



**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ФГБУН ИЗК СО РАН

Член-корр., д.г.-м.н.

Д.П. Гладкочуб

« 1 » июня 2021 г.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Федерального государственного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН)**

Диссертационная работа «**Морфоструктурная эволюция Прибайкалья и Забайкалья в позднем мезозое - кайнозое**» выполнена в лаборатории современной геодинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН).

В период подготовки диссертации соискатель Аржанникова Анастасия Валентиновна работала в Федеральном государственном учреждении науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН) в должности научного сотрудника (с 2000 по 2003 гг.), старшего научного сотрудника (с 2003 г. по настоящее время) лаборатории современной геодинамики ИЗК СО РАН.

В 1993 г. окончила геологический факультет Иркутского госуниверситета с присуждением квалификации «инженер-геолог» по специальности «геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых». В 2000 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему «Неотектоническая зональность главных активных разломов Юго-Западного Прибайкалья» в диссертационном совете Объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН.

Материалы диссертации представлены соискателем на Секции геофизики и современной геодинамики Ученого совета ИЗК СО РАН.

### **ПРИСУТСТВОВАЛИ:**

- члены Секции геофизики и современной геодинамики: *доктора геол.-мин. наук:* В.И. Джурик, О.В. Лунина, В.В. Мордвинова, А.В. Поспеев, К.Ж. Семинский; *кандидаты геол.-мин. наук:* С.Г. Аржанников, С.А. Борняков, Е.В. Брыжак, А.В. Лухнев, А.И. Мирошниченко, В.А. Саньков,

А.В. Черемных, В.В. Чечельницкий; *кандидаты физ.-мат. наук*: Е.А. Кобелева, А.И. Филиппова (Середкина).

- **приглашенные сотрудники ИЗК СО РАН**: *доктор геол.-мин. наук*: Р.М. Семенов, Т.Г. Рященко, А.В. Иванов; *кандидаты геол.-мин. наук*: Н.А. Радзиминович, Я.Б. Радзиминович, С.В. Ашурков, В.В. Акулова, Е.И. Демонтерова, Т.М. Сковитина, Е.А. Михеева; *вед. инженер* А.С. Черемных.

**Заслушали:** доклад А.В. Аржанниковой «МОРФОСТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПРИБАЙКАЛЬЯ И ЗАБАЙКАЛЬЯ В ПОЗДНЕМ МЕЗОЗОЕ - КАЙНОЗОЕ» по теме диссертации.

**Вопросы задавали** (всего – 31 вопрос): д.г.-м.н. О.В. Лунина, д.г.-м.н. Р.М. Семенов, к.г.-м.н. А.В. Лухнев, к.г.-м.н. В.В. Чечельницкий, к.г.-м.н. А.В. Черемных, к.г.-м.н. В.А. Саньков, к.г.-м.н. Т.М. Сковитина, д.г.-м.н. К.Ж. Семинский.

**Были заслушаны следующие сопровождающие документы:**

- выписка из протокола №2 семинара лаборатории современной геодинамики Института земной коры СО РАН от 26.05.2021 г.

**Выступления специалистов, ознакомившихся с работой до заседания:**

- д.г.-м.н. Р.М. Семенов (ИЗК СО РАН);

- к.г.-м.н. В.А. Саньков (ИЗК СО РАН).

**В обсуждении приняли участие:** к.г.-м.н. Е.И. Демонтерова, д.г.-м.н. О.В. Лунина, к.г.-м.н. В.В. Чечельницкий, д.г.-м.н. К.Ж. Семинский.

Замечания, высказанные при обсуждении, не носят принципиального характера. Они касаются формы представления результатов и не требуют существенной переработки представляемой диссертационной работы.

### **Актуальность темы исследования**

История развития Прибайкалья и Забайкалья в позднем мезозое – кайнозое изучалась на протяжении многих лет специалистами различных направлений. При этом результаты, полученные отдельно при структурно-геоморфологических, седиментологических или геохронологических исследованиях, часто входят в противоречие друг с другом, что оставляет не выясненными важные вопросы пространственно-временной закономерности развития рельефа региона. До последнего времени изучение истории развития рельефа базировалось на относительных определениях его возраста по данным геолого-геоморфологических исследований. С развитием методов абсолютной геохронологии появилась возможность точного датирования различных форм рельефа земной поверхности, а также оценки скоростей тектонических смещений и эрозионных процессов. Использование методов

абсолютной геохронологии для определения времени формирования различных морфоструктур в комплексе с традиционными геоморфологическими, седиментологическими и палеосейсмологическими исследованиями является новым современным подходом к изучению эволюции рельефа. Комплексный подход особенно хорошо применим к изучению многофазного рельефа, как раз такого, как в районе Монголо-Охотского шва и южной границы Сибирской платформы. Актуальность исследований определяется необходимостью восполнения пробелов и устранения противоречий в пространственно-временной модели формирования рельефа Прибайкалья и Забайкалья, а количественная оценка возраста морфоструктурных элементов, скоростей тектонических смещений и эрозионных процессов позволяет соответствовать данным исследованиям современному мировому уровню. В прикладном аспекте, наиболее актуальным вопросом является оценка скоростей смещения и сейсмического потенциала главных сейсмогенерирующих разломов Прибайкалья и Забайкалья. Оценка скоростей смещения по разломам является необходимым звеном при прогнозе сейсмического риска, что особенно актуально в таком сейсмоопасном регионе, как Байкальский.

**Целью исследований** является выделение основных этапов и особенностей морфоструктурной эволюции Прибайкалья и Забайкалья от закрытия Монголо-Охотского океана до Байкальского рифтогенеза.

#### **Основные задачи исследований**

1. Определение времени и характера закрытия Монголо-Охотского океана в районе Забайкалья на основании геохронологического изучения морских и континентальных отложений мезозойских впадин.

2. Выделение основных этапов морфоструктурной эволюции, связанных с закрытием Монголо-Охотского океана, последующим формированием коллизионного орогена и его деструкции.

3. Определение возраста, характера и скорости позднемезозойско-раннекайнозойской денудации в районе южной границы Сибирской платформы, отражающей постколлизионный этап выравнивания рельефа.

4. Определение особенностей позднекайнозойской морфоструктурной эволюции Восточного Саяна и юго-западного фланга Байкальского рифта, связанных с распространением к северу деформаций сжатия от Индо-Азиатской коллизии.

5. Определение позднеплейстоцен-голоценовых скоростей смещения по морфоконтролирующим разломам Байкальского рифта и Забайкалья и оценка их сейсмического потенциала.

## Фактический материал и личный вклад автора

В основе работы лежит фактический материал, собранный автором в экспедиционных исследованиях в Прибайкалье и Забайкалье в 2000-2020 гг. Большинство работ проходило в рамках проектов российских и международных конкурсов РФФИ под руководством автора (05-05-66812-НЦНИЛ «Хронология третичных деформаций сжатия в Саянском горном массиве и их взаимодействие с растяжением в Байкальской рифтовой системе», 06-05-64111 «Гидрографическая перестройка в условиях позднекайнозойской тектонической активизации юга Сибирской платформы», 09-05-91052-НЦНИ «История мезозойского рельефа в районе Монголо-Охотского пояса (Сибирь): формирование, размер и деструкция», 13-05-91052-НЦНИ «Тектоническое развитие и эволюция рельефа Забайкалья от мезозоя до наших дней», 13-05-00247 «Эволюция рельефа в южном обрамлении Сибирской платформы в позднем мезозое – кайнозое», 17-05-00191 «Комплексное геоморфологическое, геохронологическое, геохимическое и палеоботаническое изучение мезо-кайнозойской морфотектонической эволюции Забайкалья», 17-55-150002-НЦНИ «Морфотектоническое и геохронологическое изучение террасовых комплексов рек в зонах активных разломов Байкальского рифта: новые данные на базе космогенно-нуклидного и OSL датирования»). Постановка задач, определение объектов и методов исследований, а также интерпретация полученных результатов в рамках вышеперечисленных проектов осуществлялись непосредственно автором. Результаты работ базируются на полевых морфотектонических, седиментологических, палеосейсмологических, а также геохронологических исследованиях. Образцы для U-Pb датирования детритовых цирконов отбирались в поле и анализировались при непосредственном участии автора в Аналитическом центре минералого-геохимических и изотопных исследований ГИН СО РАН (Улан-Удэ, Россия). Образцы для  $^{10}\text{Be}$  датирования отбирались и анализировались также при непосредственном участии автора в Национальной Лаборатории Космогенных Нуклидов (The National Laboratory for Cosmogenic Nuclides) Европейского центра CEREGE (Франция). Образцы для трекового датирования апатита и радиоуглеродного датирования отбирались при участии автора и отправлялись для исследований в лаборатории университетов г. Ренн (Франция) и г. Познан (Poznan Radiocarbon Laboratory) (Польша). Ar-Ar датирование вулканитов проводилось в ЦКП «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН (Иркутск). Всего было проанализировано 133 образца, из них 13 - U-Pb LA-ICP-MS методом датирования цирконов, 2 – Ar-Ar датированием вулканитов,

6 – трековым датированием апатитов, 70 –методом космогенно-нуклидного  $^{10}\text{Be}$  датирования и 42 – радиоуглеродным AMS методом датирования.

### **Научная новизна**

В данной работе получены новые данные о возрасте морских и континентальных позднемезозойских отложений Забайкалья, впервые дана количественная оценка времени начала коллизионных процессов, связанных с закрытием Монголо-Охотского океана в районе Забайкалья, а также геохронологические характеристики последующих рельефообразующих процессов, вплоть до голоцена. Результаты датирования показали, что закрытие Монголо-Охотского океана имело клавишный характер, при котором северная часть Керулено-Аргунского террейна была последним блоком, присоединившимся к Сибирскому континенту. Выделены этапы позднемезозойской морфоструктурной эволюции Забайкалья, связанные с закрытием Монголо-Охотского океана, последующим формированием коллизионного орогена и его деструкции. Впервые дана количественная оценка скорости денудации и возраста пенеплена на южной границе Сибирской платформы. Показан механизм формирования хребтов Восточного Саяна на позднекайнозойском этапе развития. Впервые оценена геологическая скорость смещения по главным морфоконтролирующим разломам Байкальского рифта и Забайкалья.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

В основе работы лежит фактический материал, собранный автором в экспедиционных исследованиях в Прибайкалье и Забайкалье в 2000-2020 гг. По теме диссертации опубликовано более 40 научных работ, из них 21 статья в рецензируемых российских и зарубежных журналах из перечня ВАК, индексируемых в Web of Science.

Результаты исследований докладывались на всероссийских и международных конференциях, таких как: XXVII Генеральная Ассамблея Европейского Геофизического Общества (EGU) (г. Ницца, Франция, 2002), V Российско-Монгольская конференция по астрономии и геофизике (г. Иркутск, 2005), Международная конференция, посвященная 50-летию юбилею Научного центра астрономии и геофизики Монгольской Академии наук и 50-летней годовщине Гоби-Алтайского землетрясения (г. Улан-Батор, Монголия, 2007), Всероссийское научное совещание «Проблемы современной сейсмогеологии и геодинамики Центральной и Восточной Азии» (г. Иркутск, 2007), Всероссийское совещание «Разломообразование и сейсмичность в литосфере: тектонофизические концепции и следствия» (г. Иркутск, 2009), Всероссийский симпозиум с международным участием, посвященный памяти Н.А. Логачева «Кайнозойский континентальный

рифтогенез» (г. Иркутск, 2010), 32-я Генеральная Ассамблея Европейской Сейсмологической комиссии (г. Монтпелье, Франция, 2010), Генеральная Ассамблея Европейского Геофизического Общества (EGU) (г. Вена, Австрия, 2012), Всероссийское научное совещание «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)» (Иркутск, 2013, 2018, 2020); IX Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода (г. Иркутск, 2015), IV Всероссийский симпозиум с участием иностранных ученых, посвященный 90-летию со дня рождения академика Н.А. Логачева «Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы» (г. Иркутск, 2019), Всероссийское совещание, посвященное памяти профессора С. И. Шермана «Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: тектонофизический анализ» (г. Иркутск, 2021).

### **Практическая значимость**

Новые данные о возрасте осадочных отложений и прорывающих их вулканитов могут быть использованы при геологическом картировании и стратиграфических исследованиях. Оценка скоростей смещения и сейсмического потенциала главных сейсмогенерирующих разломов Байкальского рифта и Забайкалья с определением возможных магнитуд и периодов повторяемости разрывообразующих землетрясений является необходимым звеном при оценке сейсмической опасности территории.

### **Основные публикации по теме диссертации:**

*Статьи в журналах, включенных в «Перечень...» ВАК Минобрнауки России*

1. **Аржанникова А.В., Аржанников С.Г.** Сеймотектонические деформации в западной части Тункинских Гольцов и современная экзогеодинамика // Геология и геофизика. 1999. - Т.40. № 2. С. 231-234.

2. **Аржанникова А.В., Аржанников С.Г., Жоливе М., Вассалло Р., Шове А.** Плиоцен-четвертичные деформации юго-восточной части Восточного Саяна // Геотектоника, 2011. - № 2. С. 49-65.

3. **Аржанникова А.В., Жоливе М., Аржанников С.Г., Вассалло Р., Шове А.** Возраст формирования и деструкции мезо-кайнозойской поверхности выравнивания в Восточном Саяне // Геология и геофизика. 2013. т. 54. №7. С. 894-905.

4. **Аржанникова А.В., Ларрок К., Аржанников С.Г.** К вопросу о голоценовом режиме деформаций в районе западного окончания системы Тункинских впадин (юго-западный фланг Байкальской рифтовой зоны) // Геология и геофизика. 2003а. Т. 44. № 4. С. 373-379.

5. **Аржанникова А.В., Мельникова В.И., Радзиминович Н.А.** Позднечетвертичный и современный режимы деформирования западной

части Тункинской системы впадин по структурно-геоморфологическим и сейсмологическим данным // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 4. С. 391-400.

6. **Аржанникова А.В.**, Парфеевец А.В., Саньков В.А., Мирошниченко А.И. Позднекайнозойская кинематика активных разломов Хубсугульской впадины (юго-западный фланг Байкальской рифтовой системы) // Геология и геофизика. 2003b. Т. 44. № 11. С. 1202-1207.

7. **Аржанникова А.В.**, Фролов А.О., Аржанников С.Г., Демонтерова Е.И., Иванов А.В., Жоливе М., Рубцова М.Н., Дорожко А.Л. О корреляции юрских отложений Иркутского бассейна и юго-западного Забайкалья по данным палеоботанических и геохронологических исследований // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 6. С. 773-791.

8. **Arzhannikova, A.**, Ritz, J-F., Larroque, C., Antoine, P., Arzhannikov, S., Chebotarev, A., Stéphan, J-F., Massault, M., Michelot, J.-L. Cryoturbation versus tectonic deformation along the southern edge of the Tunka Basin (Baikal Rift System), Siberia: New insights from morphotectonic and stratigraphic analyses // Journal of Asian Earth Sciences. 2020. V. 204. 104569.

9. **Arzhannikova, A.**, Arzhannikov, S. Morphotectonic and paleoseismological studies of Late Holocene deformation along the Primorsky Fault, Baikal Rift // Geomorphology. 2019. V. 342. № 1. P. 140-149.

10. **Arzhannikova, A.**, Arzhannikov, S., Braucher, R., Jolivet, M., Aumaître, G., Bourlès, D., Keddadouche, K. Morphotectonic analysis and <sup>10</sup>Be dating of the Kyngarga river terraces (southwestern flank of the Baikal rift system, South Siberia) // Geomorphology. 2018. V.303. P. 94-105.

11. **Arzhannikova, A.**, Braucher, R., Arzhannikov, S., Aumaître, G., Bourlès, D.L., Keddadouche, K. The Late Quaternary slip-rate of the Kichera Fault (North Baikal Rift) from morphotectonic, paleoseismological and cosmogenic <sup>10</sup>Be analyses // Tectonophysics. 2021. V.812. 228915.

12. **Arzhannikova, A.V.**, Arzhannikov, S.G., Semenov, R.M. & Chipizubov, A.V. Morphotectonics and Late Pleistocene - Holocene deformations in the Tunka system of basins (Baikal rift, Siberia) // Zeitschrift fur Geomorphologie. 2005. Band 49. №4. P. 485-494.

13. **Arzhannikova, A.V.**, Demonterova, E.I., Jolivet, M., Arzhannikov, S.G., Mikheeva, E.A., Ivanov, A.V., Khubanov, V.B., Pavlova, L.A. Late Mesozoic topographic evolution of western Transbaikalia: Evidence for rapid geodynamic changes from the Mongol-Okhotsk collision to widespread rifting // Geoscience Frontiers. 2020. №11. P. 1695-1709.

14. **Arzhannikova, A.V.**, Demonterova, E.I., Jolivet, M., Mikheeva, E.A., Ivanov, A.V., Arzhannikov, S.G., Khubanov, V.B., Kamenetsky, V.S. Segmental

closure of the Mongol-Okhotsk Ocean: insight from detrital geochronology in the East Transbaikalia Basin // *Geoscience Frontiers*. 2021 (in press)

15. **Arzhannikova, A.**, Arzhannikov, S., Jolivet, M., Vassallo, R., Chauvet, A. Pliocene to Quaternary deformation in South East Sayan (Siberia): initiation of the Tertiary compressive phase in the southern termination of the Baikal Rift System // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2011. V. 40. P. 581–594.

16. Jolivet, M., Arzhannikov, S., Chauvet, A., **Arzhannikova, A.**, Vassallo, R., Kulagina, N., Akulova, V. Accomodating large-scale intracontinental extension and compression in a single stress-field: A key example from the Baikal Rift System // *Gondwana Research*. 2013b. V. 24. Issues 3-4. P. 918-935.

17. Jolivet, M., Arzhannikov, S., **Arzhannikova, A.**, Chauvet, A., Vassallo, R., Braucher, R. Geomorphic Mesozoic and Cenozoic evolution in the Oka-Jombolok region (East Sayan ranges, Siberia) // *J. Asian Earth Sci.* 2013a. P. 117-133.

18. Jolivet, M., **Arzhannikova, A.**, Frolov, A., Arzhannikov, S., Kulagina, N., Akulova, V., Vassallo, R. Late Jurassic – Early Cretaceous paleoenvironment evolution of the Transbaikal basins (SE Siberia): implications for the Mongol-Okhotsk orogeny // *Bulletin de la Societe Geologique de France*. 2017. V. 188. № 1-2 (9).

19. Larroque, C., Ritz J.F., Stéphan, J.F., Sankov, V., **Arzhannikova, A.**, Calais, E., Deverchere, J. et Loncke, L. Interaction compression-extension a la limite Mongolie-Siberie: analyse preliminaire des deformations recentes et actuelles dans le bassin de Tunka // *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planetes* // *Earth and Planetary sciences*. 2001. № 332. P. 177-184.

20. Ritz, J.-F., **Arzhannikova, A.**, Vassallo, R., Arzhannikov, S., Larroque, C., Michelot, J.-L., & Massault, M. Characterizing the present-day activity of the Tunka and Sayan faults within their relay zone (western Baikal rift system, Russia) // *Tectonics*. 2018. V. 37. P. 1376-1392

21. Jolivet, M., Ritz, J.-F., Vassallo, R., Larroque, C., Braucher, R., Todbileg, M., Chauvet, A., Sue, C., Arnaud, N., De Vicente, R., **Arzhannikova, A.**, Arzhannikov, S. Mongolian summits: An uplifted, flat, old but still preserved erosion surface // *Geology*. 2007. V. 35. № 10. P. 871–874.

Все вышеизложенное позволяет утверждать, что диссертационная работа А.В. Аржанниковой соответствует паспорту специальности:

Диссертационная работа представляется по специальности: 25.00.03 «Геотектоника и геодинамика». Согласно паспорту научной специальности 25.00.03 работа соответствует пунктам № 3, 4, 5, 9.



Пункт №3: Изучение вертикальных и горизонтальных тектонических движений: как современных (инструментальными методами), так и древних (геологическими и палеомагнитными методами).

Пункт №4: Сейсмотектоника – изучение тектонических закономерностей проявления землетрясений в пространстве и во времени, составление карт сейсмического районирования.

Пункт №5: Неотектоника, изучающая тектонические явления новейшего этапа развития литосферы и использующая для этого свои специфические методы исследования.

Пункт №9: Региональная геотектоника, основанная на выделении и изучении тектонических объектов того или иного региона, страны, континента, океанического или морского бассейна.

При экспертизе текста диссертации, публикаций, а также результатов проверки текста системой «Антиплагиат» установлено, что оригинальных блоков в диссертации – 93,28%, заимствованных источников в диссертации – 6,72% (при этом все они приходятся на статьи, опубликованные соискателем в соавторстве);

- соискателем сделаны ссылки на все источники заимствования материалов, фактов некорректного цитирования или заимствования без ссылки на соавторов в тексте диссертации и автореферате не обнаружено;
- сведения, представленные соискателем, об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны;
- в тексте диссертации соискателем отмечено, какие результаты получены им лично, а какие – в соавторстве.

Тема диссертации утверждена на заседании ученого совета ИЗК СО РАН 21 мая 2021 г., протокол № 6.

Работа АРЖАННИКОВОЙ Анастасии Валентиновны «МОРФОСТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПРИБАЙКАЛЬЯ И ЗАБАЙКАЛЬЯ В ПОЗДНЕМ МЕЗОЗОЕ - КАЙНОЗОЕ» является законченным исследованием, имеет научную и прикладную значимость и рекомендуется после устранения замечаний, касающихся формы представления результатов, к представлению в диссертационный совет при ИЗК СО РАН для защиты на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.

Заключение принято на заседании Секции геофизики и современной геодинамики Ученого совета ИЗК СО РАН.

Присутствовало на заседании 26 человека, из них 15 членов Секции геофизики и современной геодинамики Ученого совета ИЗК СО РАН, председатель – д.г.-м.н. Семинский К.Ж., секретарь – к.г.-м.н. Брыжак Е.В.

Результаты открытого голосования Секции геофизики и современной геодинамики Ученого совета ИЗК СО РАН по вопросу о принятии заключения по диссертации А.В. Аржанниковой: за – 15, против – нет, воздержалось – нет.

Протокол №7 от 1 июня 2021 г.

Председатель Секции геофизики и современной геодинамики  
Ученого совета ИЗК СО РАН,  
д.г.-м.н.

 К.Ж. Семинский

Ученый секретарь Секции геофизики и современной геодинамики  
Ученого совета ИЗК СО РАН,  
к.г.-м.н.

 Е.В. Брыжак