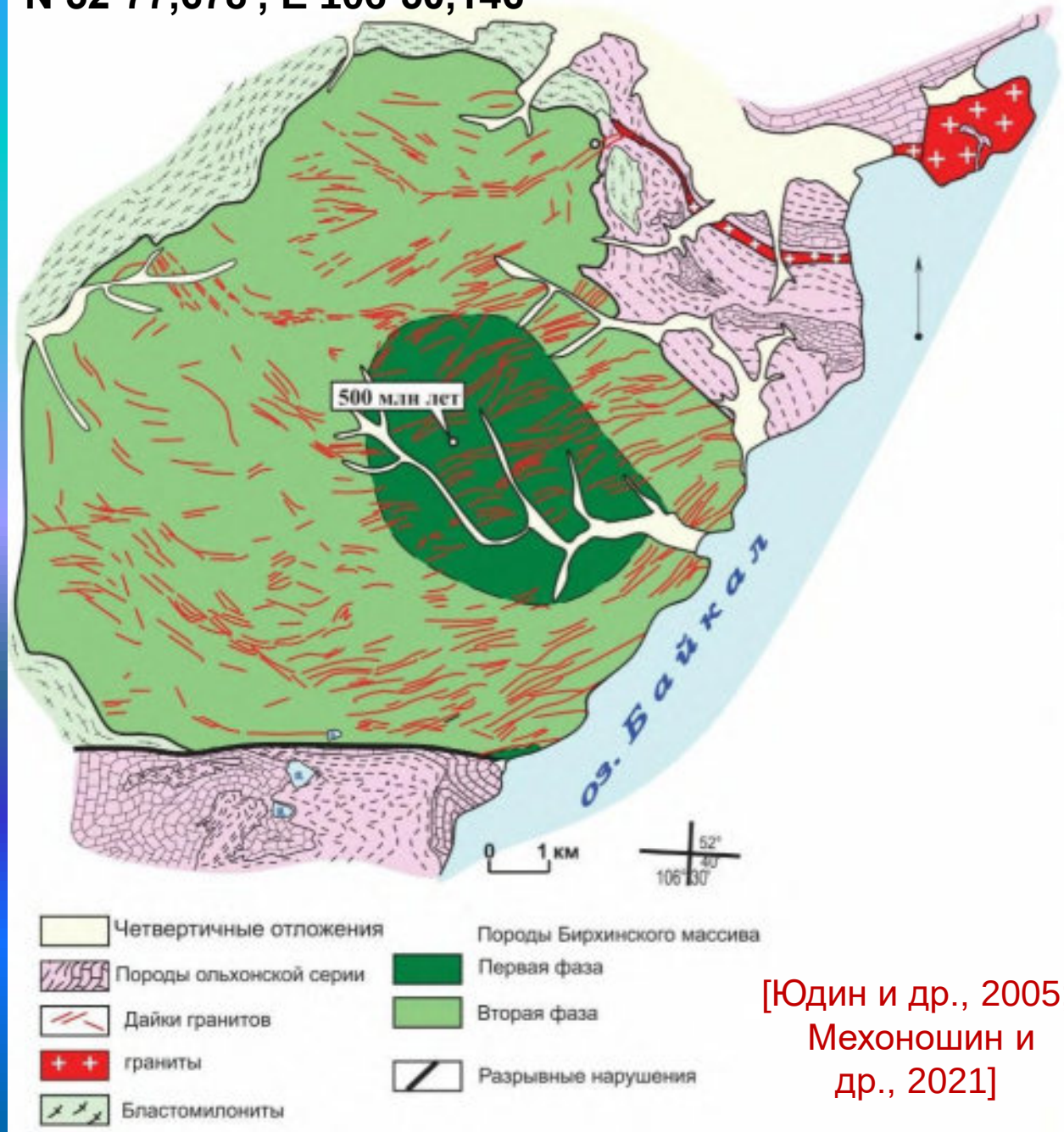
Габброиды Бирхинского массива

Размер тела: 12×13 км

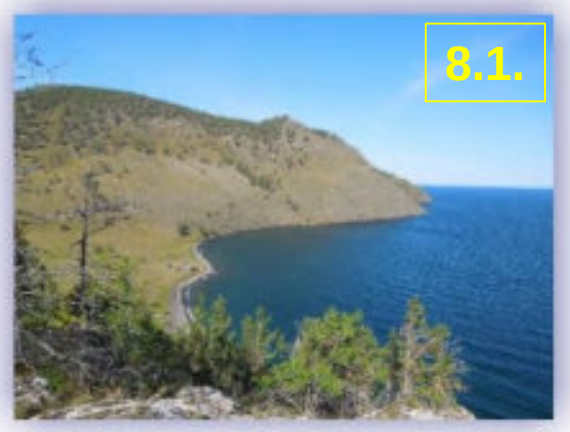
Габброиды - общее название для семейства плутонических пород (образованных на глубинах более 3-4 км) основного состава, содержащих плагиоклаз в качестве главного породообразующего минерала.
Главные минералы габбро: плагиоклаз, моноклинный пироксен, роговая обманка и кварц.



N 52˚77,678′, E 106˚50,146′



[Юдин и др., 2005; Мехоношин и др., 2021]



Сад камней

N 52˚77,678′, E 106˚50,146′

8.1.

Габброиды Бирхинского массива (вместе с вулканитами цаганзабинского комплекса) - фрагмент разреза развитой островной дуги с возрастом около 500 млн лет.

Интерпретация гравиметрических данных, полевых геологических материалов и данных космического зондирования (составлена В.С. Федоровским) [Скляров, Мотова, 2019]

[Мехоношин и др., 2021; Гладкочуб, Донская, 2017]

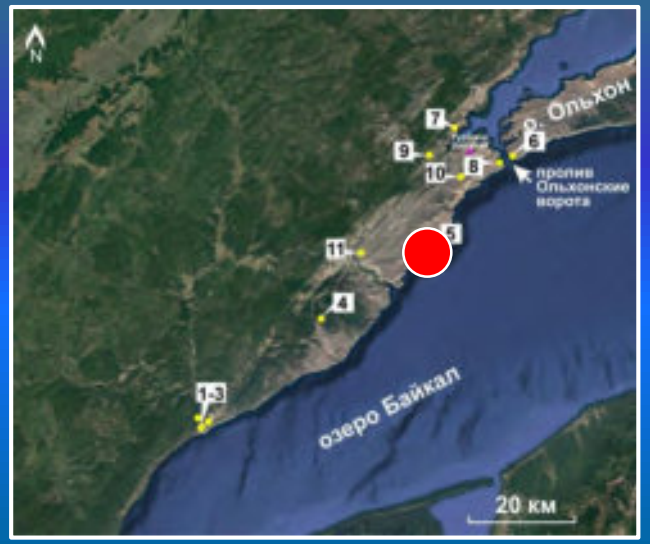
«Сад камней» - своеобразная форма выветривания раннепалеозойских габброидов Бирхинского массива в виде шаров, размер которых достигает нескольких метров.

Тажеранский щелочной массив

Между бухтами Улан-Нур и Орсо

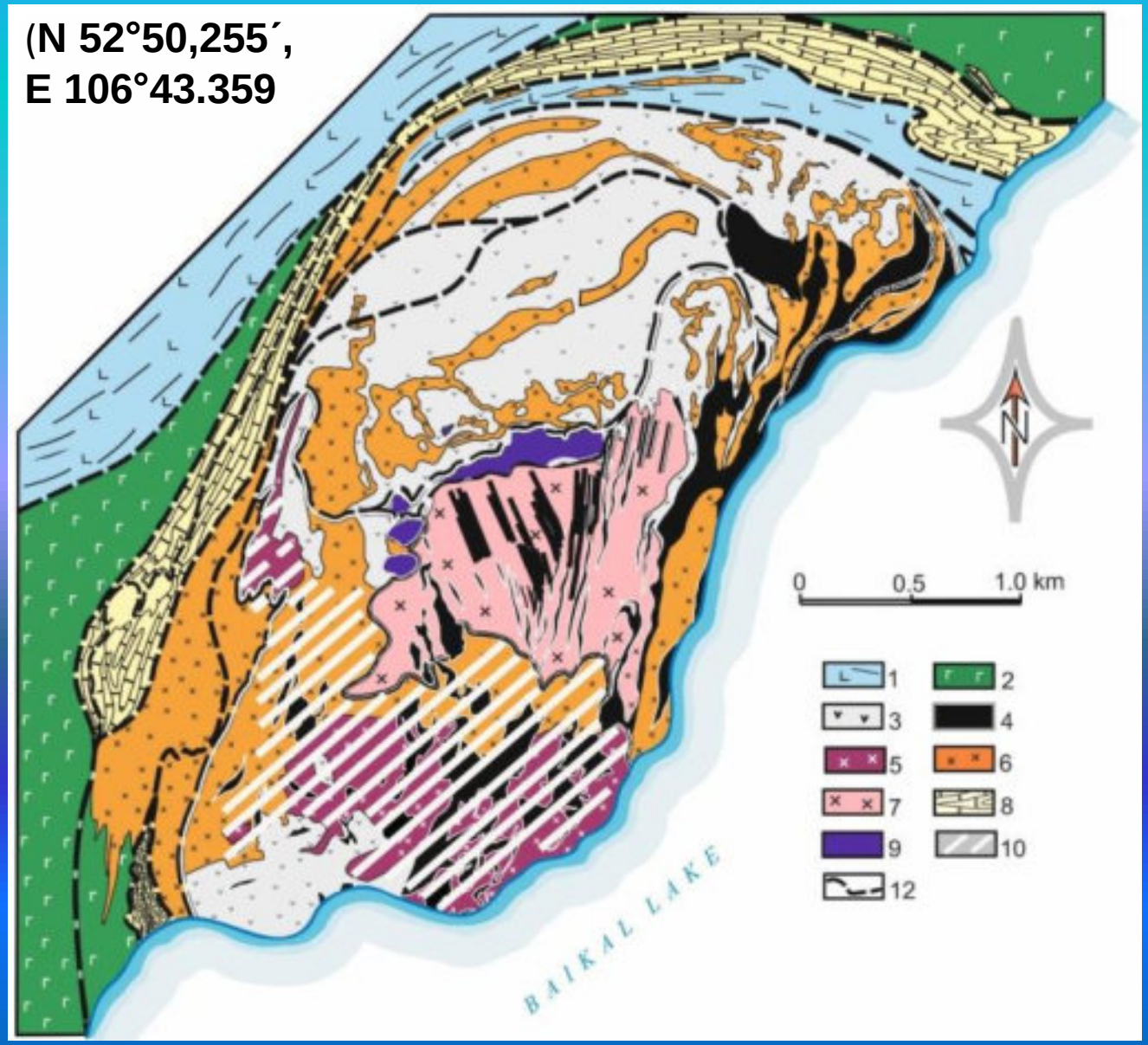
Размер тела: ~6 кв. км

1 – амфиболиты; 2 – габброиды второй фазы Бирхинского комплекса (500 млн лет); 3 – роговики по габброидам нормальной щелочности (470 млн лет); 4 – субщелочные габброиды (460-465 млн лет); 5 – нефелиновые сиениты (454-469 млн лет); 6 – сиениты (471 млн лет); 8 – кальцитовые мраморы; 9 – фассаитовые пироксениты и нефелин-фассаитовые породы в ассоциации с доломит-содержащими кальцитовыми мраморами; 10 – область распространения бруситовых мраморов и магнезиальных метасоматитов; 11 – тектонические границы.



Возраст:
451-471 млн. лет
[Sklyarov et al., 2009; Fedorovsky et al., 2010; Starikova et al., 2014; Гладкочуб, Донская, 2017]

Геологическая карта массива Тажеран



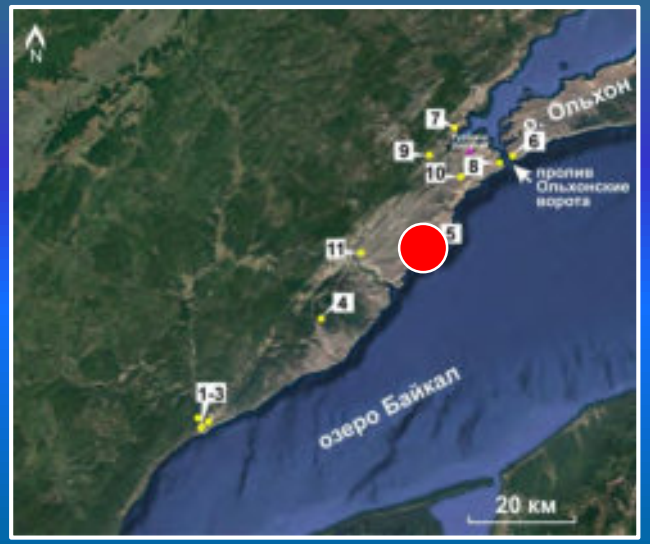
[Федоровский и др., 2009; Мехоношин и др., 2021]

Тажеранский щелочной массив - уникальное месторождение различных пород и минералов, сложный композит магматических, метаморфических и метасоматических пород

Открытые в массиве минералы:

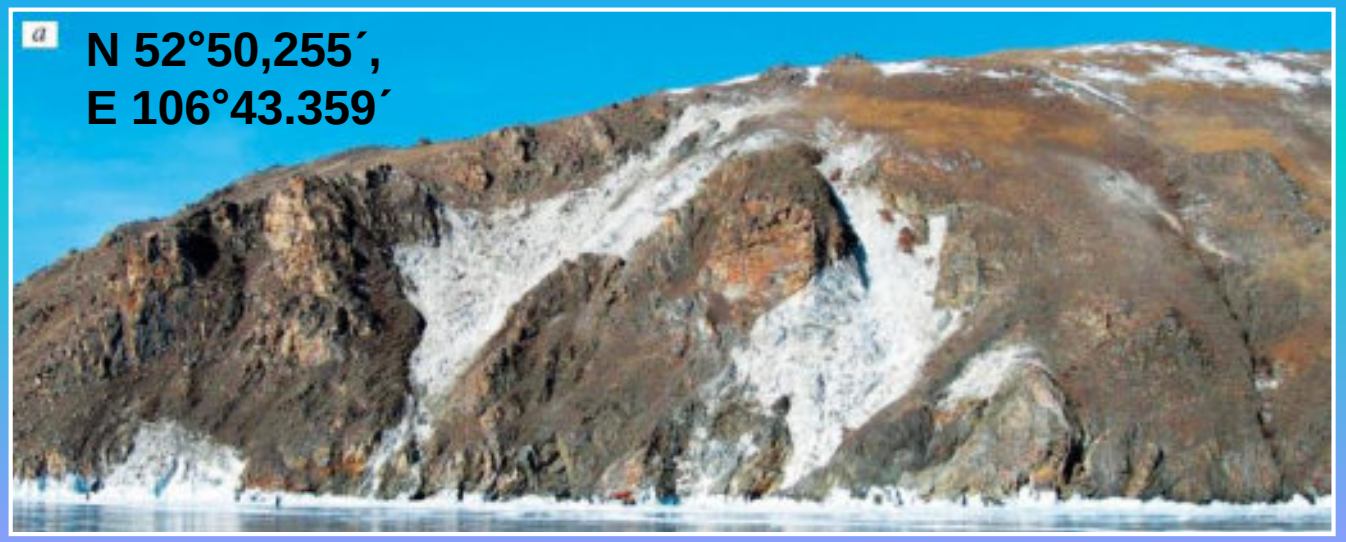
Тажеранит **(Zr, Ti, Ca)O2** (1969 г.)
Азопроит **Mg2Fe(BO3)O2** (1970 г.)

См. минералы Тажеранского массива в книге «Байкал. Геология. Человек» [Грудинин, Чувашова, 2011]



Тажеранит - природный аналог фианита. У минерала высокие показатели преломления и твердость.

Вид со льда Байкала на массив



Вид с массива

[Гладкочуб, Донская, 2017]

Расположение выходов гейзеритов в Приольхонье

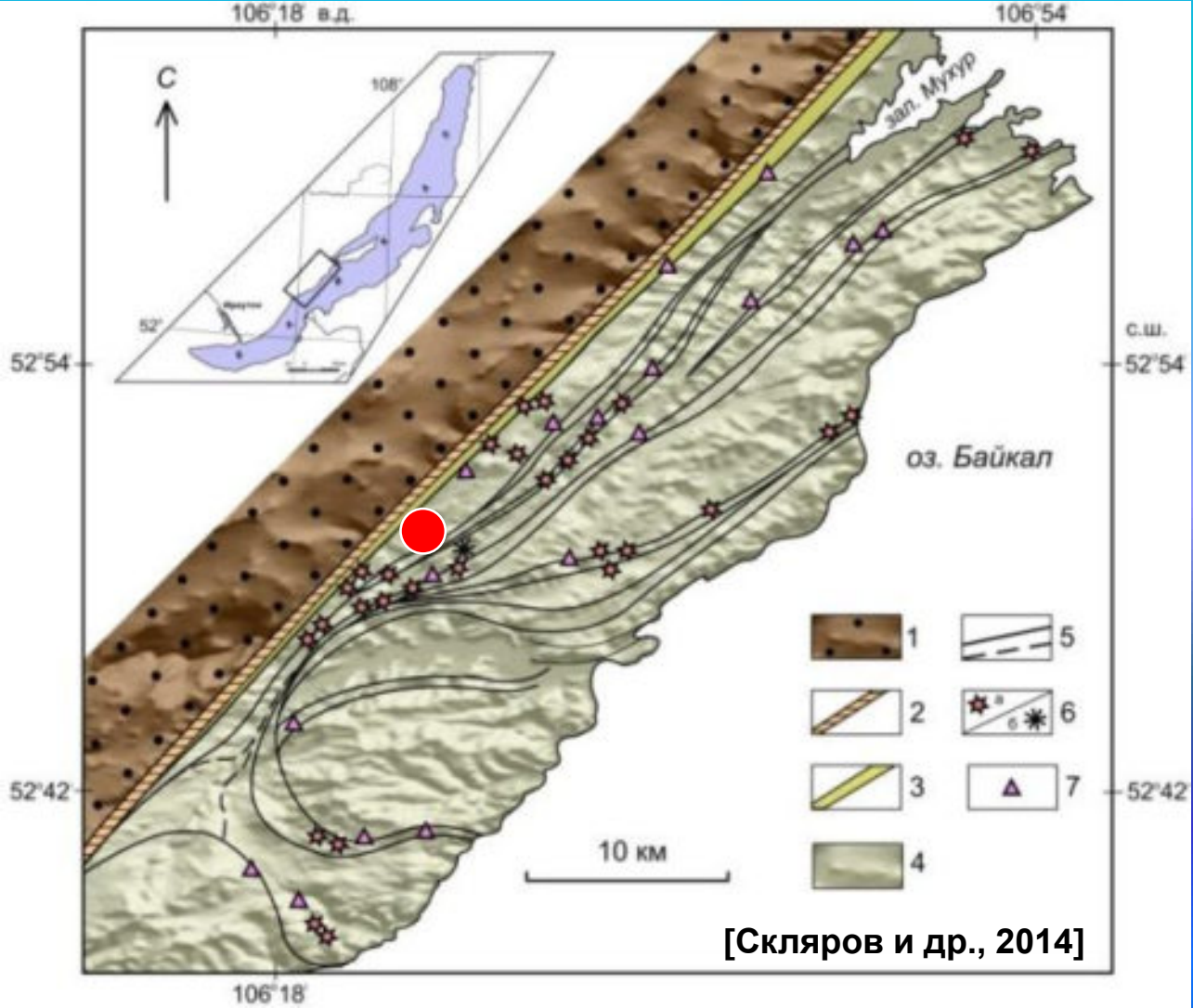
8.3.

Гейзериты — тонкозернистые кремнистые (опаловидные) породы, сложенные скрытокристаллическим кремнистым веществом, халцедоном, кварцем, кальцитом, оксидами и гидроксидами железа.

Разнообразные текстуры и структуры: сферолитовая, микрослоистая, волокнистая, петельчатая, брекчиевидная и др.

N 52°50´10´´, E 106°30´30´´

[Гладкочуб, Донская, 2017]



[Скляров и др., 2014]

1 – Сибирский кратон; *2* – эскарп кайнозойского Приморского разлома; *3* – раннепалеозойский коллизионный шов; *4* – раннепалеозойские метаморфические и магматические комплексы Ольхонского террейна; *5* – унаследованные кайнозойские разломы; *6* – выходы гейзеритов (а) и травертинов (б); *7* – источники. Использована цифровая модель рельефа SRTM (http://srtm.csi.cgiar.org).

Образовались при выходах к поверхности гидротермальных растворов, температура которых была не менее 400 °С.

Представлены крупноглыбовыми развалами, расположенными на площади в первые десятки квадратных метров, 100-150 м2.

Унаследованная гнейсовидность в гейзеритах

[Скляров, Мотова, 219]

Типичный вид позднекайнозойских гейзеритов

[Скляров, Мотова, 219]

8.3.

Цепочки малых озер центральной части Приольхонья [Скляров, Мотова, 2019]

Площадь: от 0.001 до 1.100 км2;

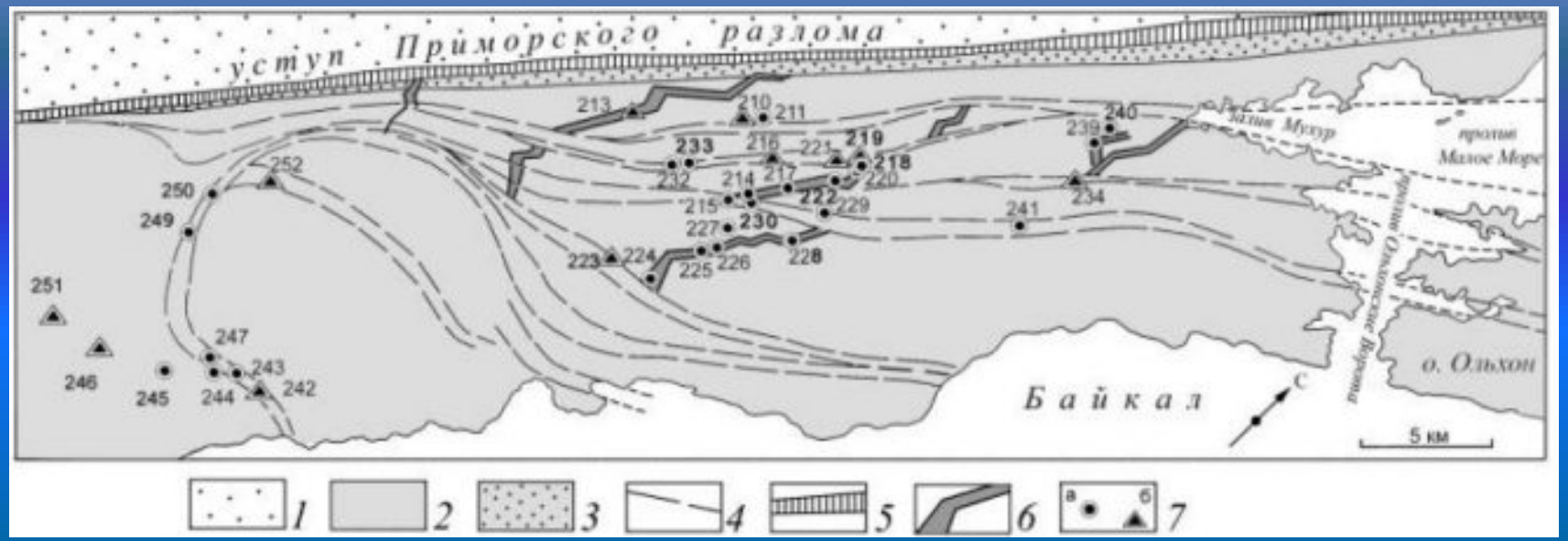
Глубина для большинства озер: не превышает 2 м;

Площадь водосбора: не более 3 км2.

Пресные: 0.2-1.0 г/л (Ca-Mg, Mg-Ca-Na и Na-Mg состав)**;**

Солоноватые: 1.0-7.0 г/л (SO4-HCO3, MgNa состав)**;**

Соленые: 14-45 г/л (преобладают SO4 и Cl)



1 – Сибирский кратон; *2* – Ольхонский террейн; *3* – раннепалеозойский коллизионный шов; *4* – унаследованные современные линейные грабены; *5* – современный эскарп, разделяющий раннедокембрийские и раннепалеозойские структуры; *6* – пулл-апарт грабены, вмещающие соленые и соло-новатые озера; *7* – озера (а) и родники (б).

8.5. Мраморная дорога

N 52°95,201´, E 106°74.987´

Меланж в геологии — продукт тектонического дробления горных пород разного состава.

Мраморный меланж — мраморно-силикатная смесь.

Участок шовной зоны Томота-Кучелга, разделяющий различные пластины коллизионного коллажа. Сложена, главным образом, мраморами и мраморными меланжами [Скляров, Мотова, 2019]

Северный Байкал

9. Малое море и о. Ольхон: следы разрывообразования

9.1.

Тектоническая схема Ольхонской коллизионной системы

[Donskaya, 2020]

Фото О. Луниной

Зона разлома в гнейсах (коричневых) и пегматитах (белесых), представленная дроблением и милонитизацией до глинки трения, по которой формируется линейная кора выветривания

53,15147°; 107,19780°

В геологическом плане Ольхон, как и прилегающие тажеранс-кие степи, - глубоко эродированный срез коллизионной системы, представленный сложным комплексом магматичес-ких и метаморфических пород [Федоровский и др., 1995]

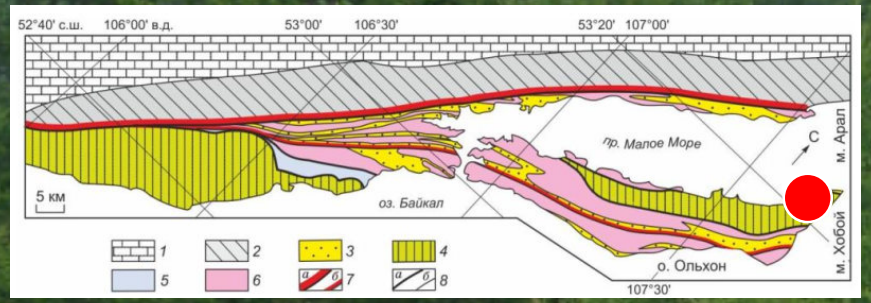
Северный Байкал
о. Ольхон

9.2.

Зона разлома (вид с мыса Саган-Хушун на северо-восток)

Точка съемки: 53,39326°; 107,72894°

В Улан-Хушинс-ком заливе (?)



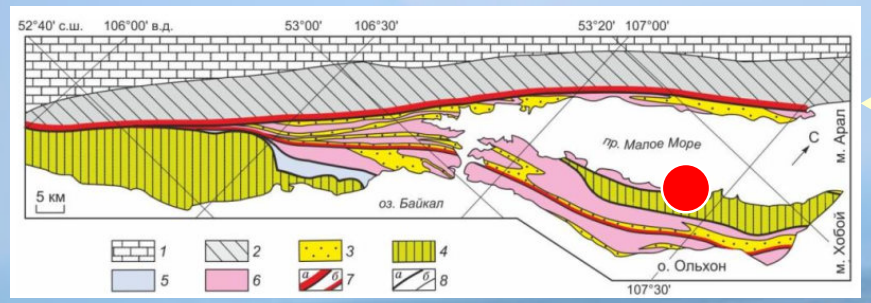
Тектоническая схема Ольхонской коллизионной системы

[Donskaya, 2020]

Фото О. Луниной

Северный Байкал
о. Ольхон

9.3.



Тектоническая схема Ольхонской коллизионной системы

[Donskaya, 2020]

Линейная кора выветривания по зоне разлома в гранит-пегматитах, мыс Харалдай

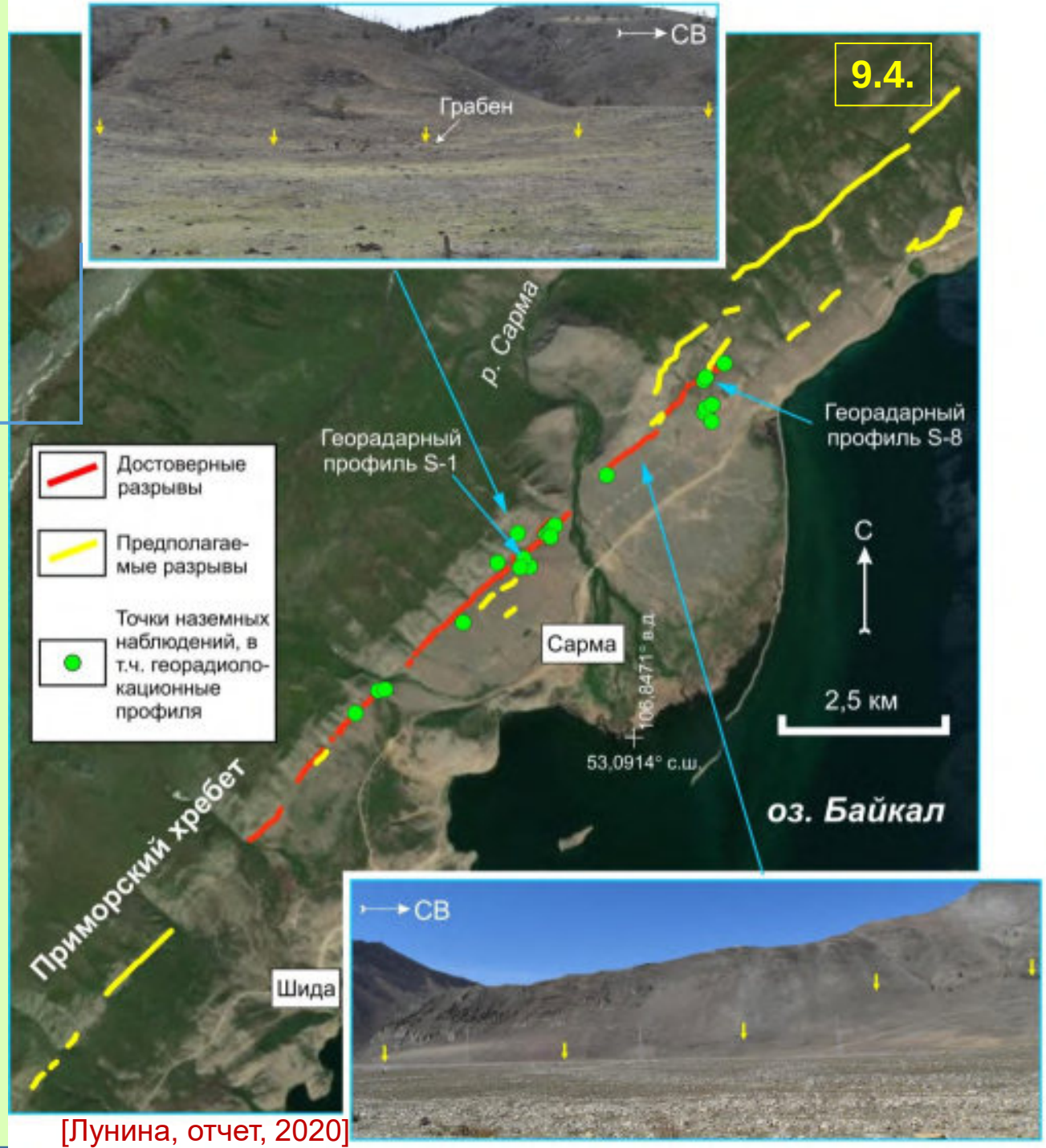
53,23525°; 107,44517°

Фото О. Луниной

Северный Байкал, Малое море
Приморский разлом
Сарминская зона сейсмогенных разрывов

Время образования: не позднее 10100 лет назад;
Длина: не менее 23 км;
Ширина зоны деформаций6 0,55 – 1,3 км.

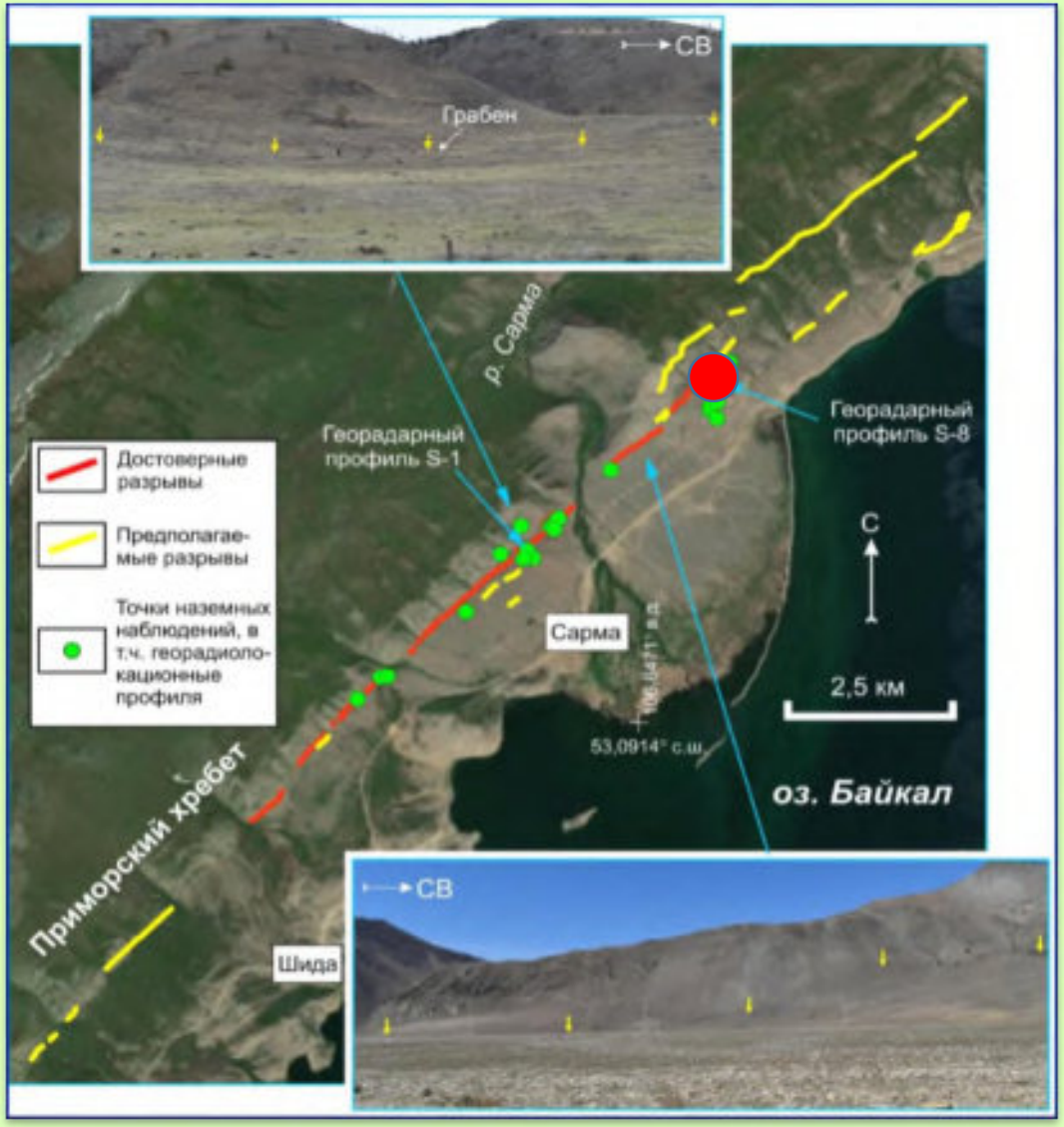
Фото О. Луниной



[Лунина, отчет, 2020]

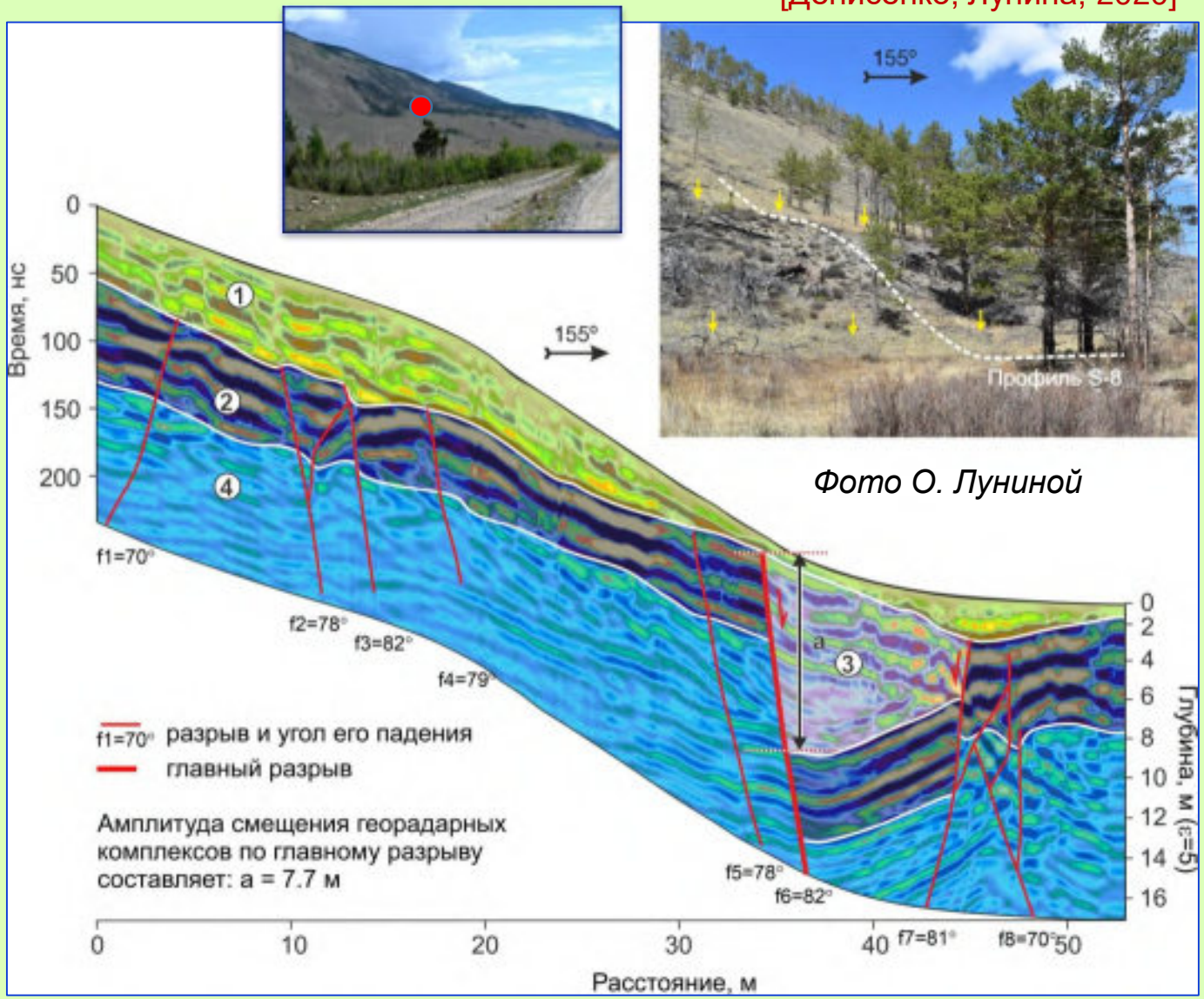
Северный Байкал, Малое море
Приморский разлом
Сарминская зона сейсмогенных разрывов

Максимальные вертикальное смещение : 7,7 м;
Возможная магнитуда в зоне разлома: M_s=7,4 и M_w=7,2.



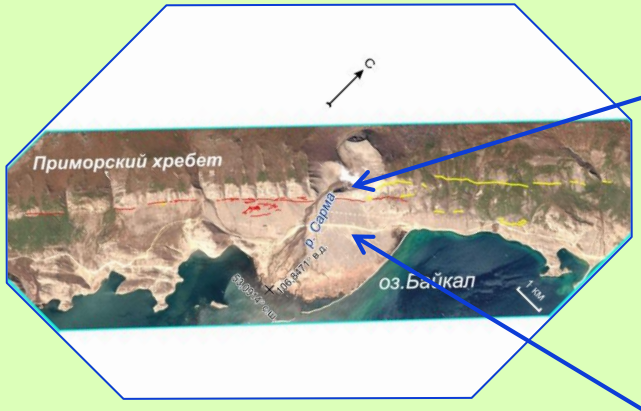
[Лунина, отчет 2020]

[Денисенко, Лунина, 2020]



Северный Байкал, Малое море
Курыканская стена у р. Сарма

Вал слева от р. Сарма, возможно связанный с деятельностью курыкан, обитаемых в Западном Прибайкалье в VI–IX веках нашей эры [Тишин, 2019]



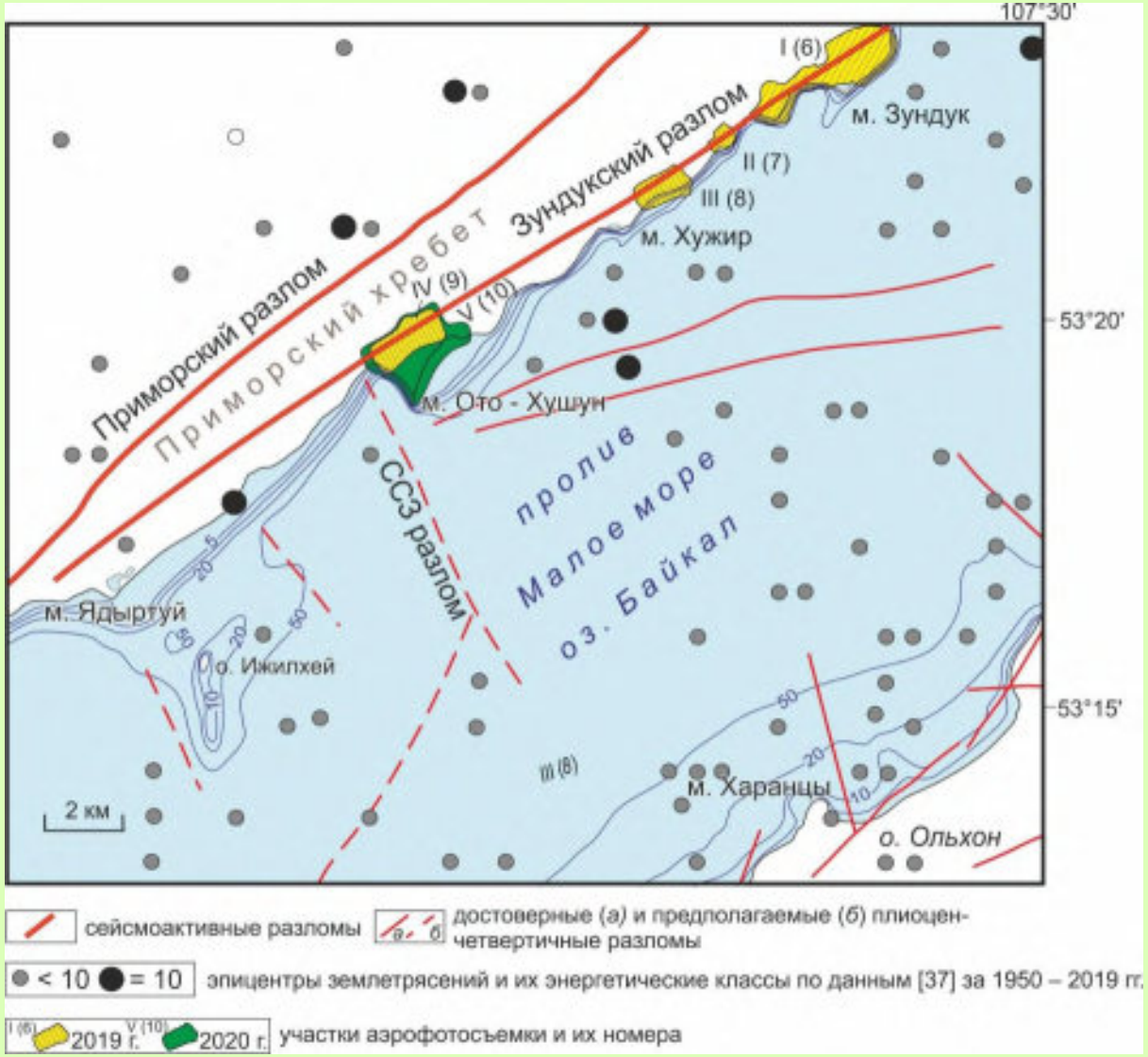
Сарминские ворота

Фото О. Луниной

Аэрофотосъемка А.А. Гладкова

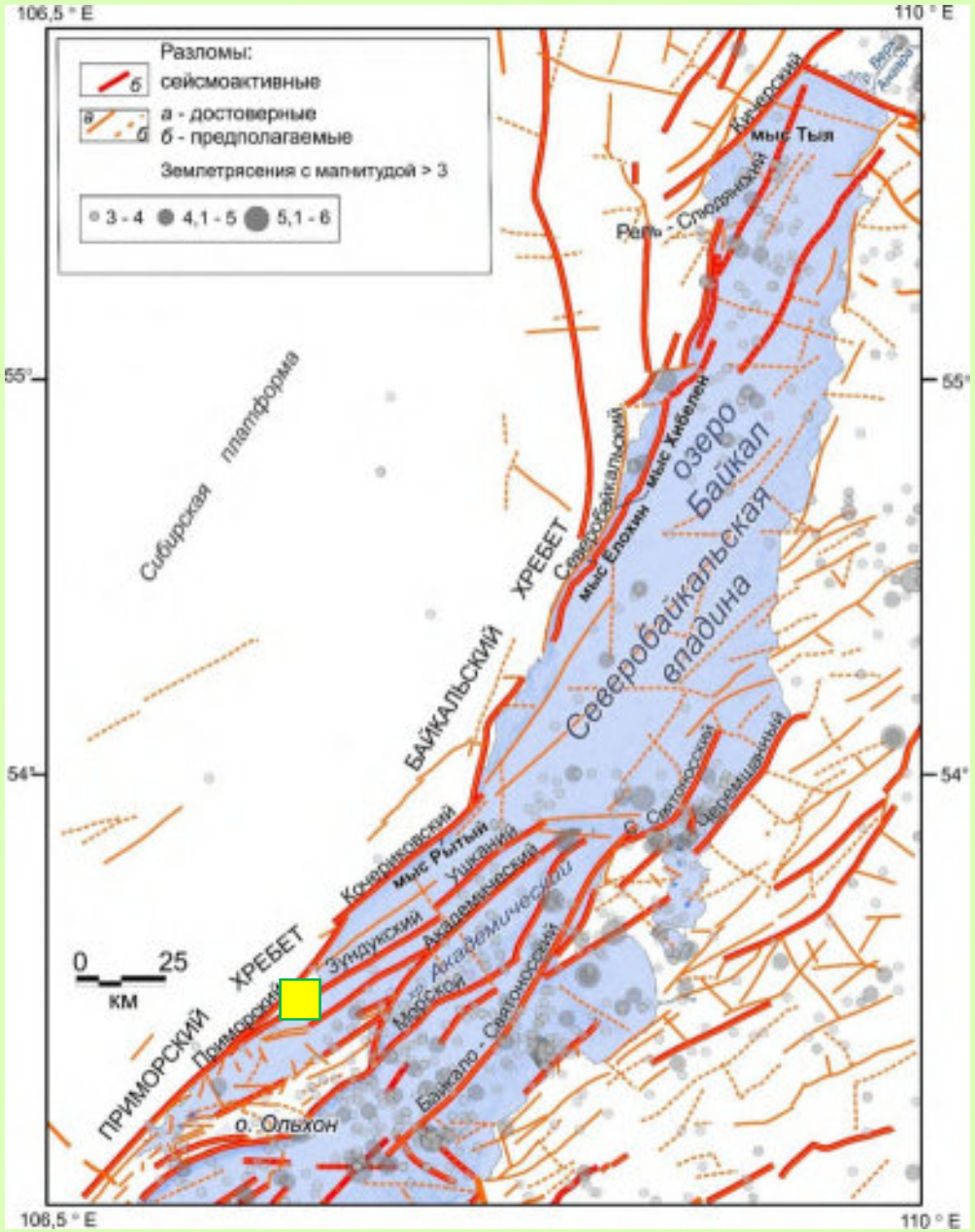
Северный Байкал, Малое море
Зундукский разлом, Отто-Хушун-Зундукская зона сейсмогенных разрывов

[Лунина и др., 2021]



Разломы Северного Байкала
[Лунина, Гладков, 2022]

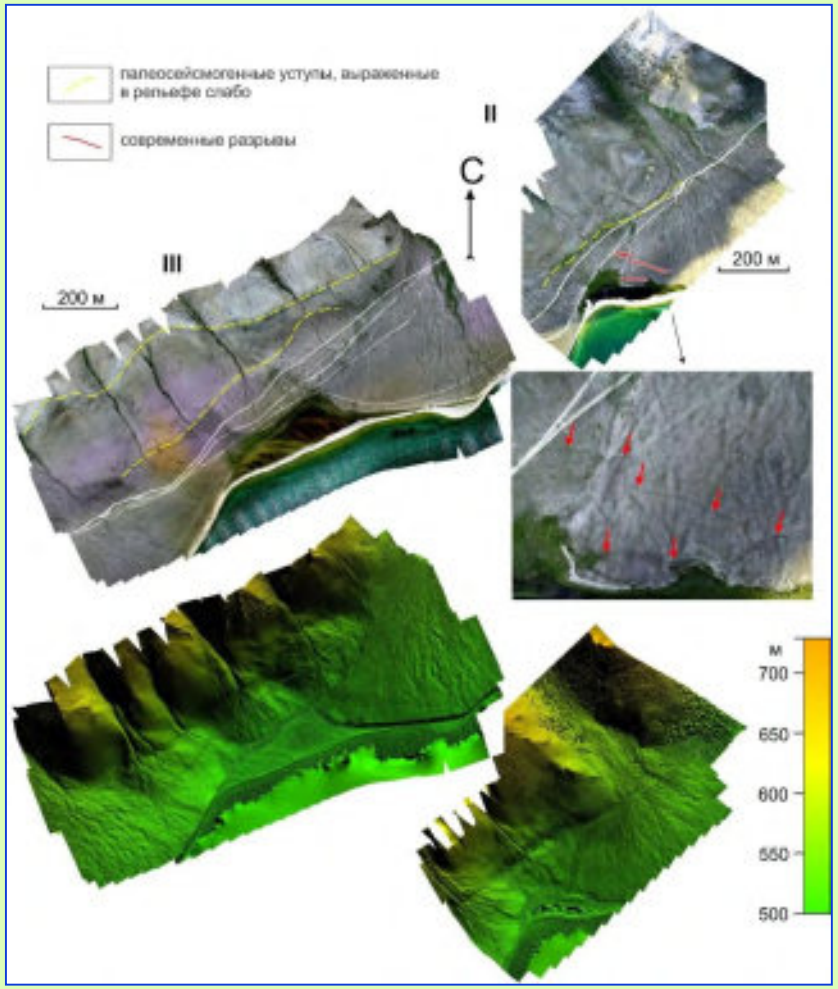
9.6.

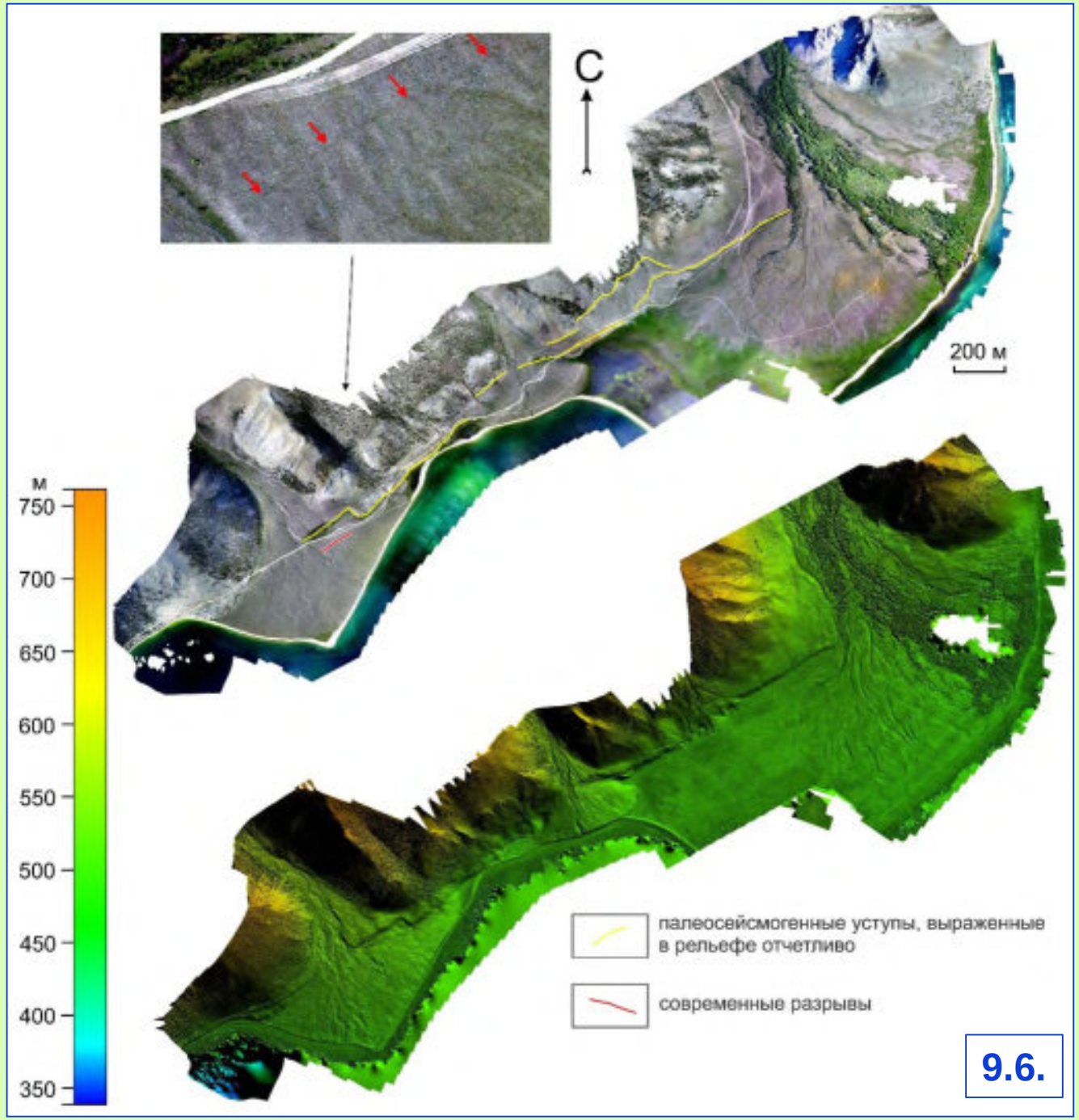


Северный Байкал, Малое море
Зундукский разлом, Отто-Хушун-Зундукская зона сейсмогенных разрывов

Ортофотопланы и цифровые модели местности по данным аэрофотосъемки 26–28 июня 2019 г.

[Лунина и др., 2021

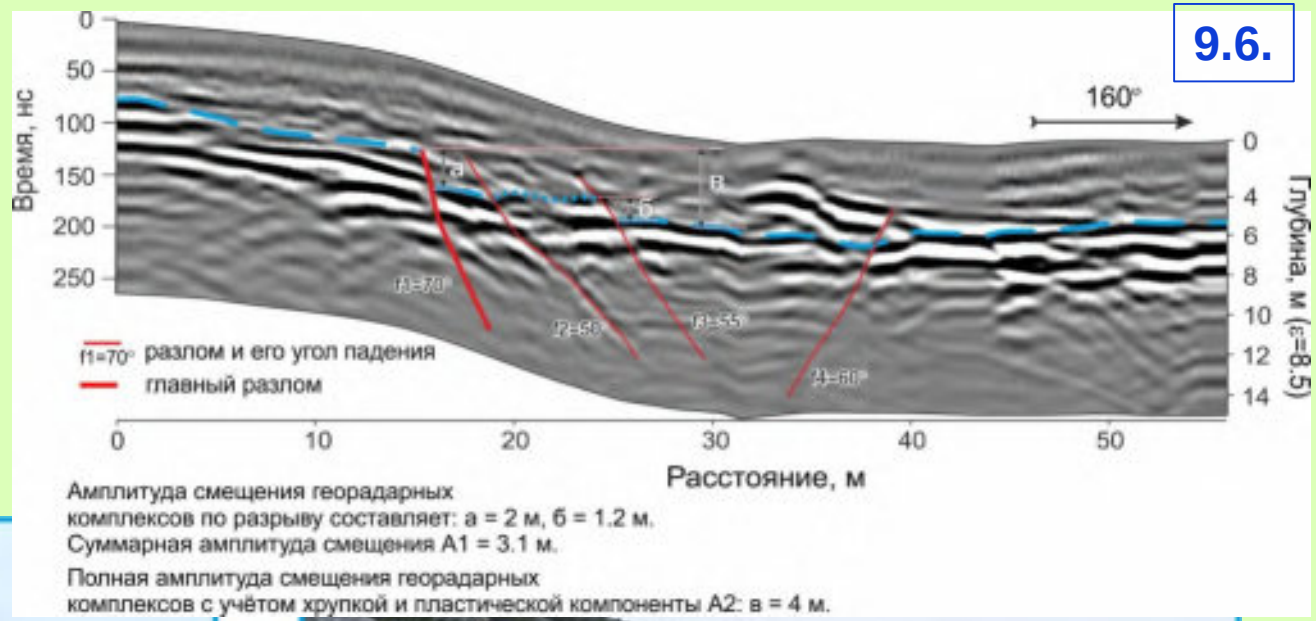




9.6.

Северный Байкал, Малое море
Зундукский разлом, Отто-Хушун-Зундукская зона сейсмогенных разрывов

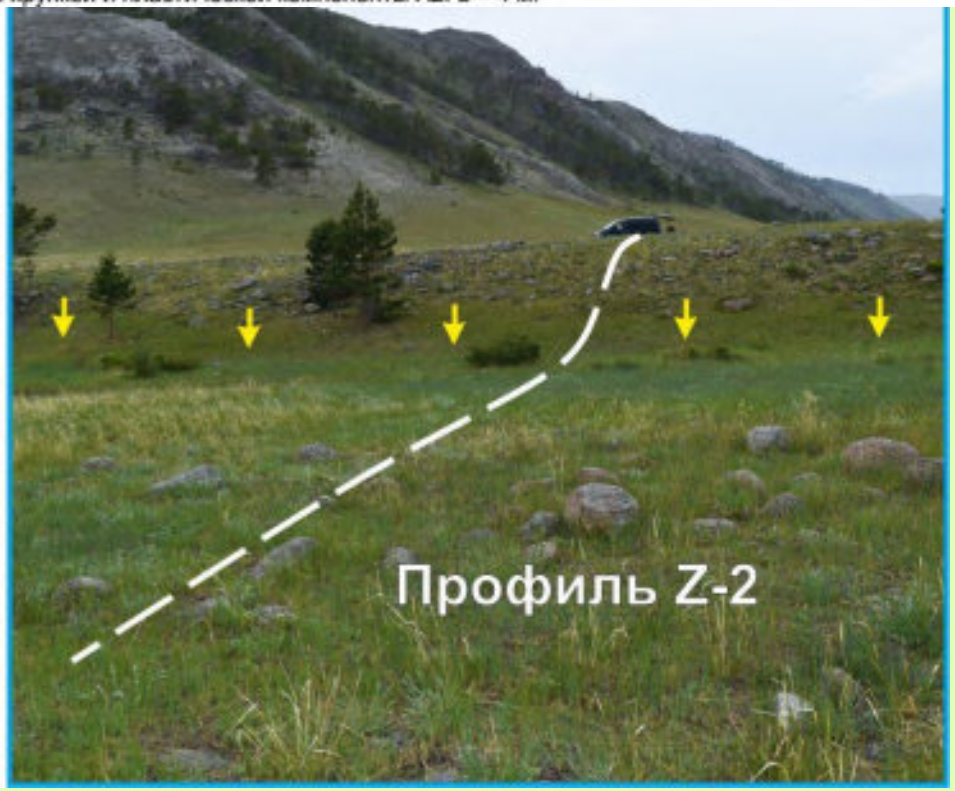
9.6.



Выраженность разлома в рельефе и вблизи поверхности по георадиолокационным данным (долина р. Зундук, правый борт)

[Денисенко, Лунина, 2021]

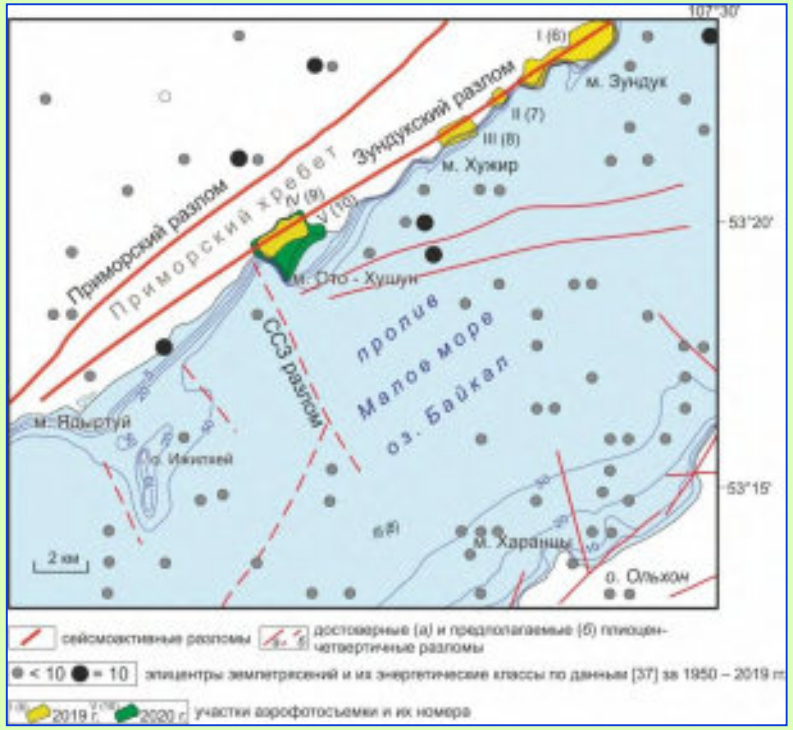
Фото О. Лунной

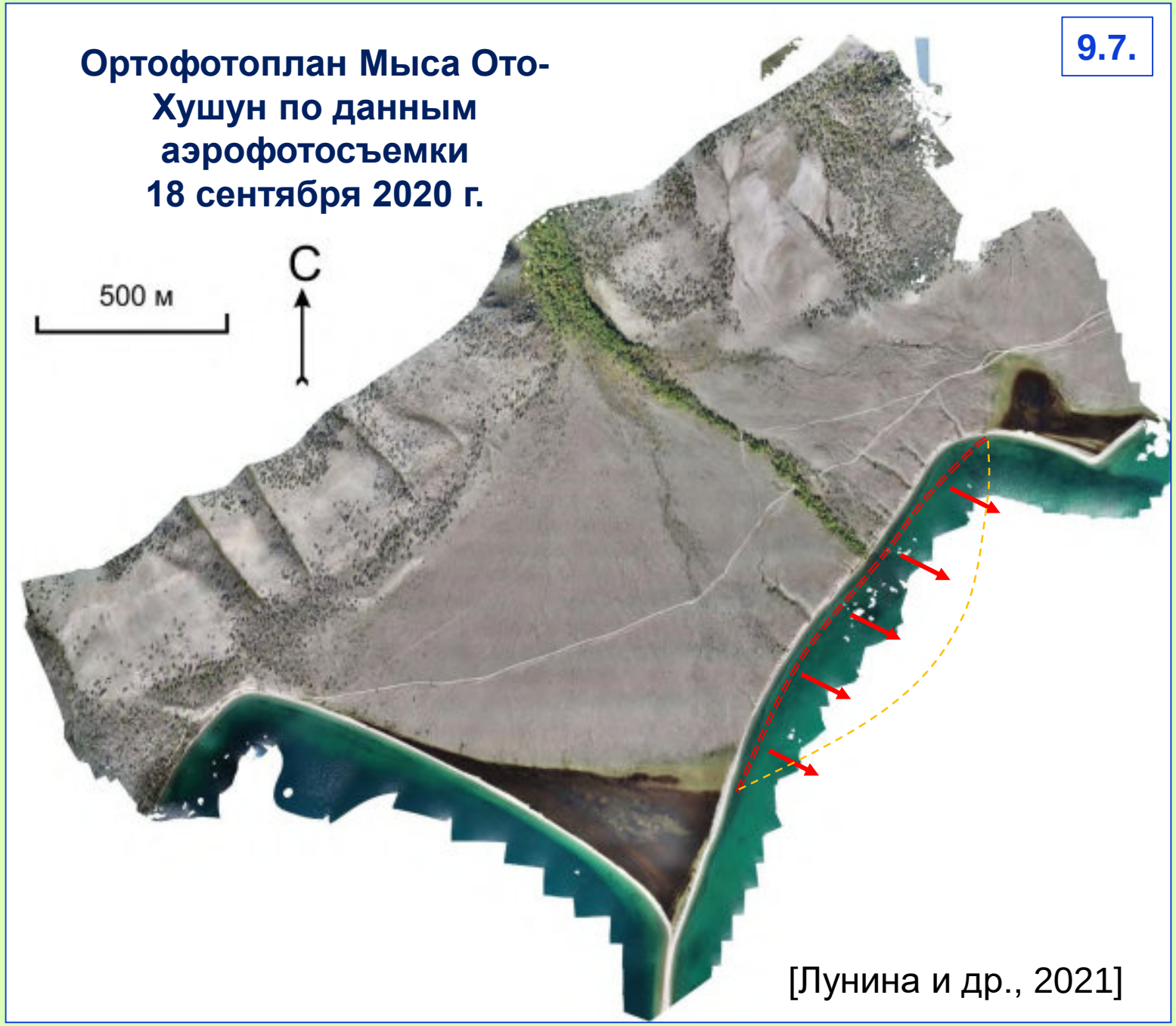


Северный Байкал, Малое море Зундукский разлом, мыс Ото-Хушун

Ортофотоплан по данным аэро-фотосъемки 18 сентября 2020 г.

Максимальные вертикальное смещение : 8,4 м;
Возможная магнитуда в зоне разлома: M_s=7,5 и M_w=7,3.



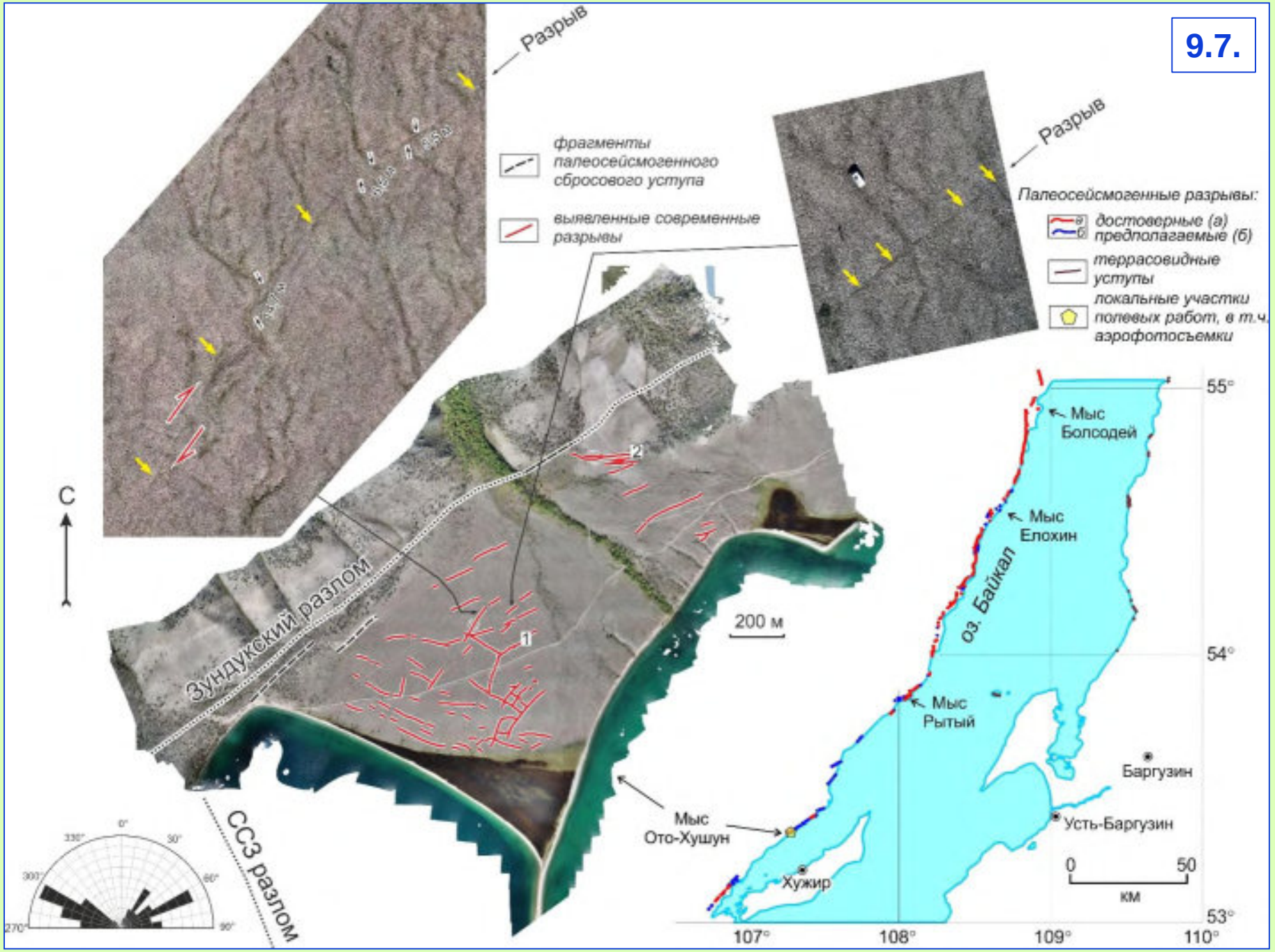


Северный Байкал, Малое море Зундукский разлом, мыс Ото-Хушун

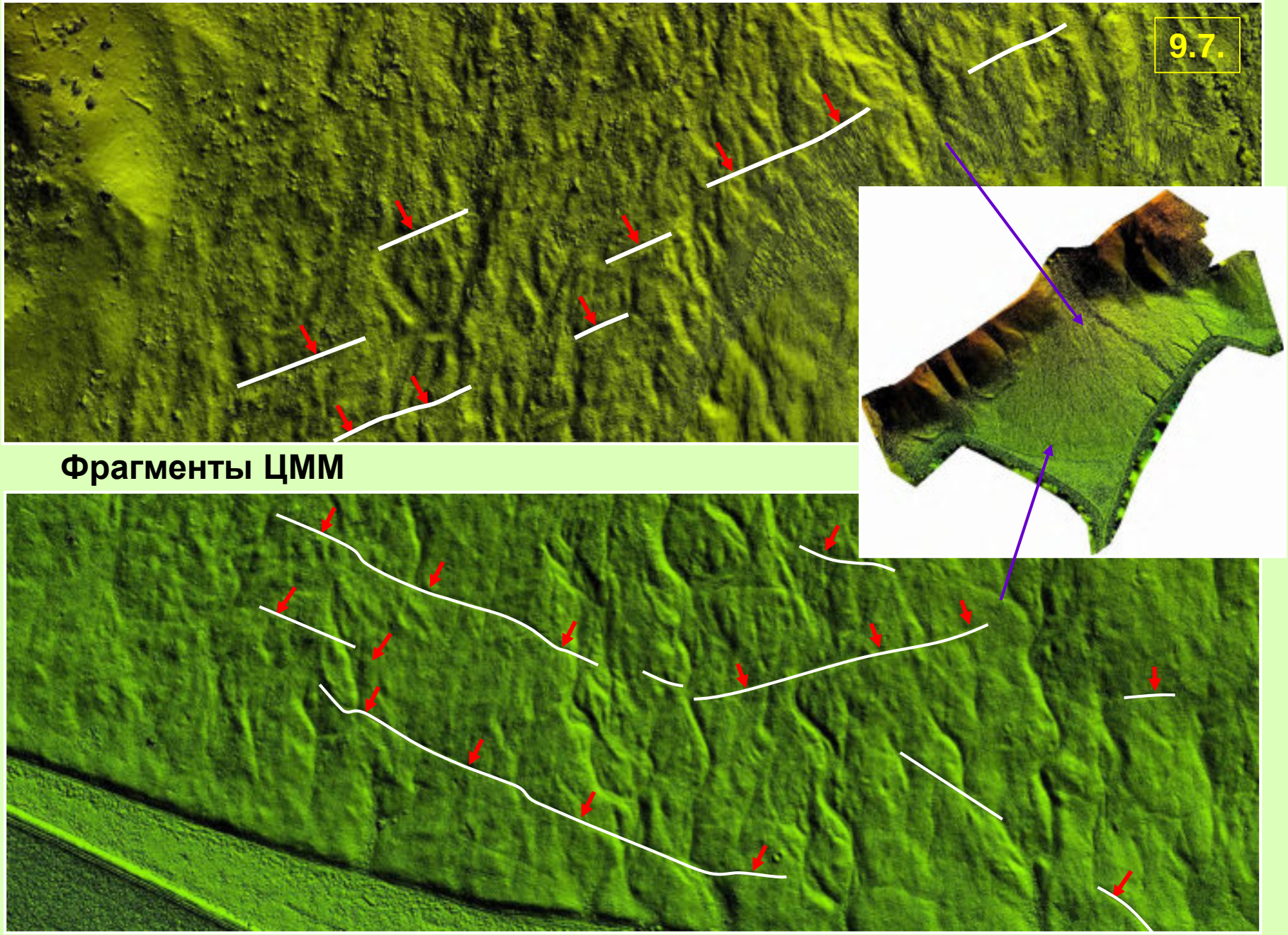
Ортофотоплан мыса Ото-Хушун и его увеличенные фрагменты с положением современных разрывов

В левом нижнем углу роза-диаграмма простирания современных разрывов

[Лунина и др., 2021]



Северный Байкал,
Малое море
Зундукский разлом,
мыс Ото-Хушун

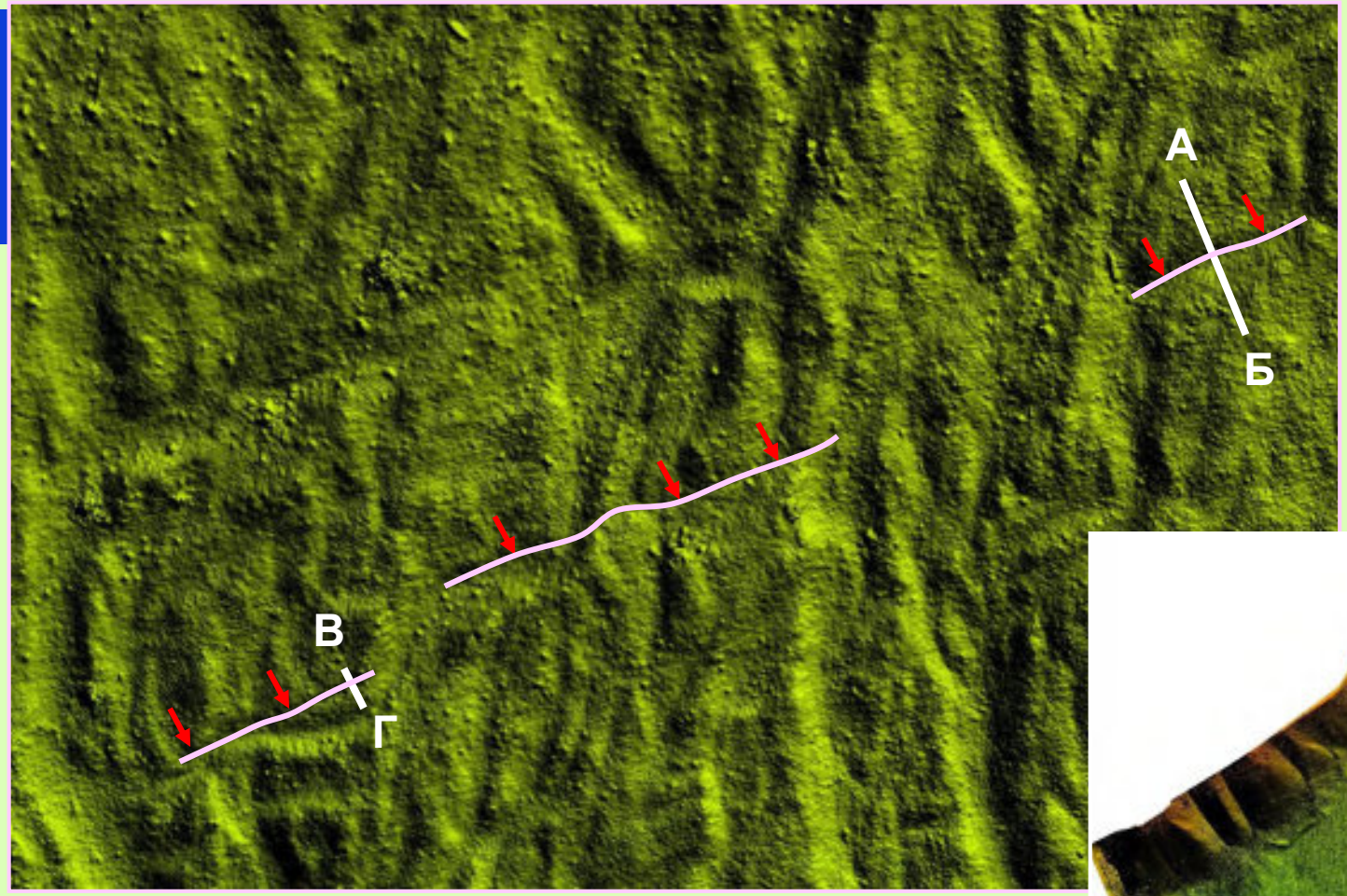


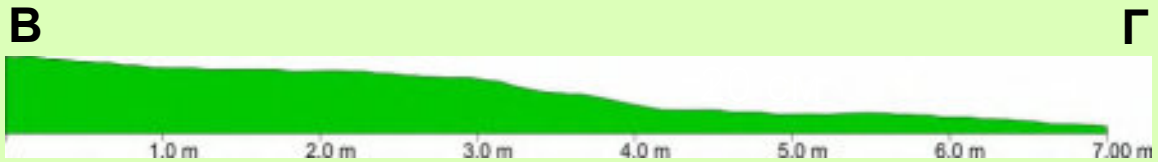
Фрагменты ЦММ

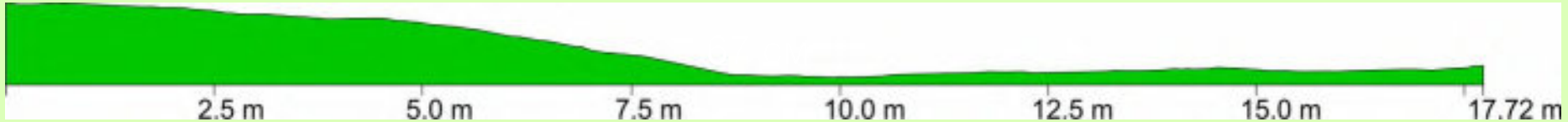
[Лунина и др., 2021]

Северный Байкал, Малое море Зундукский разлом, мыс Ото-Хушун

Фрагмент ЦММ и гипсометрические профиля через разрывы



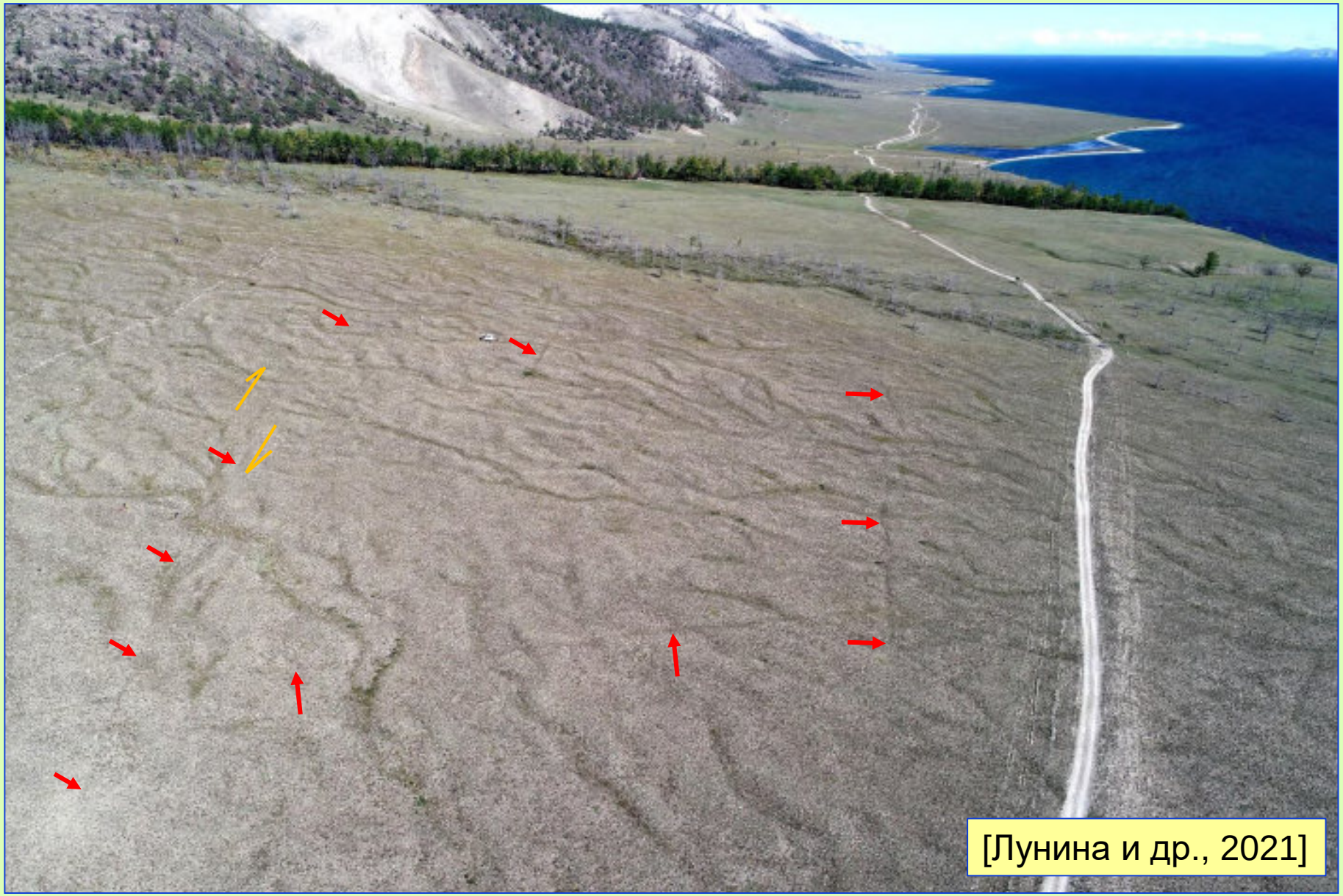




[Лунина и др., 2021]

Северный Байкал, Малое море
Зундукский разлом

Аэрофотоснимок мыса Ото-Хушун. Вид на северо-восток
(стрелками показаны современные разрывы) [Лунина и др.. 2021]



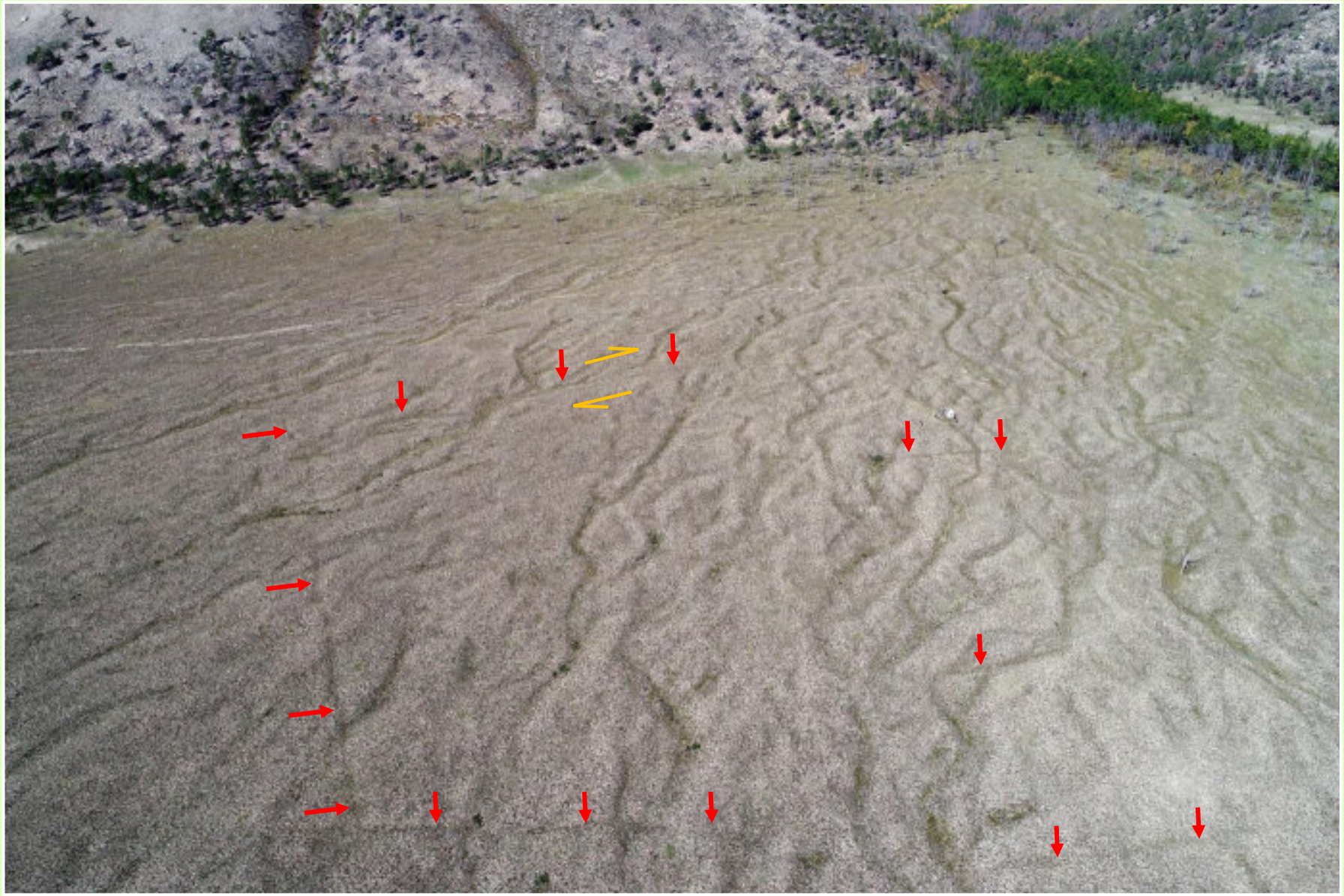
Северный Байкал, Малое море
Зундукский разлом

Аэрофотоснимок мыса Ото-Хушун. Вид на северо-восток
(стрелками показаны современные разрывы) [Лунина и др.. 2021]

Длина разрывов от 6 до 290 м.

Сдвиговые смещения проток по отдельным разрывам достигают 14,7 м.

Вертикальные смещения (в данном случае высота уступа) - до 0,68 м.



Северный Байкал, Малое море
Зундукский разлом, мыс Ото-хушун

Вид на разрыв, определенный по координатам на ортофотоплане и диагностируемый на местности по слабо заметному перепаду высот исходной земной поверхности

[Лунина и др., 2021]

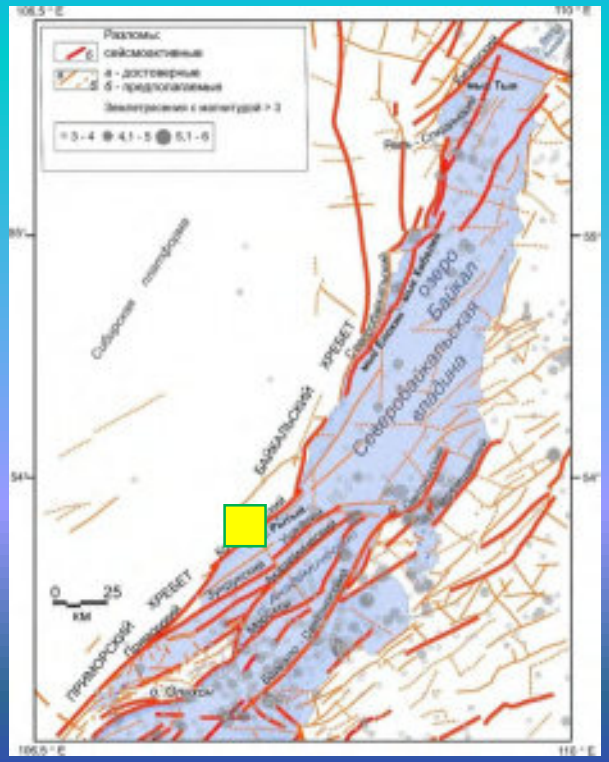
Современные разрывы, обнаруженные в зоне динамического влияния Зундукского разлома, сформировались в результате длительно развивающего крипа, причиной которого, вероятнее всего, являются периодически возникающие вибрации от землетрясений в Байкальском рифте.

Крип — процесс медленного перемещения масс

Северный Байкал, Малое море
Зундукский разлом, мыс Ото-хушун

Озеро «Сердце» (фото Луниной О.В.)

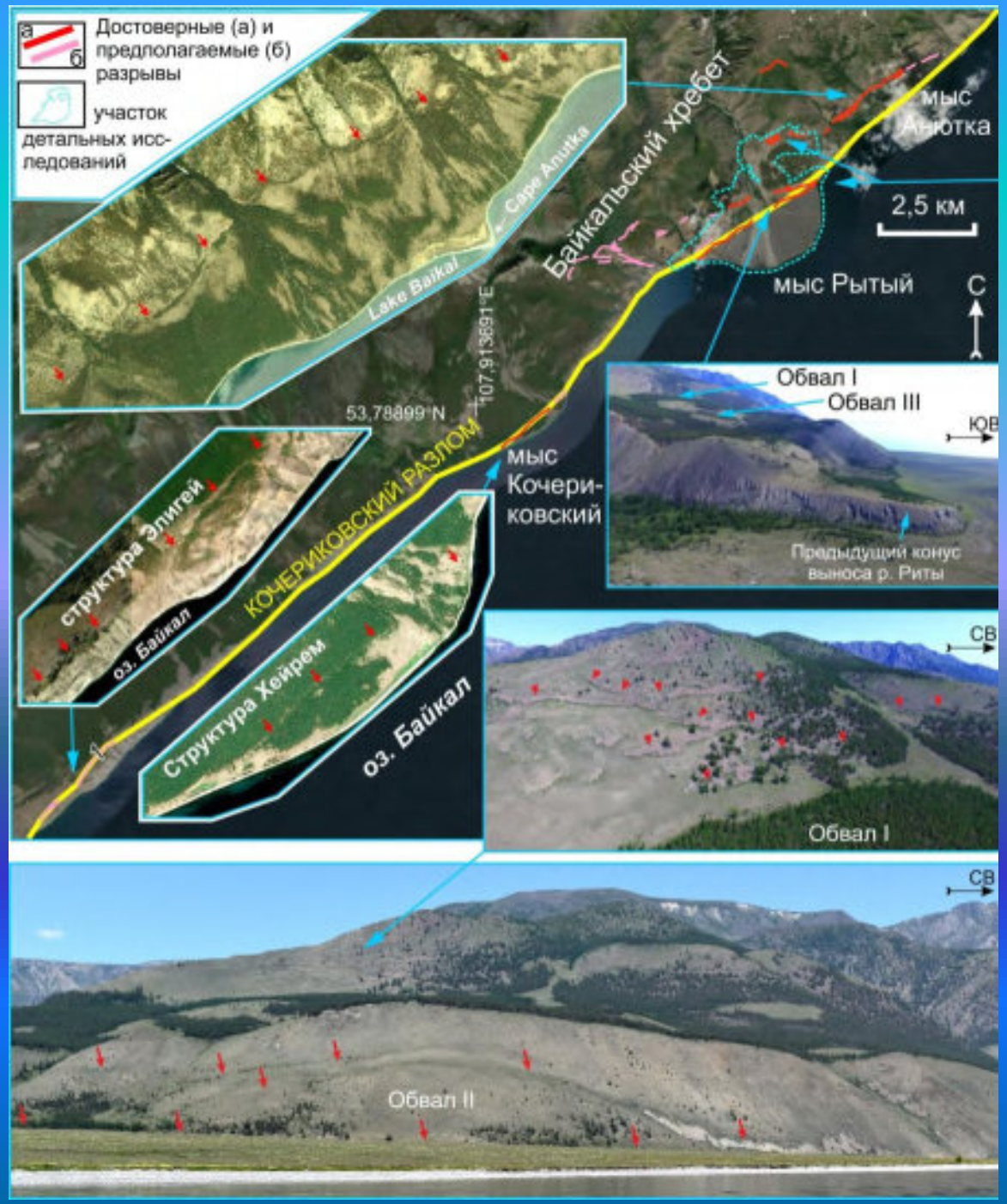
Северный Байкал
10. Тектонические загадки мыса Рытого



Разломы Северного Байкала и положение мыса

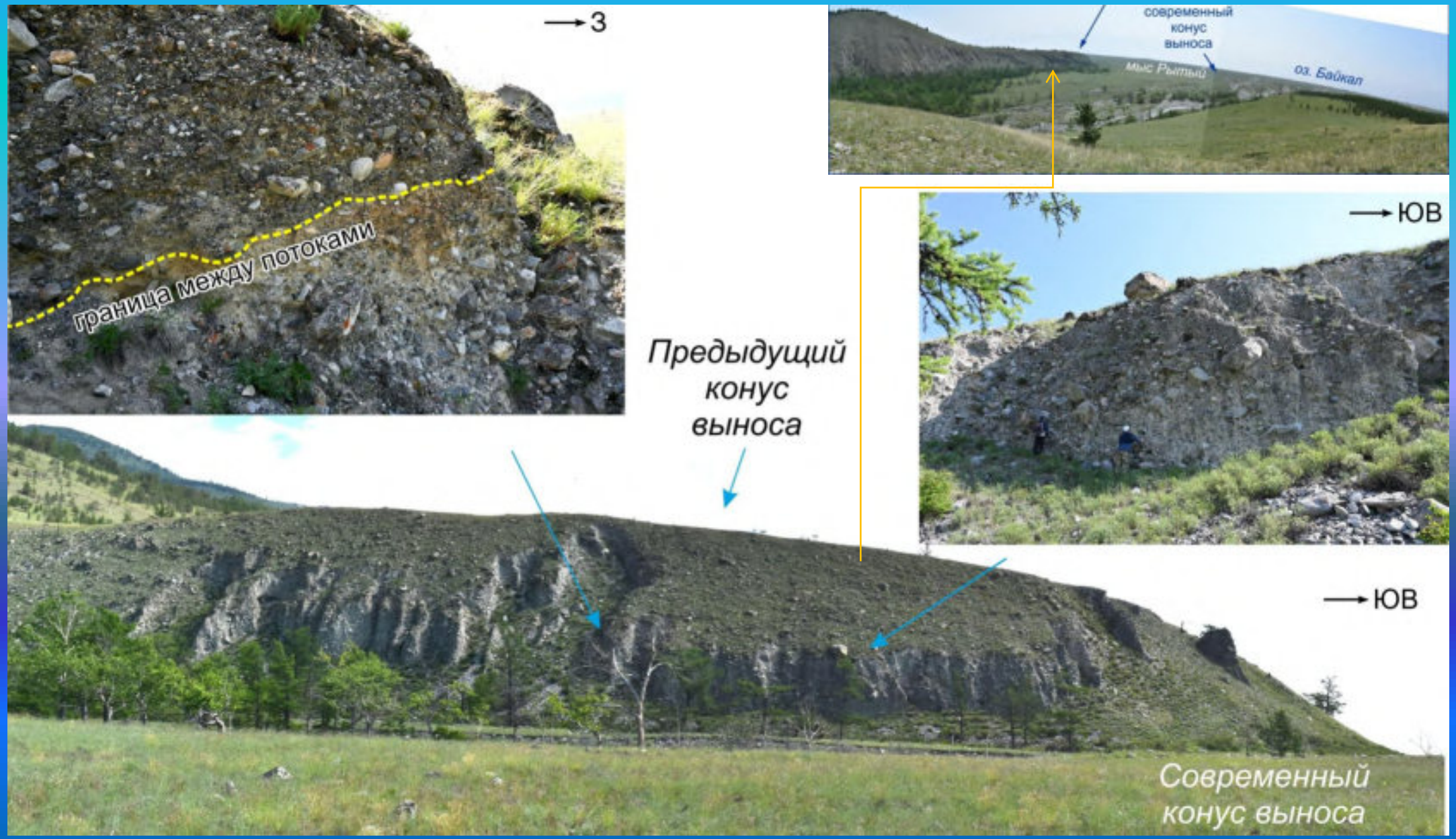
Мыс образован дельтовым, преимущественно грубообломочным, аллювием р. Риты, которая часто меняет свое русло, формируя рытвины. Отсюда мыс получил свое мистическое название. Протяженность в СВ направлении составляет ~4.32 км, в СЗ ~1,68 км.

[по материалам О.В. Луниной, аэрофотосъемка А.А. Гладкова]



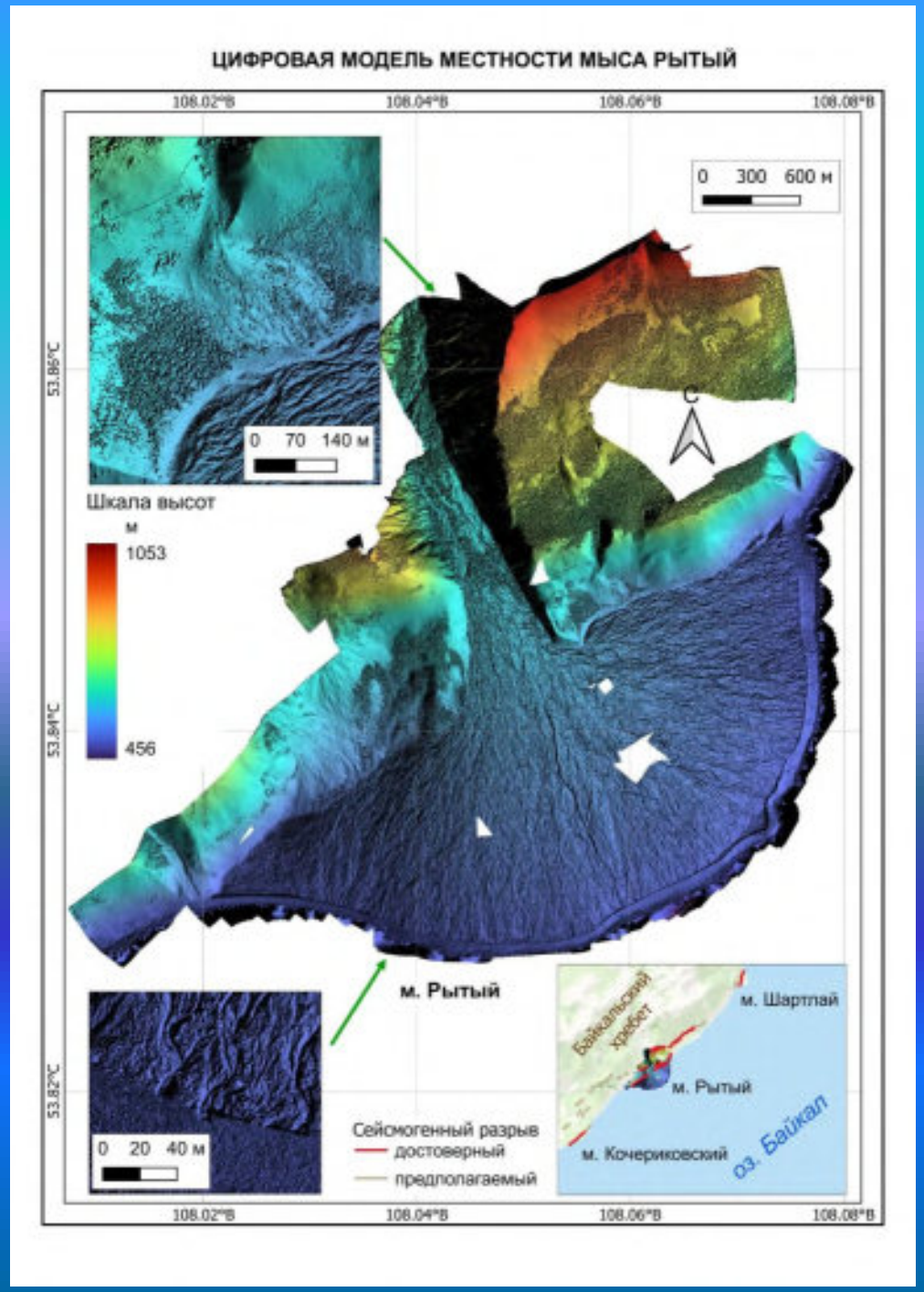
Преддущий конус выноса р. Риты и следы мощных селей

53.84533°N; 108,05258°E



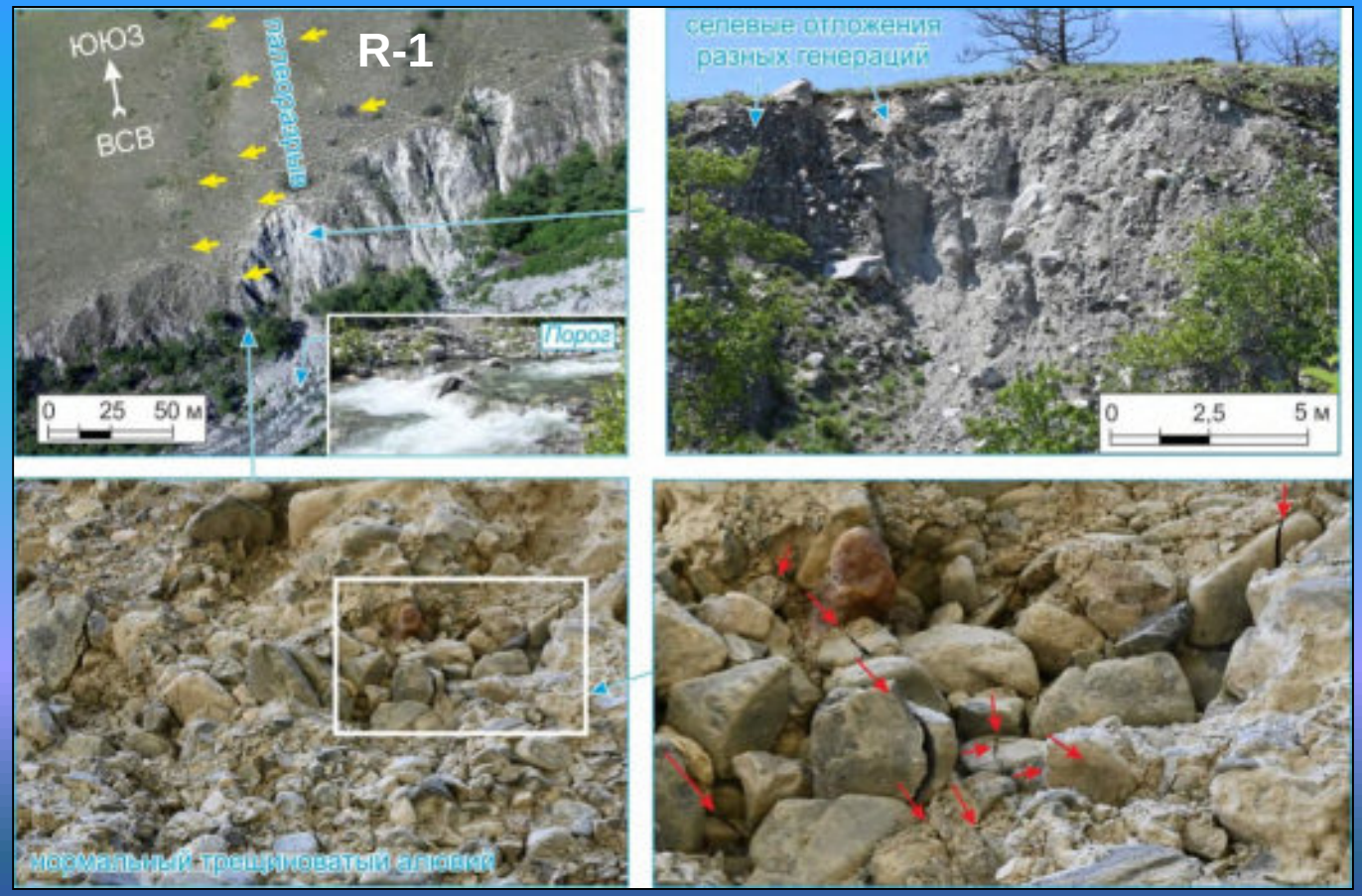
[Лунина, Гладков, 2022; Лунина и др., 2022 (отчет)]

[Лунина, Гладков, 2022; Лунина и др., 2022 (отчет)]

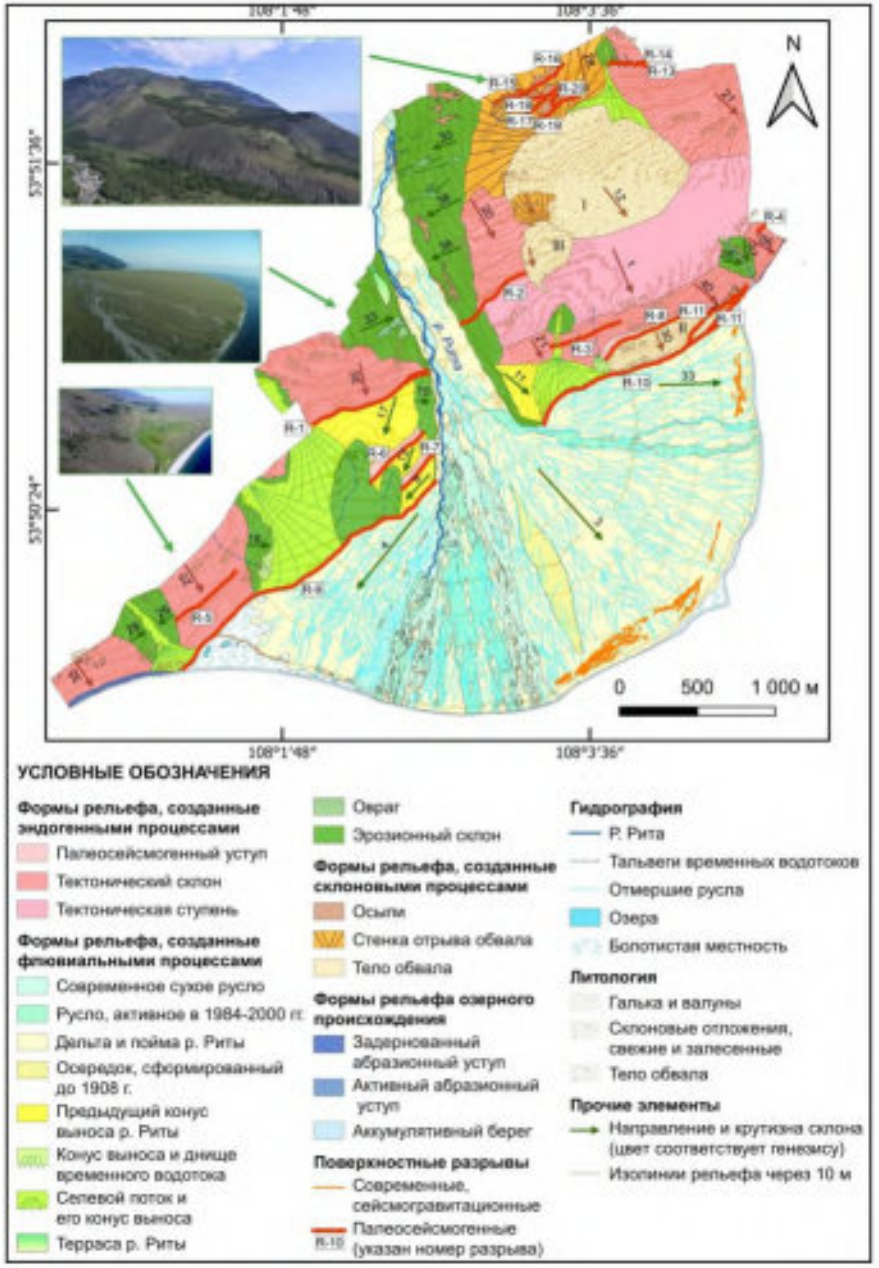


53.84807°N; 108.04424°E

[Лунина и др., 2022 (отчет)]

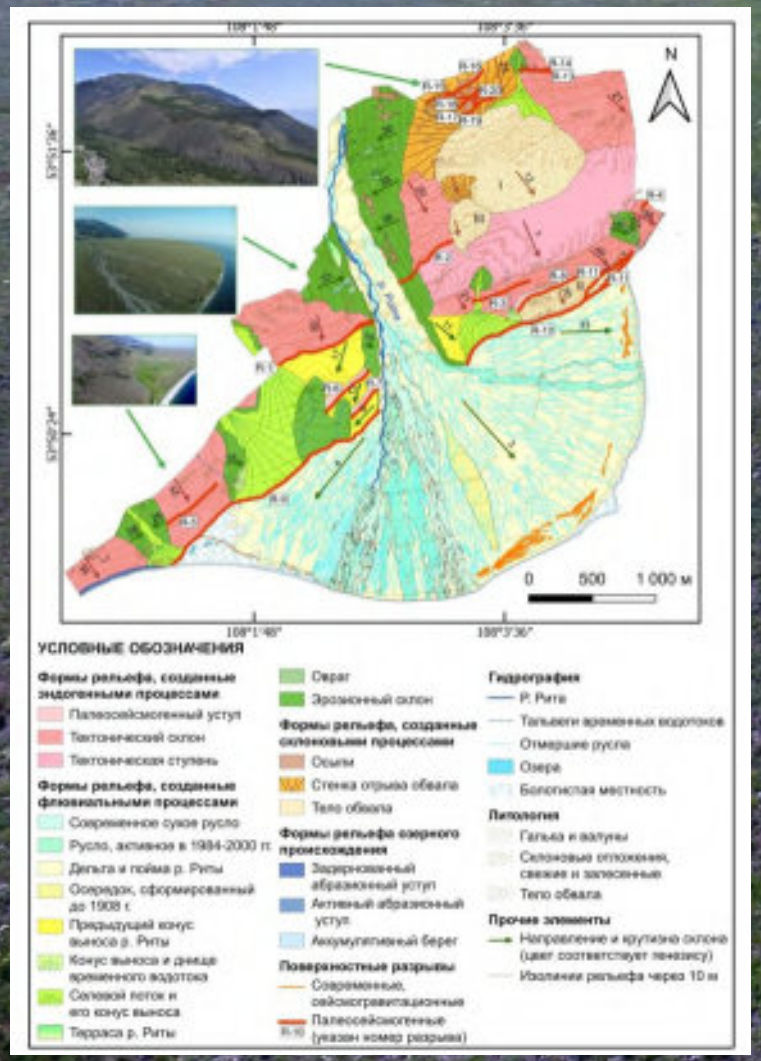


Структурно-геоморфологическая карта мыса Рытого и окрестностей



10.2.

Сейсмогенный уступ слева от русла р. Риты



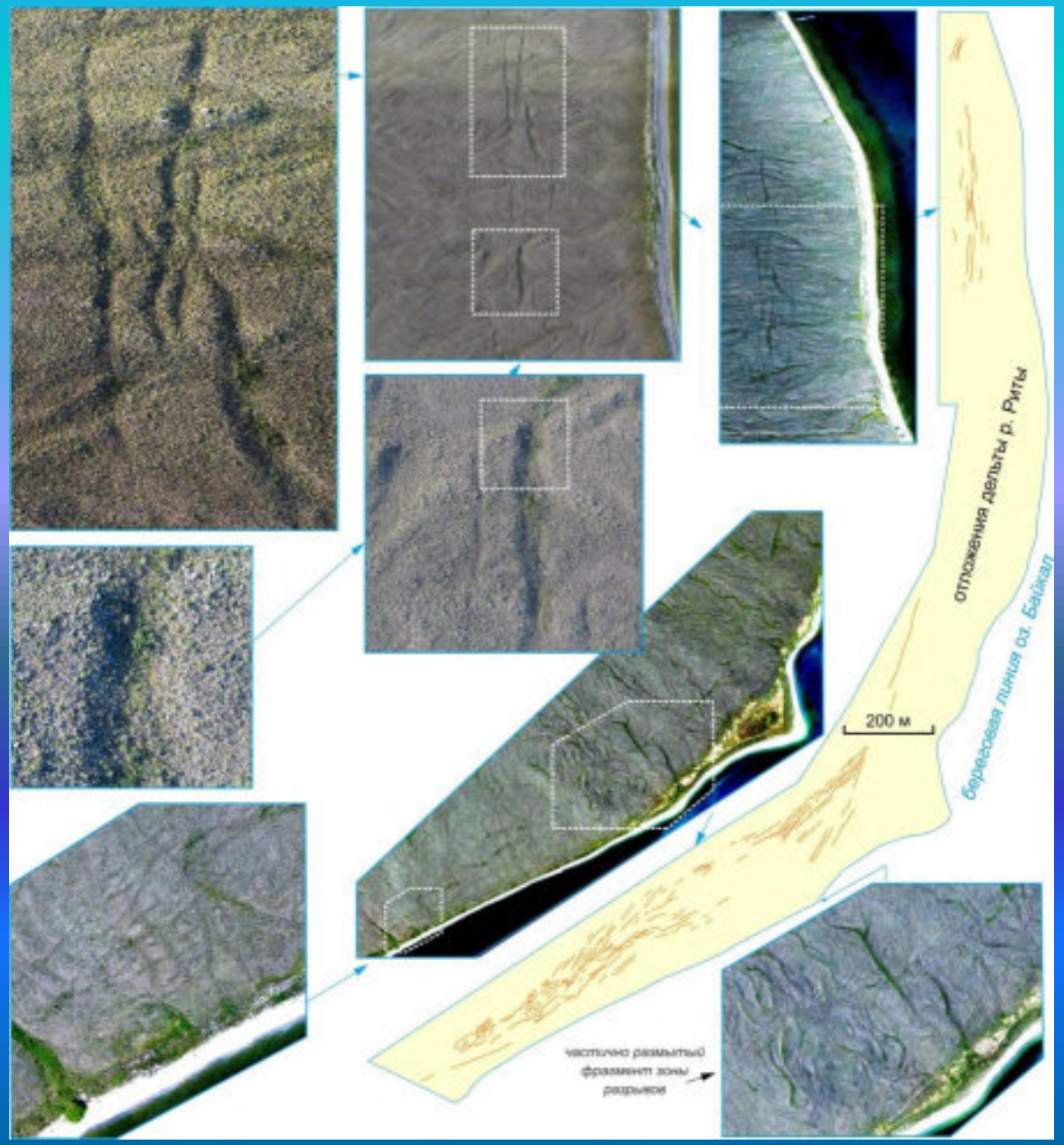
2 разрывообразующих землетрясения;
Макс. верт. смещения: 5 и 7.9 м;
Возможная магнитуда в зоне разлома: M_s=7,3 и 7.4

[по материалам О.В. Луниной, аэрофотосъемка А.А. Гладкова]

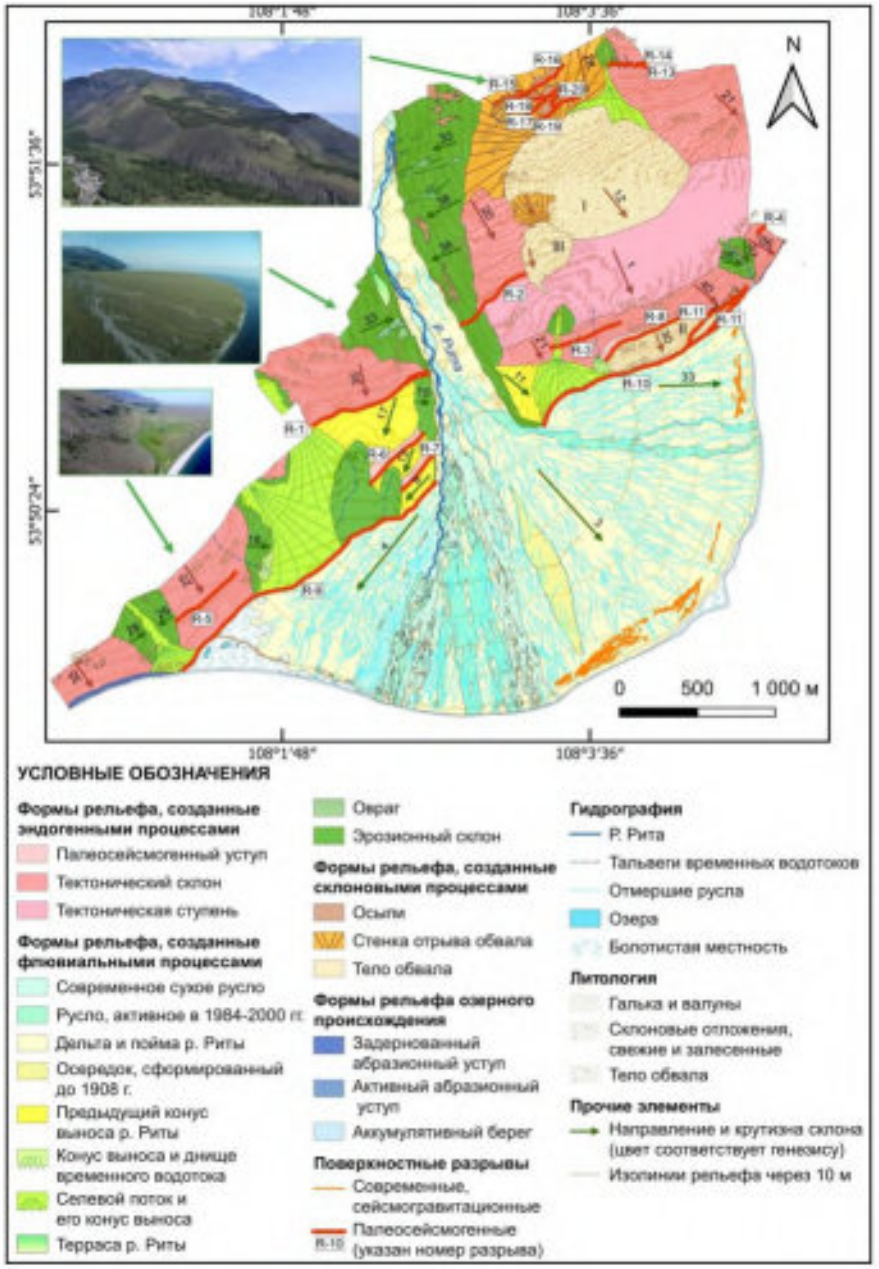
R-10

[Лунина и др., 2022 (отчет)]

Современные сейсмогравитационные разрывы в периферийной части мыса Рытого

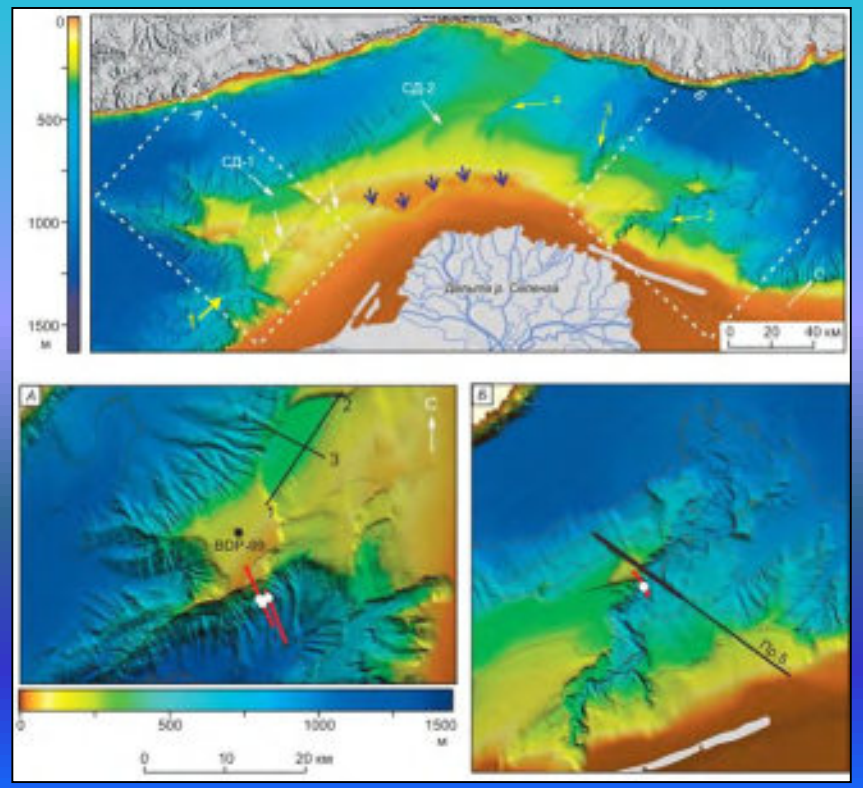


Структурно-геоморфологическая карта мыса Рытого и окрестностей



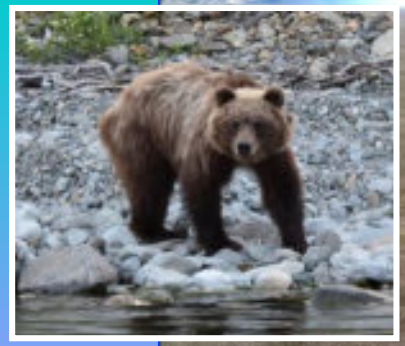
Батиметрическая схема авандельты р.Селенга

[составлена по данным проектов ASTER GDEM, INTAS- 99-1669, многолучевогопрофилирования 2009 г., Хлыстов и др., 2016]



Контурами выделены Посольская банка (А) и Кукуйская грива (Б), стрелками с номерами и названиями — эрозионные формы рельефа. Белые стрелки — концентрические структуры; синие — ров, разделяющий авандельту; желтые — каньоны.

Гравитационные проседания по разрывам, образованным при землетрясении 13.08.1962 г. с М=5.2 в Байкале [Лунина, Гладков, 2022]



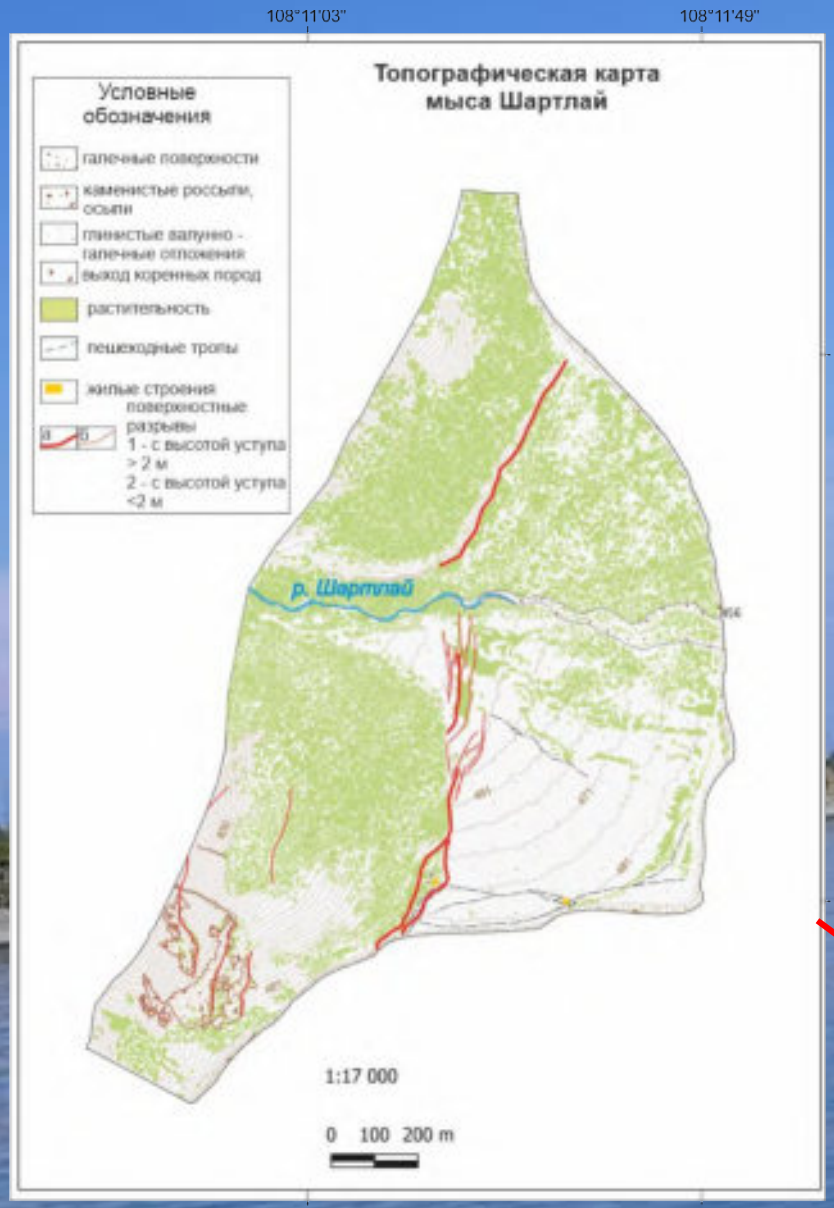
Северный Байкал
11. Разрывы мыса Шартлай

Входят в состав Шартлай-Болсодейской зоны сейсмогенных разрывов протяженностью ~142 км

Мыс образован преимущественно аллювиальными, пролювиаль-ными и селевыми отложениями.

Северный Байкал
11. Разрывы мыса Шартлай

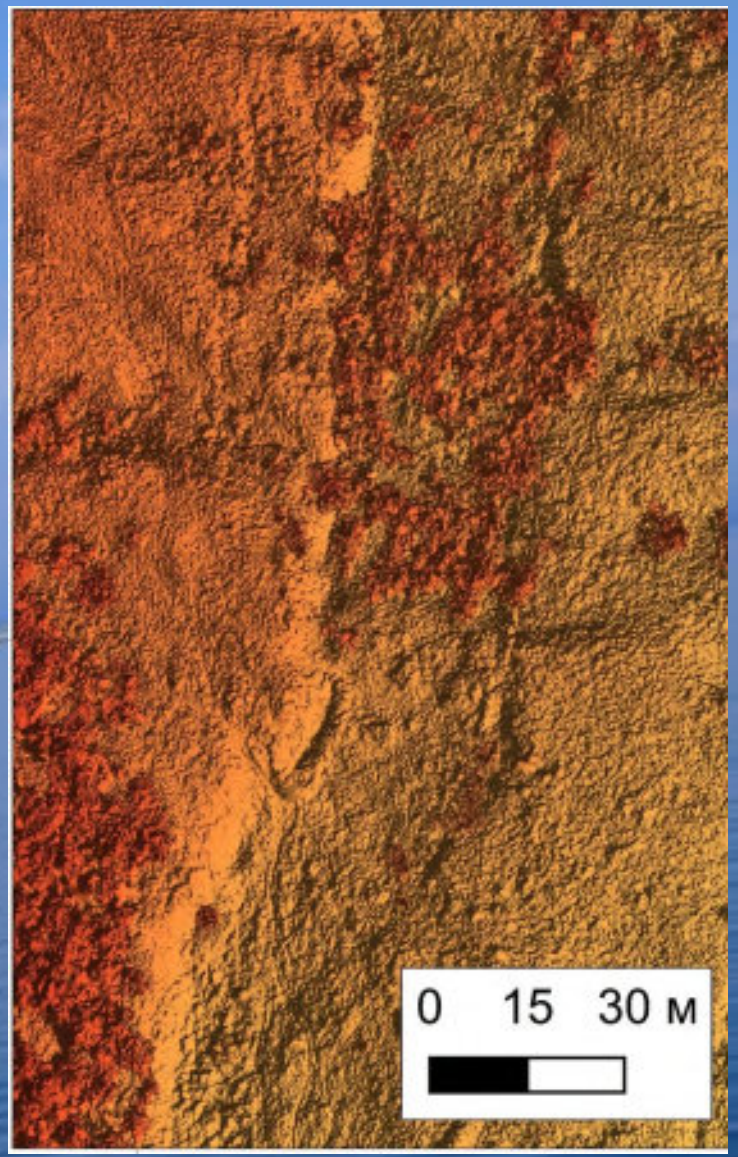
11.1.

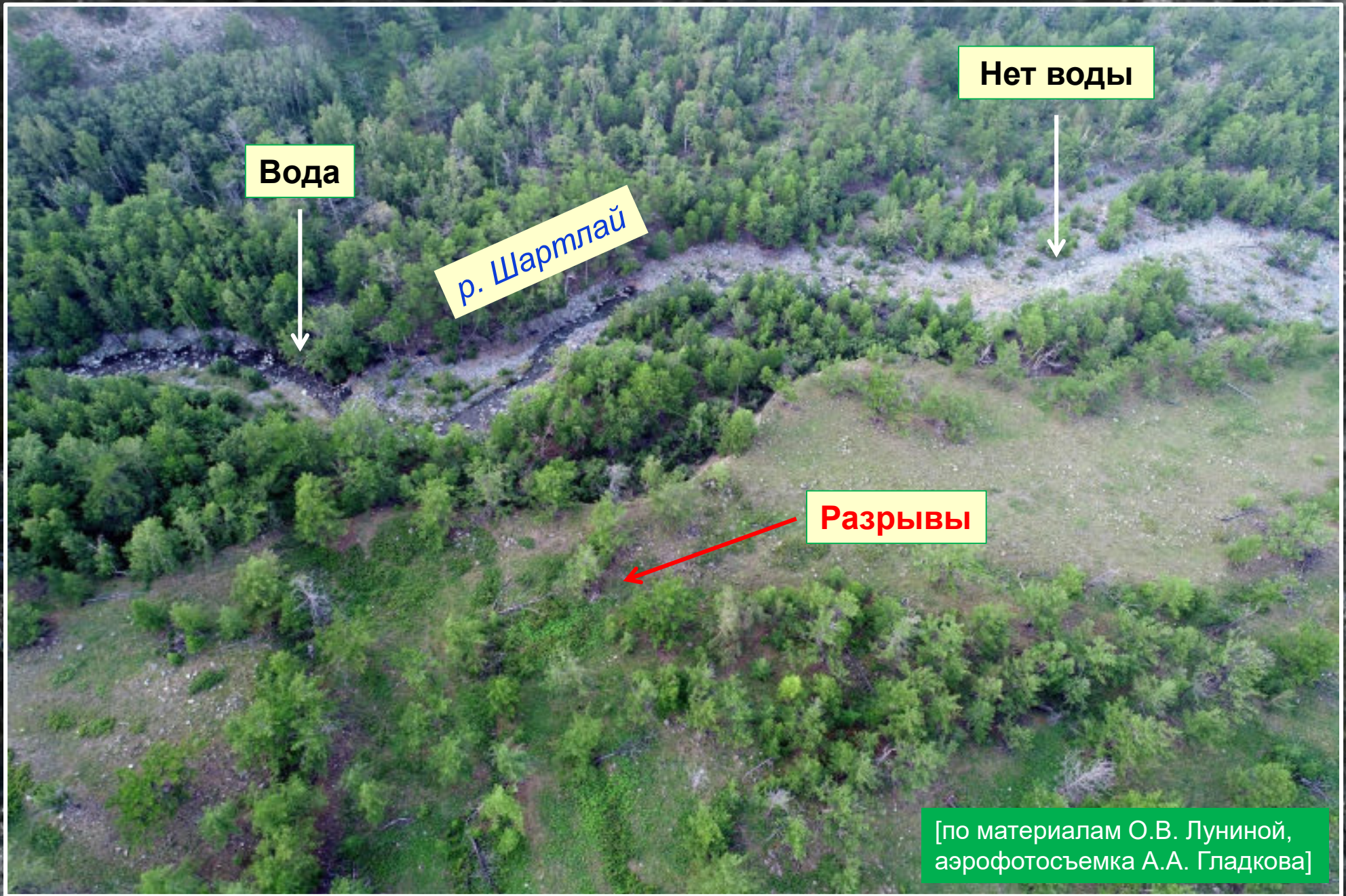


[по материалам О.В. Луниной, аэрофотосъемка А.А. Гладкова]

11.1.

Северный Байкал
Разрывы мыса Шартлай

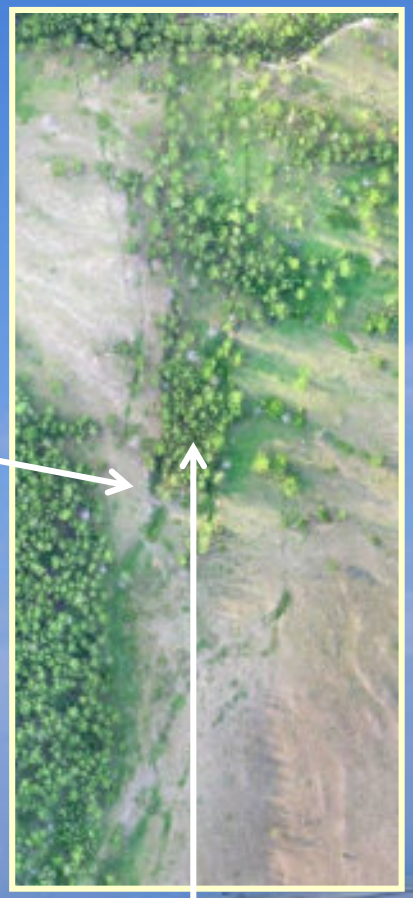


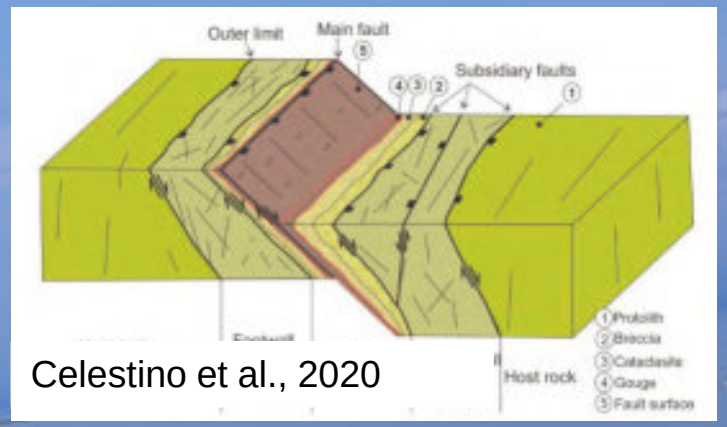


[по материалам О.В. Луниной, аэрофотосъемка А.А. Гладкова]

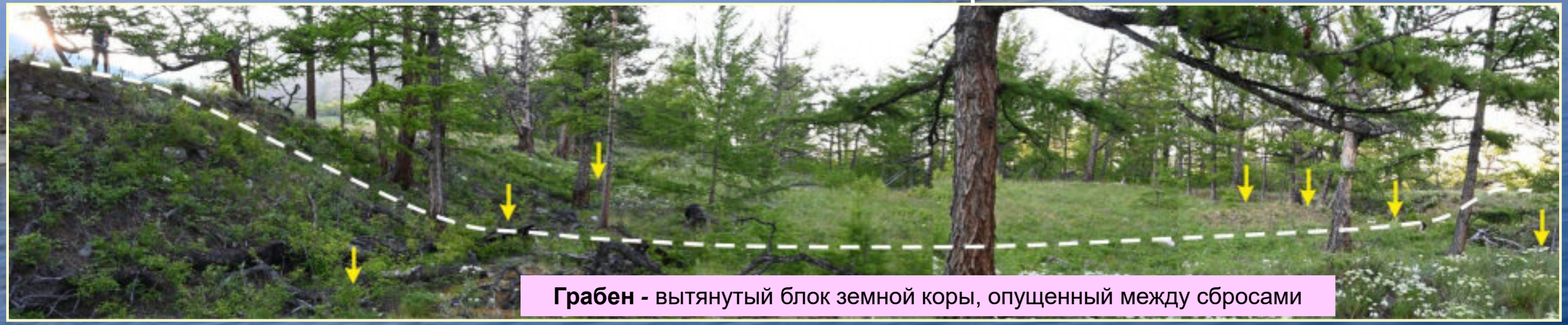
Мыс Шартлай

11.1.





Celestino et al., 2020



Грабен - вытянутый блок земной коры, опущенный между сбросами

Мыс Шарталай (юг и прилегающий берег)

2 разрывообразующих землетрясения;
Макс. верт. смещения: 8,36 м;
Возможная магнитуда в зоне разлома: M_s=7,5; M_w=7,3-7,4;
Последние смещения: в период 2145–2463 лет назад;
Одновременно вскрылось не менее 82 км.

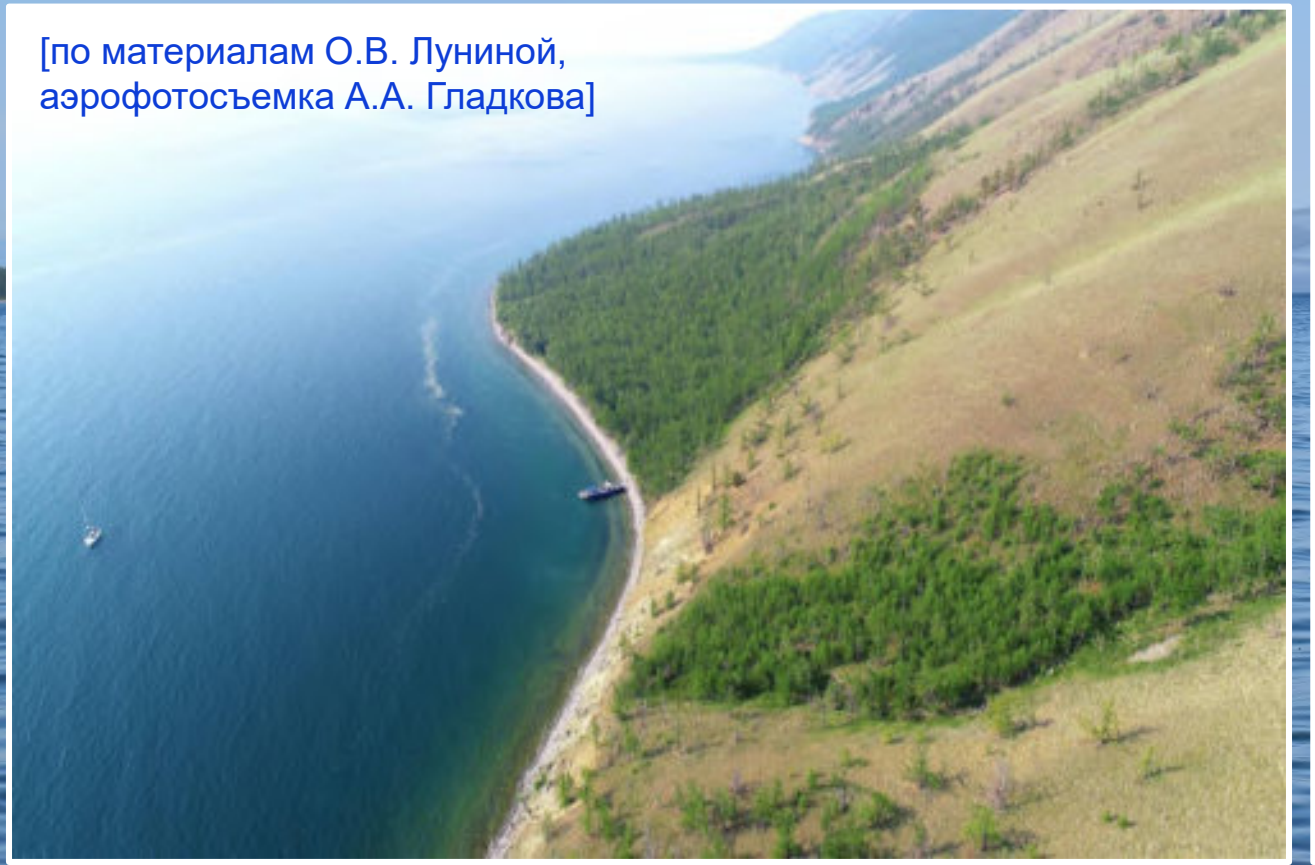
Делювий - отложения, возникающие в результате накопления смытых со склонов дождевыми и талыми снеговыми водами рыхлых продуктов выветривания .

Сбросшенная байкальская терраса высотой 11,57 м, перекрытая делювием

[по материалам О.В. Луниной]

Северный Байкал
12. Разрывы мыса Тытери и окрестностей

Мыс образован в результате выноса аллювия и пролювия, который в настоящее время может поступать с гор только в сильно влажные периоды. Протяженность в ССВ направлении составляет ~656 м, в ЗСЗ ~290 м.



12. Разрывы мыса Тытери и окрестностей

Фото О. Луниной

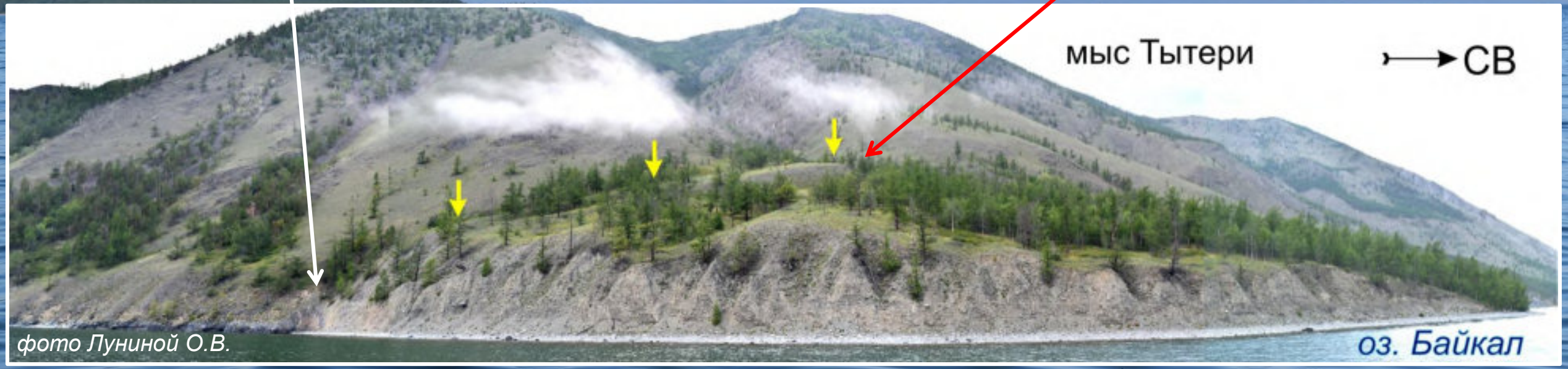
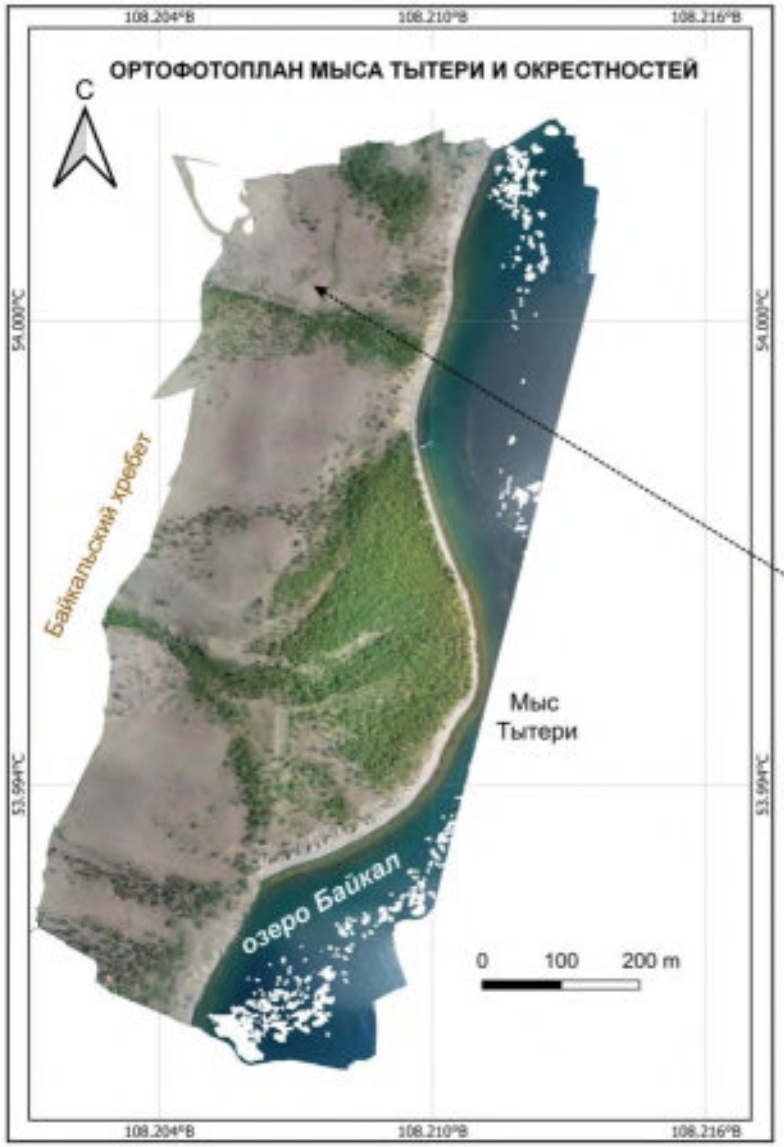


фото Луниной О.В.

Фрагмент деформированной предполагаемой байкальской террасы севернее мыса Тытери

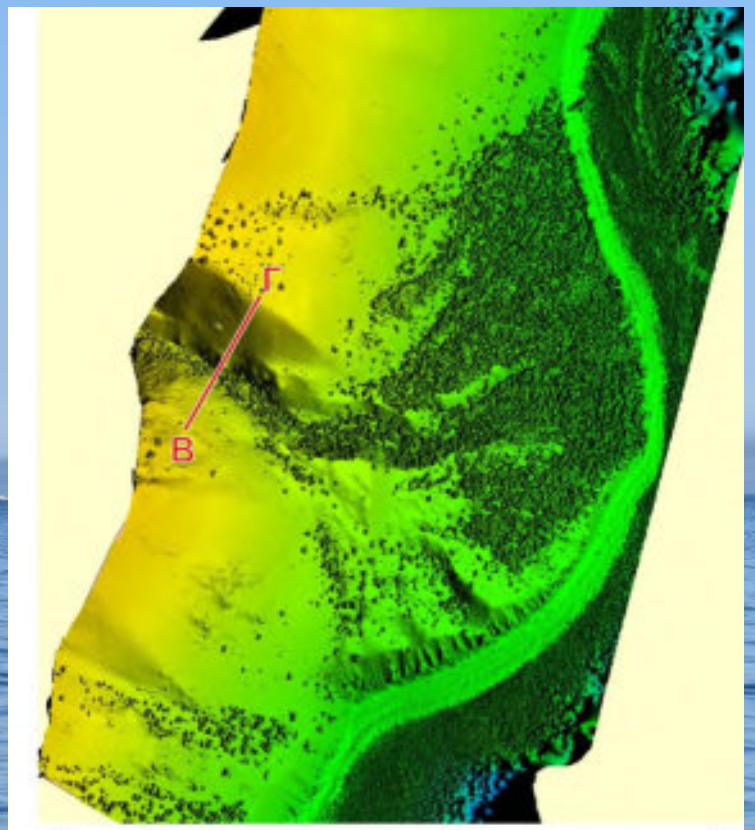
50000 – 44020 лет назад уровень озера был выше на 118–120 м [Arzhannikov et al., 2021]

12.1.



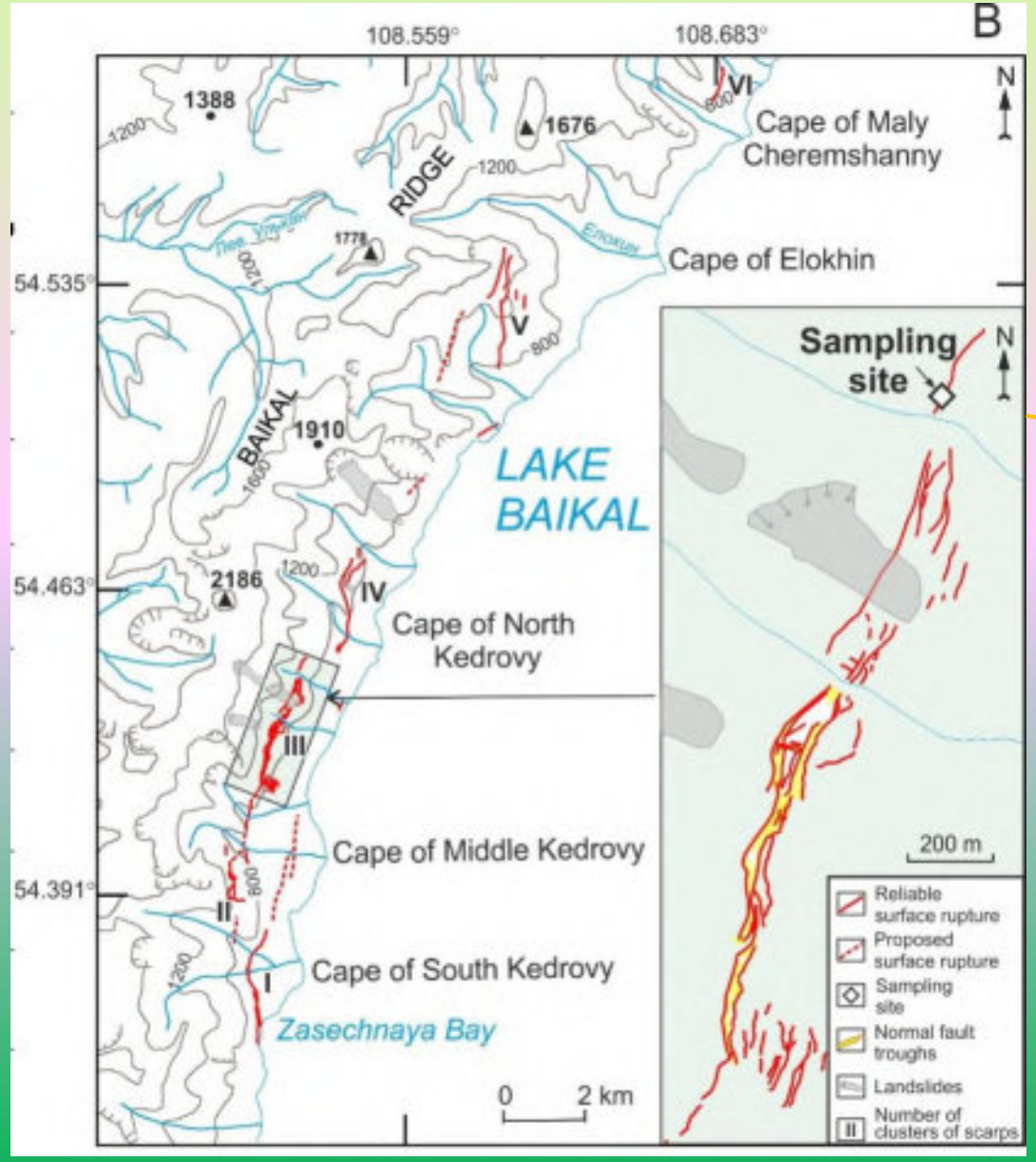
[по материалам О.В. Луниной, аэрофотосъемка А.А. Гладкова]

Склоны с крутыми и пологими углами наклона на профиле В–Г

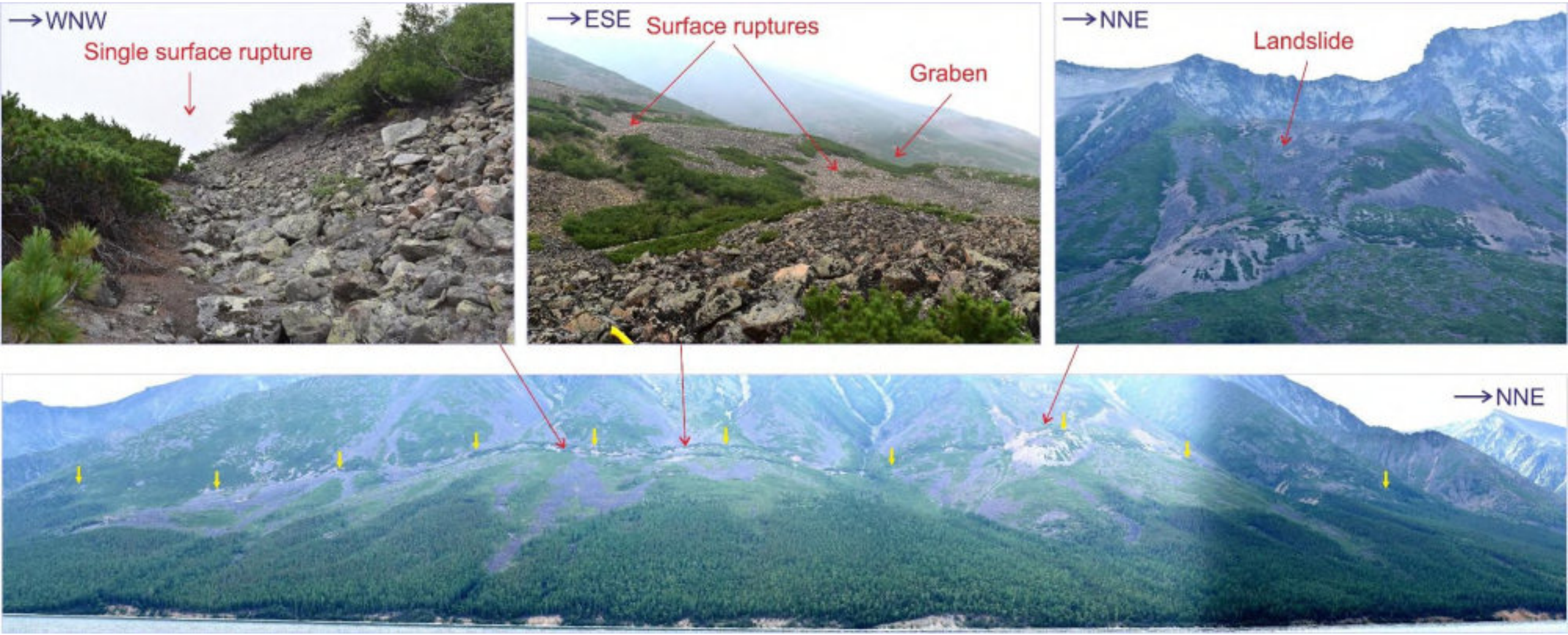


Северный Байкал
13. Среднекедровые разрывы в Байкальском хребте

[Lunina et al., 2019; 2020]



Геоморфологическое выражение Среднекедровых разрывов

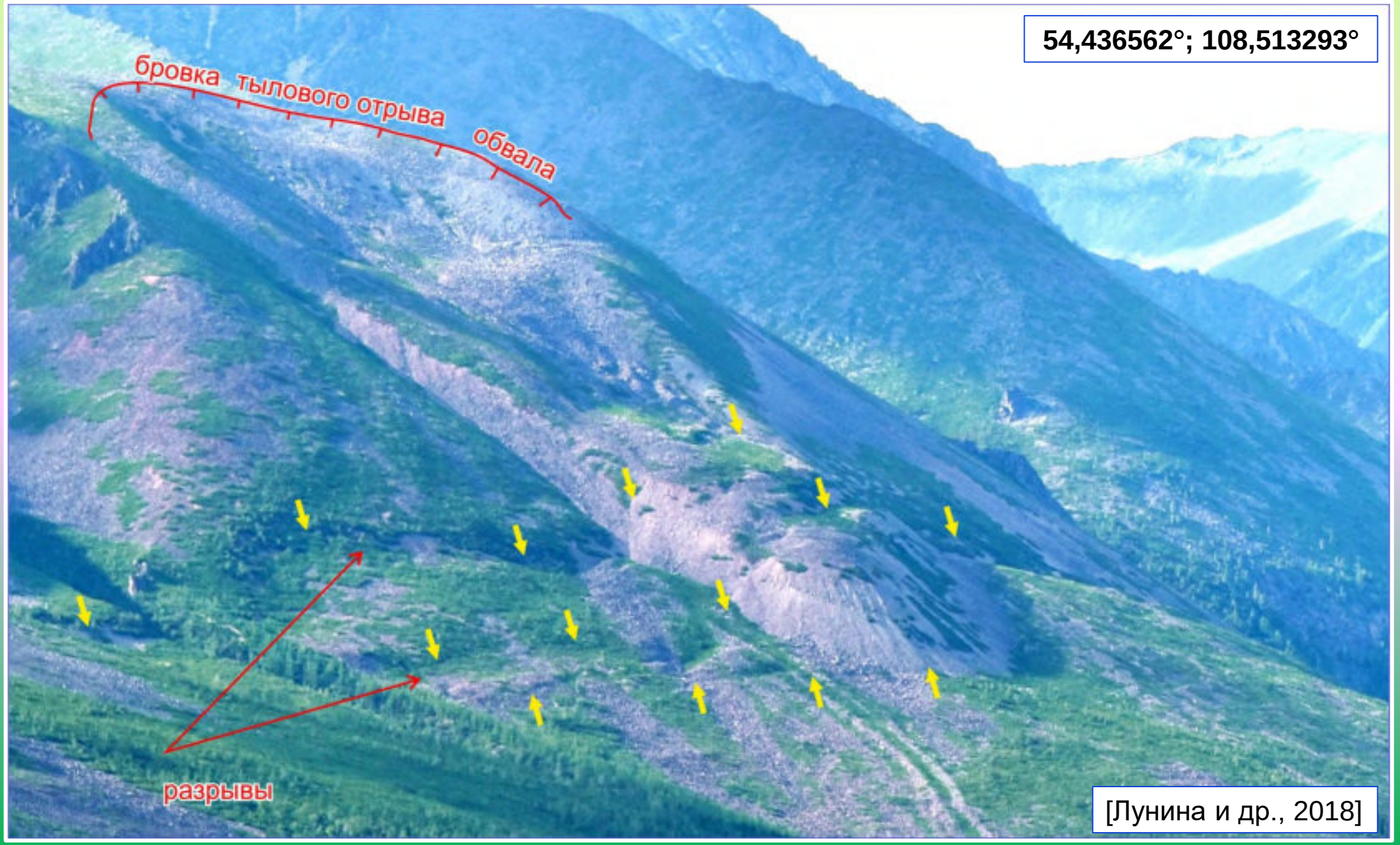


54,429513°; 108,505806°

[Lunina et al., 2019]

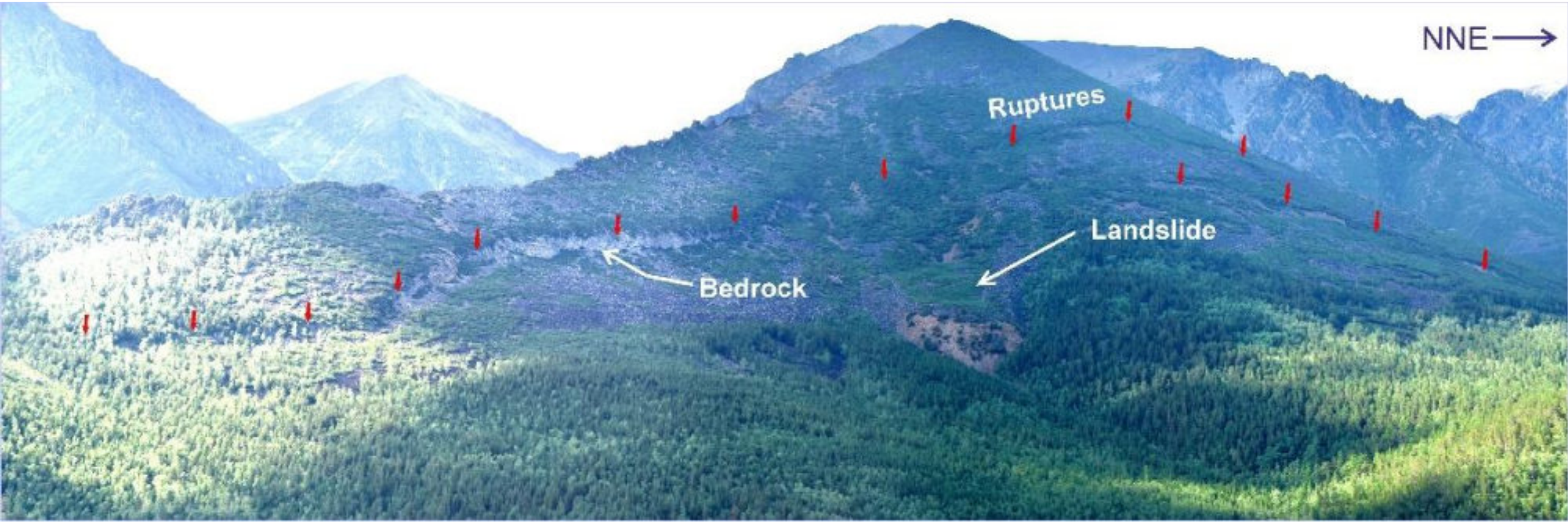
Обвал объемом около 6 млн. куб. м в зоне Среднекедровых разрывов

13.2.



Геоморфологическое выражение Среднекедровых разрывов

13.3.



Макс. верт. смещения: 8,3 м
Наибольшая ширина зоны разрывов: 1,9 км
Длина отдельных трещин: от 5 м до 2.7 км
Возможная магнитуда в зоне разлома: M_s=7,5; M_w=7,4;
Последние смещения: в период 2,2 тыс. лет назад;
Одновременно вскрылось не менее 82 км.

54,462994°; 108,538562°

[Lunina et al., 2019; Лунина, 2022, отчет]

Северный Байкал
14. Террасы Байкала: восточное побережье

55,23066°; 109,7907°

14.1.

[по материалам О.В. Луниной, аэрофотосъемка А.А. Гладкова]

Северный Байкал
14. Террасы Байкала: восточное побережье

55,23066°; 109,7907°

14.1.

Вид на юг-юго-запад от устья р. Ширильды

[по материалам О.В. Луниной, аэрофотосъемка А.А. Гладкова]

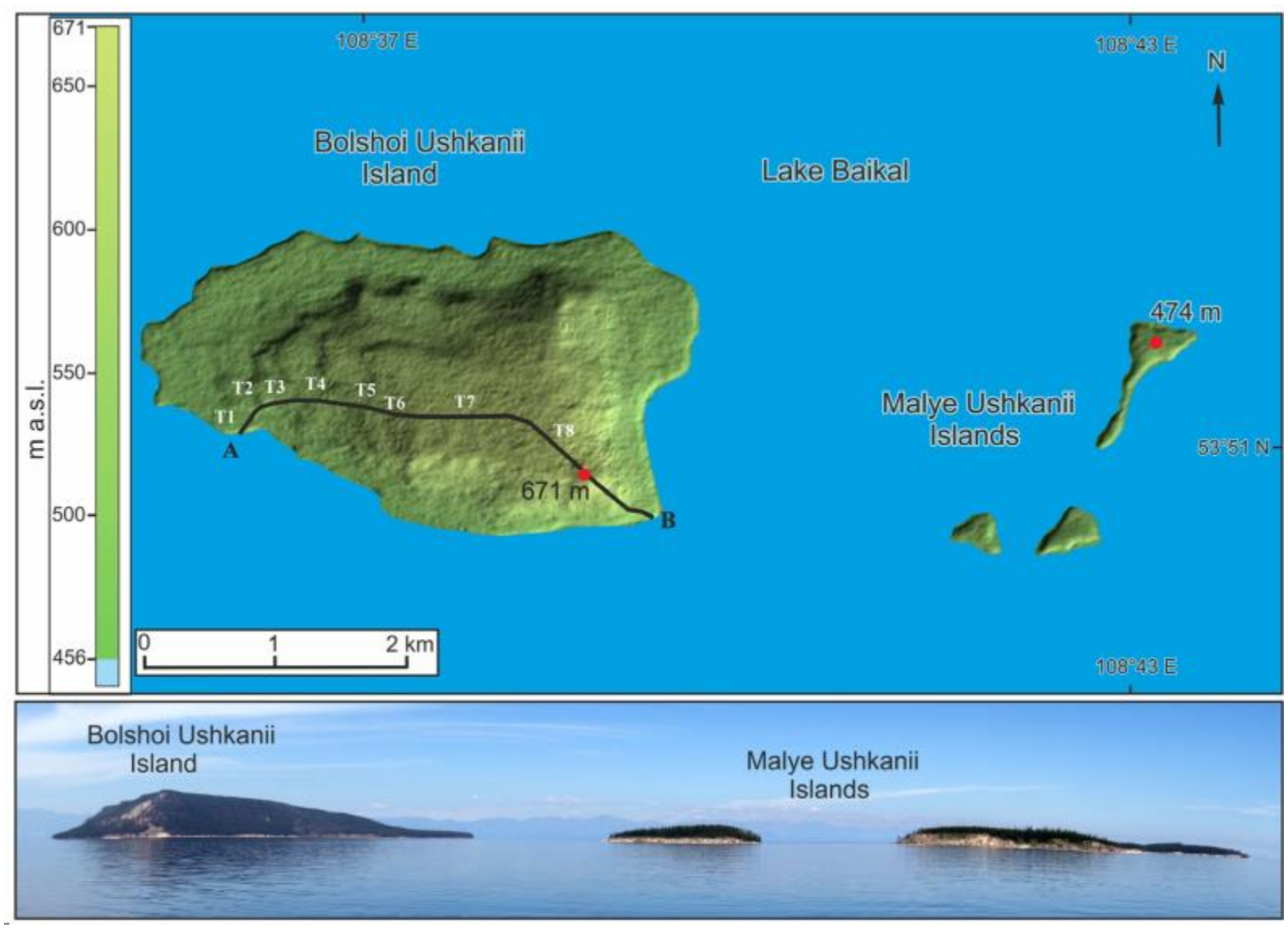
Северный Байкал
14. Террасы Байкала: восточное побережье

54,81469°; 109,65012°

[по материалам О.В. Луниной, аэрофотосъемка А.А. Гладкова]

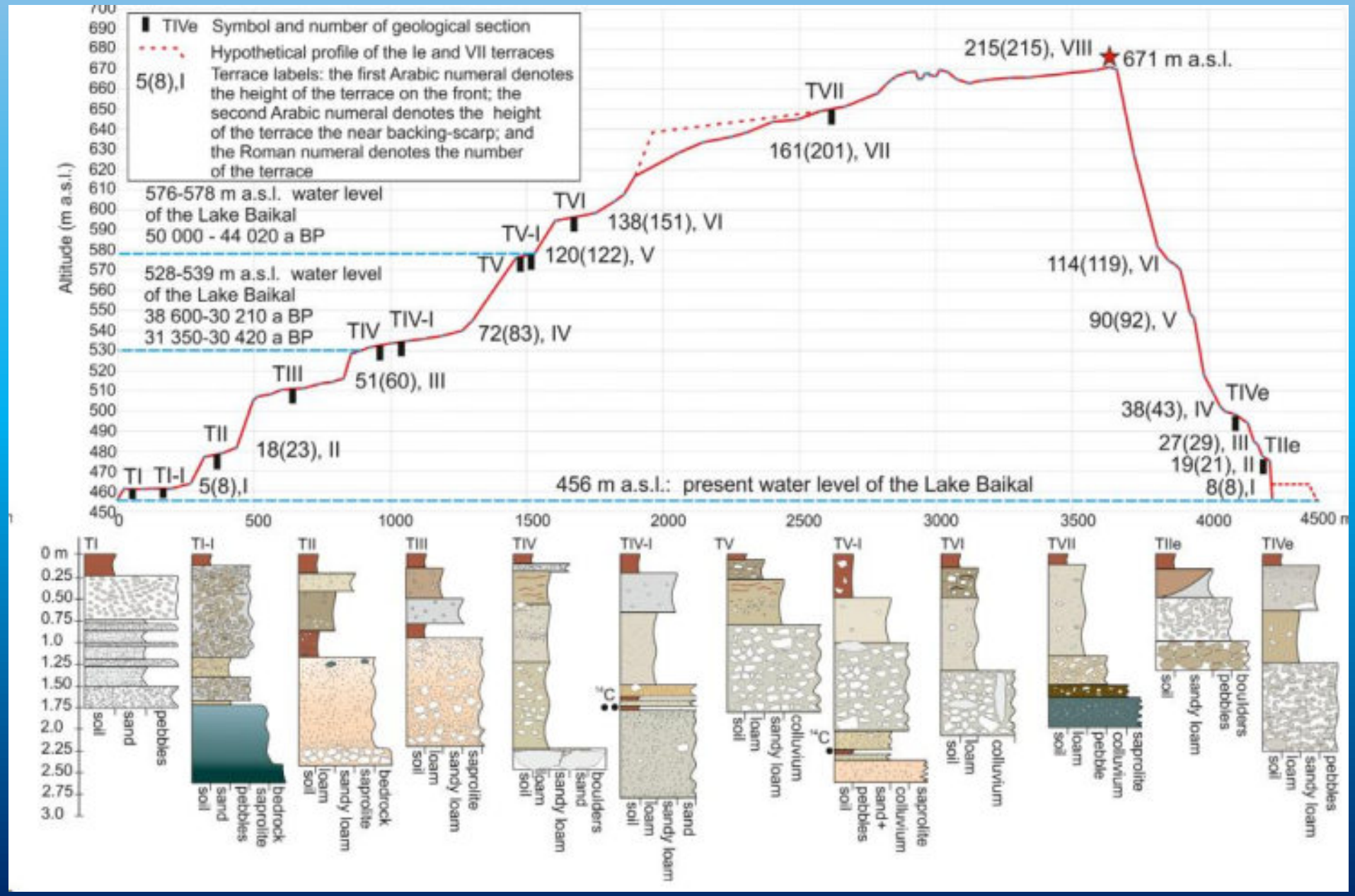
Северный Байкал
15. Террасы Байкала: о. Бол. Ушканий

15.1.



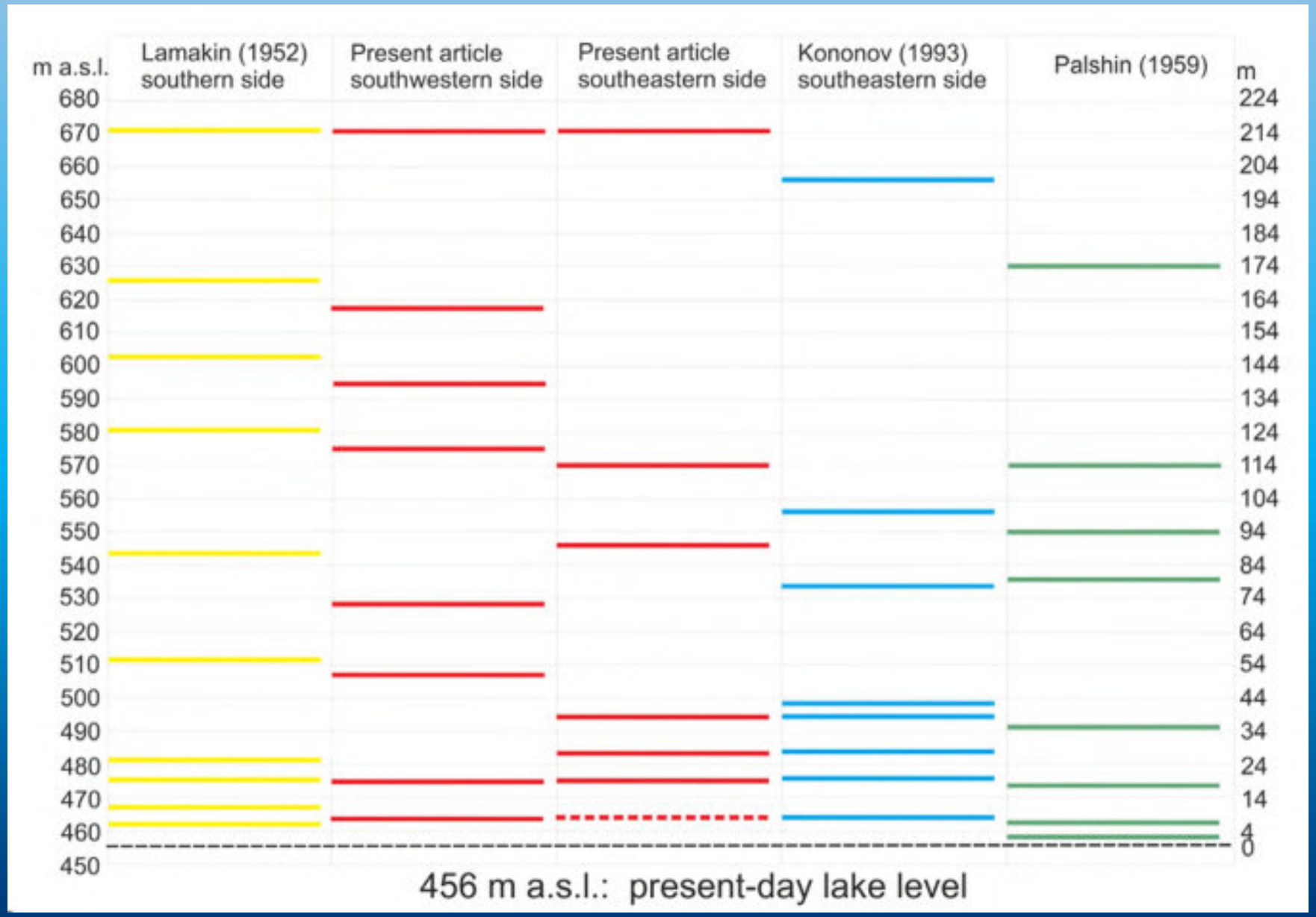
[Arzhannikov et al., 2020]

15. Террасы Байкала: о. Бол. Ушканий [Arzhannikov et al., 2020]



15. Террасы Байкала: о. Бол. Ушканий по данным разных авторов [Arzhannikov et al., 2020]

15.1.



Как мы это все изучаем в картинках

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

15 районов
39 остановок

Некоторая рекомендуемая литература и ресурсы

1. Геология Ольхонского композитного террейна: путеводитель экскурсии / Сост: А.С. Мехоношин, Т. Б. Колотилина, Т.В. Донская, Д.П. Гладкочуб, Е.В. Скляров. - Иркутск: ИГХ СО РАН, 2021, 22 с.
2. Байкал. Геология. Человек / сост. : М. И. Грудинин, И. С. Чувашова. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2011. – 239 с.
3. The anatomy of the Olkhon terrane: Cross section from the southern margin of the Siberian craton into the northern Central Asian Orogenic Belt (Guidebook for field excursion) / *Edited by* Dmitry P. Gladkochub and Tatiana V. Donskaya. – Irkutsk: The Institute of the Earth's Crust of SB RAS, 2017. – 58 p.
4. Гладкочуб Д.П., Федоровский В.С. Геобайкал'2016. 4-я международная конференция от Восточной Сибири до Тихого океана – геология, разведка, разработка. – 2016.
5. Кононов Е.Е. Террасы озера Байкал и проблемы их изучения // Вестник ИрГТУ. – 2010. – V. 45. – № 5. – 42–47.
6. Логачев Н.А. История и геодинамика Байкальского рифта // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44. – № 5. – С. 391-406.
7. Лунина О.В., Гладков А.А. Феномен разрывообразования в дельтовых отложениях мыса Рытый на северо-западном побережье оз. Байкал // Геология и геофизика. – 2022. – Т. 62. – № 2. – Р. 149–162.
8. Лунина О.В., Гладков А.А., Денисенко И.А. Признаки крипа в зоне влияния Зундукского разлома на северо-западном побережье озера Байкал // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2021. – Т. 35.– С. 57–70.
9. Лунина О.В. Разломы и сейсмически индуцированные геологические процессы на юге Восточной Сибири и сопредельных территориях. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2016. – 226 с. + 1 электр.-опт. диск (CD-ROM).
10. Лунина О.В., Гладков А.А. Восточно-Сибирский геопортал «ActiveTectonics». Available at: http://activetectonics.ru/ActTecServ.html (date of access: 20.03.2022).
11. Лунина О.В., Гладков А.С., Неведрова Н.Н. Рифтовые впадины Прибайкалья: тектоническое строение и история развития. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. – 316 с.
12. Мац В.Д., Уфимцев Г.Ф., Мандельбаум М.М., Алакшин А.М., Поспеев А.В., Шимараев М.Н., Хлыстов О.М. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины: строение и геологическая история. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео». – 2001.– 252 с.
13. Скляров Е.В., Мотова З.Л. Геология, магматизм и метаморфизм Западного Прибайкалья: Путеводитель полевого геологического семинара в Приольхонье. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2019. 28 с.
14. Arzhannikov S., Arzhannikova A., Ivanov A., Demonterova E., Yakhnenko A., Gorovoy V., Jansen J. Lake Baikal highstand during MIS 3 recorded by palaeo-shorelines on Bolshoi Ushkanii Island // Boreas. – 2021. – V. 50. – P. 101–113.
15. Arzhannikov, S. G., Ivanov, A. V., Arzhannikova, A. V., Demonterova, E. I., Jansen, J. D., Preusser, F., Kamenetsky, V. S. & Kamenetsky,M. B. 2018. Catastrophic events in the Quaternary outflow history of Lake Baikal // Earth-Science Reviews. – 2018. – V. 177.– P. 76–113.
16. Mats V.D., Yefimova I.M. Paleogeographic scenario of the Late Cretaceous – Cenozoic for the central part of the Baikal region // Geodynamics & Tectonophysics. 2011. V. 2. № 2. P. 175–193.

Благодарю за внимание!

Материалы лекции подготовлены Оксаной Викторовной Луниной, доктором геол.-мин. наук, главным научным сотр. ИЗК СО РАН