

РАЗВЕРНУТЫЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

Заявленный план работы на весь срок выполнения проекта, методы и подходы

В работах 2020–2021 гг. будут использованы те же методы и подходы, что применялись в 2017–2019 гг. Планируемые исследования и ожидаемые результаты распределяются по годам следующим образом.

2020 год

I. Завершение редподготовки и публикация в рецензируемых журналах следующих статей:

1. Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Фролов П.Д. Позднекайнозойская складчатая структура Керченско-Таманской области // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2020.

2. Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Измайлов Я.А., Фролов П.Д., Титов В.В., Тесаков А.С., Трифонов В.Г., Латышев А.В., Орлов Н.А. Новые данные о позднечетвертичном складкообразовании и деформации рельефа на севере Таманского п-ова, Краснодарский край // Геоморфология. 2020.

3. Трихунков Я.И., Буланов С.А., Бачманов Д.М., Сыромятникова Е.В., Латышев А.В., Кравченко М.М. Морфоструктура южной части Зайсанской впадины и её горного обрамления // Геоморфология. 2020.

4. Шалаева Е.А., Соколов С.А., Хисамутдинова А.И. Лениканский игнимбрит как продукт извержения вулкана Арагац, Армения // Вулканология и сейсмология. 2020.

5. Trifonov V.G., Simakova A.N., Çelik H., Tesakov A.S., Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trikhunkov Ya.I., Zelenin E.A., Aleksandrova G.N., Bachmanov D.M., Latyshev A.V., Ozherelyev D.V., Sokolov S.A., Belyaeva E.V. The Upper Pliocene – Quaternary geological history of the Shirak Basin (NE Turkey and NW Armenia) and estimation of the Quaternary uplift of Lesser Caucasus // Quaternary International. 2020.

II. Проведение дополнительных полевых работ в ранее изучавшихся районах (II.1) и уточняющих исследований для решения ранее сформулированных задач (II.2); подготовка и представление в рецензируемые журналы новых статей как развитие и завершение исследований, начатых по проекту РНФ в 2017–2019 гг. (II.3).

II.1. Научные командировки В.Г. Трифоновой, С.Т. Гариповой, А.Н. Симаковой, С.А. Соколова, П.Д. Фролова и Е.А. Шалаевой в Восточную Турцию на 15 дней для проведения полевых работ по изучению стратиграфии и строения верхнемиоцен-четвертичных межгорных впадин и вулканических образований; обработка полевых материалов.

II.2. Усовершенствование Базы данных об активных разломах (уточнение параметров активных разломов, усовершенствование формы их записи и способов сопоставления с другими видами информации) и системы поиска сведений об активных разломах и неотектонике на сайте Геологического института РАН.

II.3. Подготовка и представление в рецензируемые журналы следующих статей как развитие и завершение исследований, начатых по проекту РНФ в 2017–2019 гг.

1. Кожурин А.И. Активная тектоника северо-западного обрамления Тихого океана и ее соотношения с внутриконтинентальными активными разломами Станового нагорья и Момского-Черского хребтов // Геотектоника.

2. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Соколов С.А., Хессами Х. Мезозойско-кайнозойская структура Черноморско-Крымско-Кавказско-Каспийского региона и её соотношения со строением верхней мантии // Геотектоника.

3. Трихунков Я.И., Сыромятникова Е.В., Тесаков А.С., Буланов С.А., Латышев А.В., Кравченко М.М. Стратиграфия и история развития Зайсанской впадины // Стратиграфия. Геологическая корреляция.

4. Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trifonov V.G., Avagyan A.V., Trikhunkov Ya.I., Sahakyan L., Simakova A.N., Sokolov S.A., Titov V.V., Lebedev A.V., Latyshev A.V., Tesakov A.S., Çelik H., Hisamutdinova A.I., Orlov A. Pleistocene-Quaternary deposits of the SW Sevan Lake coast and its correlation to the Late Cenozoic Basin deposits in NW Armenia and adjacent Turkey // Quaternary International.

5. Trikhunkov Ya., Kangarli T., Frolov P., Bachmanov D., Shalaeva E., Simakova A., Latyshev A., Aliev F. Estimation of the Eastern Caucasus Quaternary uplift based on the study of the Akchagylian marine deposits // Quaternary International.

II.4. Обобщение данных по основным направлениям исследований проекта 2017–2019 гг.

1. Обобщение данных о неотектонике Керченско-Таманской складчатой области – исполнитель О.В. Гайдалёнок.

2. Обобщение данных о геологии Ширакской новейшей впадины и ее окружения – исполнитель Е.А. Шалаева.

III. Исследования, проведение которых вытекает из цели проекта РНФ 2017–2019 гг., но представляет собой новые направления исследований.

III.1. Неотектонические исследования в Центральной Азии.

Все результаты, полученные в ходе исследований по данному проекту в 2017–2019 гг. (определение особенностей новейшей структуры, оценка величин и скоростей быстрого плиоцен-четвертичного поднятия) относятся к Аравийско-Кавказскому сегменту Альпийско-Гималайского пояса. На материалах по этому сегменту построена, в значительной мере, модель, согласно которой тектоника земной коры отражает на поверхности твердой Земли геодинамические процессы в ее мантии и ядре. В 2020–2021 гг. предлагается распространить исследования, проведенные в Аравийско-Кавказском сегменте Альпийско-Гималайского орогенического пояса на Центральную Азию; сравнить результаты, полученные в этих двух секторах Азии.

Под Центрально-Азиатским сектором Азии понимается центральная часть Альпийско-Гималайского орогенического пояса (Памир, Каракорум, Гималаи, Тибет и Куньлунь) и его северное окружение (территории, включающие Тарим, Центральный и Восточный Тянь-Шань, Гобийский и Монгольский Алтай до Российского Алтая и Саян на севере). Этот обширный регион отличается от более западного и восточного секторов Азии относительным плиоцен-четвертичным поднятием не только горных систем, но и разделяющих их равнин и впадин. В его пределах и на его границах возрастает количество активных разломов и интенсивность движений по ним. На северной границе сектора появляется и продолжается на восток до Притихоокенского пояса Алтайско-Становой подвижной пояс. Южная часть Центрально-Азиатского сектора (до Тянь-Шаня включительно) изучалась нами ранее. Поэтому основное внимание предполагается уделить в 2020–2021 гг. северной части сектора. Его северо-западная граница примерно совпадает с простирающимся на СВ левым кулисным рядом кайнозойских впадин близширотного простирания. Это с юго-запада на северо-восток впадины Ферганская, Нарынская, Иссык-Кульская, Илийская, Алакульская, Зайсанская и Чуйско-Курайская. Между впадинами расположены горные хребты Тянь-Шаня и Горного Алтая, высота которых возрастает к востоку от границы сектора, и более низкие хребты между ними (Джунгарский Алатау, Тарбагатай и Саур). Восточная граница сектора, называемая иногда зоной 105°, следует от восточных окончаний Ассамских Гималаев и Тибета через Центральную Монголию, где она проходит западнее г. Улан-Батора, по восточным окончаниям Гобийского Алтая и Хангайского нагорья, до южной оконечности Байкальского рифта. Изучение этой границы, вместе с

работой над статьей (1) в разделе П-3, поможет оценить западный предел геодинамического влияния взаимодействия Тихоокеанской и континентальных плит.

Исследования 2020–2021 гг. будут включать в себя: (1) обобщение и анализ ранее полученных данных по плиоцен-четвертичной тектонике и поднятию южной части Центральной Азии от Гималаев до Тянь-Шаня; (2) структурно-геоморфологический анализ – характеристика поднятия северной части Центральной Азии над соседними областями и дифференциации этого поднятия в ее пределах; (3) анализ строения верхней мантии под Центральной Азией в сравнении с соседними регионами и выражения ее границ на верхнемантийном уровне на основе мировых баз сейсмотомографических данных; (4) проведение полевых работ; (5) подготовка публикации по результатам работ на завершающей стадии исследования. Полевые работы 2020 г. сроком 20 дней предполагается сосредоточить в западной и центральной частях Республики Монголия. Их исполнители: С.А. Соколов, О.В. Гайдаленок, С.Т. Гарипова, П.Д. Фролов и Е.А. Шалаева. Предполагается изучить структурное выражение восточной границы Центрально-Азиатского сектора, уточнить данные по активности разломов вблизи этой границы, выявить геолого-геоморфологические характеристики Хангайского свода и отражение новейших движений в осадках впадин.

III.2. Развитие новых направлений работ по Базе данных об активных разломах – выявление и характеристика активных разломов в соседних с Евразией морях и включение этих сведений в Базу данных, а также создание в ней отдельного слоя с особыми атрибутами, который представлял бы генерализованные разломные зоны в рабочем масштабе 1:5000000 и мог быть использован для общего обзора активной тектоники континента. Исполнитель – Д.М. Бачманов.

2021 год

I. Редактирование и публикация перечисленных выше (2020 г., П.3) статей.

II. Продолжение усовершенствования базы данных об активных разломах; подготовка и представление в рецензируемые журналы следующих статей как развитие и завершение исследований, начатых по проекту РНФ в 2017–2019 гг.

1. Кожурин А.И. Сбросы Центральной Камчатки: параметры, геоморфологическое выражение // Геотектоника.

2. Трифонов В.Г., Шалаева Е.А., Фролов П.Д., Симакова А.Н., Соколов С.А., Тесаков А.С., Челик Х., Латышев А.В., Авагян А.В. Строение и происхождение позднекайнозойских впадин Восточной Турции и Армении // Геотектоника или Quaternary International.

3. Трихунков Я.И., Бачманов Д.М. Сравнительный анализ Иссък-Кульской и Нарынской новейших межгорных впадин // Геотектоника.

4. Çelik H., Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trifonov V.G., Tesakov A.S., Simakova A.N., Sokolov S.A., Latyshev A.V. The Pliocene paleo-delta in the Erzurum Basin, NE Turkey // International Journal of Earth Sciences (?)

5. Trifonov V.G., Bachmanov D.M., Kozhurin A.I., Zelenin E.A. The new database of active faults of Eurasia and its application in neotectonics and recent geodynamics // International Journal of Earth Sciences (?)

III.1. Продолжение изучения плиоцен-четвертичной тектоники Центрально-Азиатского сектора Азии; проведение С.А. Соколовым, О.В. Гайдаленок, С.Т. Гариповой, П.Д. Фроловым и Е.А. Шалаевой полевых работ в западной и центральной частях Монголии и, возможно, в Туве; подготовка публикации по результатам исследований в Центрально-Азиатском секторе.

III.2. Завершение работ по выявлению и характеристике активных разломов в соседних с Евразией морях и включению этих сведений в Базу данных, а также созданию в ней отдельного слоя с особыми атрибутами, который представлял бы генерализованные разломные зоны в рабочем масштабе 1:5000000. Исполнитель – Д.М. Бачманов.

Содержание фактически проделанной работы, полученные результаты

I. Подготовлены и опубликованы следующие запланированные статьи:

I.1. Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Измайлов Я.А., Фролов П.Д., Титов В.В., Тесаков А.С., Трифонов В.Г., Латышев А.В., Орлов Н.А. Новые данные о позднечетвертичном складкообразовании и деформации рельефа на севере Таманского п-ова, Краснодарский край // Геоморфология. 2020. № 1. С. 53–67. DOI: 10.31857/S0435428120010046. Scopus.

I.2. Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Гордеев Н.А. Структура Керченско-Таманской складчатой зоны Азово-Кубанского пригиба // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2021. Вып. 50, № 2. С. 64–83. DOI: 10.31431/1816-5524-2021-2-50-64-83. Scopus.

I.3. Simakova A.N., Tesakov A.S., Çelik H., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Sokolov S.A., Trikhunkov Ya.I., Trifonov V.G., Bachmanov D.M., Latyshev A.V., Ranjan P.B., Gaydalenok O.V., Syromyatnikova E.V., Kovaleva G.V., Vasilieva M.A. Caspian-type dinocysts in NE Turkey mark deep inland invasion of the Akchagylian brackish-water basin during the terminal Late Pliocene // Quaternary International. 2021. Vol. 605-606. P. 329–348. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.01.020>. WoS, Scopus. Q1.

I.4. Trifonov V.G., Simakova A.N., Çelik H., Tesakov A.S., Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trikhunkov Ya.I., Zelenin E.A., Aleksandrova G.N., Bachmanov D.M., Latyshev A.V., Ozherelyev D.V., Sokolov S.A., Belyaeva E.V. The Upper Pliocene – Quaternary geological history of the Shirak Basin (NE Turkey and NW Armenia) and estimation of the Quaternary uplift of Lesser Caucasus // Quaternary International. 2020. Vol. 546. P. 229–244. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.11.004>. WoS, Scopus. Q1.

I.5. Trifonov V.G., Sokolov S.Yu., Sokolov S.A., Hessami Kh., 2020. Mesozoic–Cenozoic Structure of the Black Sea–Caucasus–Caspian Region and Its Relationships with the Upper Mantle Structure. *Geotectonics* 54 (3), 331–355. DOI: 10.1134/S0016852120030103 (Перевод статьи: Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Соколов С.А., Хессами Х. Мезозойско-кайнозойская структура Черноморско-Кавказско-Каспийского региона и её соотношение со строением верхней мантии // Геотектоника. 2020. № 3. С. 55–81. DOI: 10.31857/S0016853X20030108). WoS, Scopus.

I.6. Trifonov V.G., Sokolov S.Yu., Bachmanov D.M., Sokolov S.A., Trikhunkov Ya.I. Neotectonics and the Upper Mantle Structure of Central Asia // *Geotectonics*. 2021. Vol.55, No.3. P. 334–360. DOI: 10.1134/S0016852121030080 (Перевод статьи: Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М., Соколов С.А., Трихунков Я.И. Неотектоника и строение верхней мантии Центральной Азии // Геотектоника. 2021, № 3. С. 31–59. DOI: 10.31857/S0016853X21030085). WoS, Scopus.

I.7. Trifonov V.G., Zelenin E.A., Sokolov S.Yu., Bachmanov D.M. Active Tectonics of Central Asia // *Geotectonics*. 2021. Vol. 55, No. 3. P. 361–376. DOI: 10.1134/S0016852121030092 (Перевод статьи: Трифонов В.Г., Зеленин Е.А., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М. Активная тектоника Центральной Азии // Геотектоника. 2021. №3. С.60–77. DOI:10.31857/S0016853X21030097). WoS, Scopus.

I.8. Trikhunkov Ya.I., Kangarli T.N., Bachmanov D.M., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Latyshev A.V., Simakova A.N., Popov S.V., Bylinskaya M.E., Aliev F.A. Evaluation of Plio-Quaternary uplift of the South-Eastern Caucasus based on the study of the Akchagylian marine deposits and continental molasses // *Quaternary International*. 2021. Vol. 605-606. P. 349–363. WoS, Scopus. Q1.

I.9. Трихунков Я.И., Буланов С.А., Бачманов Д.М., Сыромятникова Е.В., Латышев А.В., Кравченко М.М. Морфоструктура южной части Зайсанской впадины и её горного обрамления // *Геоморфология*. 2020. № 2. С. 85–101. DOI: 10.31857/S043542812002008X. Scopus.

I.10. Шалаева Е.А., Соколов С.А., Хисамутдинова А.И. Ленинанканский игнимбрит как продукт извержения вулкана Арагац, Армения // *Вулканология и сейсмология*. 2020. № 2. С. 32–42. DOI: 10.31857/S0203030620020054. WoS, Scopus.

Кроме того, подготовлены и осуществлены четыре публикации в материалах всероссийских совещаний, не учитываемые в системах WoS, Scopus и РИНЦ (см. раздел 5.5).

II. Экспедиционные работы. В ходе выполнения проекта в 2020–2021 гг. были выполнены полевые работы в разных регионах, охватываемых целями проекта. Часть из них была развитием работ, выполнявшихся по проекту в 2017–2019 гг. (Кавказ и Закавказье, включая Восточную Турцию), другие обеспечивали новые направления исследований, возникшие в ходе выполнения проекта и вытекавшие из его общих целей (Центральная Азия – Восточный Казахстан и Тыва). Из-за пандемии КОВИДа не все предполагавшиеся объекты полевых работ и научных командировок удалось посетить. Так, была закрыта территория Монголии, из-за чего полевые работы в Северной Монголии были заменены полевыми работами в соседней Тыве (возможность такой замены была предусмотрена планами работ). По той же причине не состоялась научная командировка П.Д. Фролова в Германию. Выделенные на нее средства были использованы для обеспечения научной командировки С.А. Соколова в Восточный Казахстан. Целью последней было изучение кинематики и режима тектонических движений по Джунгарскому разлому, которых не хватало для решения задач проекта.

В ходе выполненных полевых работ определена новейшая структура исследованных объектов, описаны и опробованы десятки разрезов новейших отложений, собран большой каменный материал, в том числе 900 образцов для магнито-стратиграфического анализа, около 150 спорово-пыльцевых проб, сделаны находки фауны моллюсков, мелких и крупных млекопитающих. Наибольшее стратиграфическое, тектоническое и палеогеографическое значение имели находки акчагыльских диноцист в верхнеплиоценовых разрезах Демиркент и Пекеджик Восточной Турции и находки остатков млекопитающих в белореченской свите северного склона Западного Кавказа. Первая группа находок доказала проникновение акчагыльской трансгрессии Каспийского моря в западную часть Малого Кавказа и позволила оценить интенсивность его последующего поднятия (I.3 – Simakova et al., 2021; I.4 – Trifonov et al., 2020). Вторая группа находок доказала раннеплейстоценовый возраст белореченской свиты, грубообломочный состав которой отражает начало интенсивного поднятия Западного Кавказа.

II.1. Северный склон Западного Кавказа, район р. Белой.

Полевые работы были выполнены Я.И. Трихунковым и студентом МПГУ В.С. Ломовым в августе 2021 г. Бассейн р. Белой дает уникальную возможность исследовать непрерывный разрез отложений от среднего миоцена до среднего плейстоцена. Нижние члены этого разреза, представленные морским сарматом (средний миоцен) и тонкообломочными флювиальными отложениями гавердовской свиты, отнесенной к позднему миоцену – плиоцену, были изучены с участием Я.И. Трихункова ранее (Тесаков и др., 2017). Задачей работ 2021 г. было изучение верхнего члена разреза – белореченской свиты. Исследованы и опробованы шесть разрезов свиты в долинах рек Белая и Пшеха. Выполнено палеомагнитное опробование разрезов и обнаружена фауна млекопитающих. Нижняя часть белореченской свиты, перекрывающая подстилающие отложения с несогласием, сложена озерными алевритами и песчаниками с карбонатным цементом. Поскольку эти отложения идентифицированы в долинах рек Белая и Пшеха, озеро было обширным. Выше залегают конгломераты с песчано-глинистым карбонатным матриксом и линзами тонкообломочного материала. Косая слоистость указывает на аллювиальное происхождение этой части разреза. В низах свиты найдены остатки костей млекопитающих, среди которых выделяются хорошей сохранностью челюсть оленя и полный скелет слепыша. Согласно предварительным определениям В.В. Титова (ЮИЦ РАН) и А.С. Тесакова (ГИН РАН), слои, вмещающие костные остатки, принадлежат апшеронскому региоярису (калабрию). Белореченская свита отличается от нижележащих отложений появлением в ее составе большого количества грубообломочного материала, состоящего, судя по составу гальки, из пород Западного Кавказа. Таким образом, интенсивное поднятие Западного Кавказа, продуктами разрушения которого сложена белореченская свита, началось в калабрии – не ранее 1.8 млн лет назад.

Кроме указанного региона участники проекта выполнили в 2020 г. кратковременные полевые исследования на Таманском п-ве. С.А. Соколов и П.Д. Фролов осуществили работы в районе ст. Ахтанизовская с целью уточнения стратиграфии нижнечетвертичных морских и континентальных отложений, отличающихся уникальным фаунистическим комплексом (26–29.07.2020). Проведен сбор палеонтологического материала и образцов для магнито-стратиграфического опробования. Тогда же Я.И. Трихунков отобрал образцы для магнито-стратиграфического опробования в разрезе горы

Тиздар. Работы О.В. Гайдалёнок (20–25.08.2020) были направлены на обоснование возраста геологического разреза археологической стоянки Пересыпь на севере Таманского п-ва. Отобраны образцы для магнито-стратиграфического опробования. На основе сопоставления с соседними разрезами Синеи Балки (Тесаков и др., 2019), предполагается принадлежность разреза Пересыпь к толще 2 (1.3–0.78 млн лет) или толще 3 (средний–поздний плейстоцен). А.С. Соколов описал разрез и отобрал образцы для магнито-стратиграфического опробования в пещере Таврида (Крым), ставшей известной благодаря недавней находке в ней комплекса фауны крупных млекопитающих (04–06.10.2020). Собранные материалы позволяют уточнить плиоцен-четвертичную историю региона.

II.2. Восточная Турция.

Полевые работы в Турции проводились 10–21.10.2020 и 20–31.08.2021. В работах принимали участие А.С. Симакова, Я.И. Трихунков, П.Д. Фролов и Е.А. Шалаева совместно с А.С. Тесаковым (ГИН РАН) и Х. Челиком (профессор Евфратского Университета, г. Элязыг, Турция), а в 2020 г. также О.В. Гайдаленко, С.А. Соколовым и в 2021 г. В.С. Ломовым (студент МПГУ). Главным объектом исследований был разрез лигнитоносных аллювиальных, озерных и морских отложений Пекеджик, расположенный в верхнем течении р. Аракс на южном борту Хорасанской внутривпадинной впадины и полого (до 11°) наклоненный в северных румбах. Изучение этого 170-метрового разреза было начато в 2019 г. и продолжено в 2020 г. В 55–80 м от основания разреза были найдены солоновато-водные диноцисты акчагыльского облика. Это доказало проникновение вод акчагыльского моря далеко на запад вглубь современного Армянского нагорья. Среди диноцист определены *Caspidinium rugosum* Marret, 2004 type I, *Polysphaeridium* cf. *zoharyi* (R.Rossignol) Davey et Williams, 1966, *Spiniferites* cf. *ramosus*, *Lingulodinium* sp., *Cleistosphaeridium* sp., aff. *Apteodinium* sp., *Puxidinopsis* cf. *reticulata* Jiabo, 1978, *Pontiadinium* sp., *Ataxiodinium* sp., *Achomosphaera* sp., *Algidasphaeridium* cf. *capillatum* Matsuoka et Bujak, 1988. В слое лигнита, расположенном среди слоев с диноцистами, найден бивень южного слона *Archidiskodon meridionalis*. Нижняя часть разреза Пекеджик, включая слои с диноцистами, датируются поздним плиоценом (пьяченцием), поскольку они нормально намагничены и верхний предел встречаемости диноцист *Ataxiodinium* cf. *confusum*, *Pontiadinium* и спор *Planctonites* – поздний плиоцен (Head, 1992; Williams et al., 1998; Lenz, 2000; Simakova et al., 2021).

В ходе полевых работ 2021 г. отобраны еще 23 образца на палинологический анализ. Из них 14 образцов отобраны из средних и верхних частей разреза. Для средней части разреза новыми находками диноцист подтверждено присутствие морских слоев. Показано, что в эпоху отложения слоев с диноцистами и позднее доминировали лесостепные ландшафты – сочетание сосновых лесов и лугово-степных растительных ассоциаций. Промывкой получены костные остатки мелких позвоночных относительно древней ассоциации, в которой преобладает древняя водяная полевка *Miomys praerliosaenicus*. Эта форма позволяет датировать часть разреза, охарактеризованную диноцистами, интервалом на границе позднего плиоцена и раннего плейстоцена. В этой же части разреза обнаружен слой с двустворчатым моллюском рода *Corbicula*, являющегося показателем теплых климатических условий. Эта находка может стать хорошим климатическим и стратиграфическим репером. Палеомагнитные данные о прямой намагниченности вмещающих отложений указывают на позднеплиоценовый возраст фауны и включающих фауну осадков.

В 2021 г. отобраны палеомагнитные образцы из вышележащей озерно-флювиальной части разреза, ранее недостаточно охарактеризованной в магнито-стратиграфическом отношении. В ней обнаружены два костеносных уровня с остатками мелких млекопитающих начала раннего плейстоцена (гелазия). Эта фауна включает более прогрессивный вид древней водяной полевки *Miomys pliosaenicus* и древних степных полевок *Borsodia* sp. Полученные микротериофауны подтверждают присутствие в разрезе Пекеджик границы плиоцена и квартала и, наряду с обнаруженными здесь проявлениями акчагыльской трансгрессии, делает Пекеджик важным опорным разрезом для всего Закавказья.

Сопоставление разреза Пекеджик с разрезом Демиркент на юго-западном борту Ширакской межгорной впадины (Trifonov et al., 2020; Simakova et al., 2021) показало, что в обоих разрезах обнаружены солоновато-водные диноцисты позднего плиоцена, сходные с диноцистами акчагыльского бассейна Каспийского моря и доказывающие проникновение акчагыльских морских вод в указанные, ныне высокогорные районы Армянского нагорья. В обоих разрезах горизонты с

диноцистами относятся к концу плиоцена. Их возраст подтвержден палеомагнитными данными, а в разрезе Пекеджик 1 также фауной мелких и крупных млекопитающих. В обоих разрезах сверху количество диноцист в осадках уменьшается до полного исчезновения при одновременном возрастании количества пресноводных водорослей, указывая на опреснение бассейнов, возможно, обусловленное их изоляцией от основного акчагыльского бассейна. Вместе с тем, отложения разреза Пекеджик, где встречены диноцисты, формировались в более влажных условиях, чем аналогичные отложения низов разреза Демиркент. В спектрах отмечено большее количество пыльцы хвойных, меньшее разнообразие пыльцы широколиственных пород. В травянистой группе спектров разреза Пекеджик доминирует пыльца Asteraceae и Poaceae, а в разрезе Демиркент – Chenopodiaceae. Состав диноцист также различается. В разрезах Пекедик сокращается количество цист *Caspidinium rugosum*, увеличивается количество *Polysphaeridium* sp., *Lingulodinium* sp., *Cleistosphaeridium* sp., появляются цисты *Ruxidinopsis* sp., aff. *Arteodinium* sp. Возможно, такое изменение состава диноцист связано с более глубоководными прибрежно-морскими фациями.

В 2021 г. получены новые малакологические и микротериологические материалы из отложений разреза Текман (впадина Агри, правый берег р. Аракс). Из разрезов Хыныс 1-3 (южное продолжение впадины Агри) отобрано на палинологию 9 образцов. Предварительные палинологические данные не исключают позднемиоценовый возраст нижней части разреза Хыныс 3. Оттуда же отобрана фауна пресноводных моллюсков. Сохранность моллюсков и присутствие рода *Melanopsis* свидетельствуют о дочетвертичном возрасте осадков. Из разрезов Хыныс 1-2 собрана фауна пресноводных моллюсков стагнофильного типа, представителей семейств Planorbidae и Lymnaeidae. Полученные материалы обрабатываются.

II.3. Восточный Казахстан.

Экспедиционные работы в восточном Казахстане на Главном Джунгарском разломе проводились с 15.08.2021 по 05.09.2021 Соколовым С.А., Юшиным К.И., а также Боголюбским В.А. (студент МГУ). Разлом протягивается в северо-западном направлении и отделяет ороген Джунгарского Алатау от расположенной северо-восточнее Алакольской впадины, заполненной мощным чехлом кайнозойских отложений. Вдоль разлома наблюдаются яркие признаки активного правого сбросо-сдвига: слепые долины, смещенные и подпруженные водотоки, конусы выноса и другие формы рельефа, структуры push-up и pull-a-part, в предгорном шлейфе повсеместно виден тектонический уступ высотой в несколько метров, в некоторых участках таких уступов становится несколько. В пределах орогена обнаруживаются деформированные речные долины, своеобразные внутригорные долины, а также зоны милонитизации в ветвях разлома, где выходят на поверхность палеозойские и мезозойские породы. В современной овражной сети, дренирующей предгорный шлейф, наблюдаются сейсмодислокационные структуры: разрывы сплошности слоев со смещением и заполнением пустот тонкодисперсным материалом. В нижнем течении долины р. Тентек в строении аллювия речной террасы сейсмодислокации выражены следами разжижения грунтов, подводного оползания и т.д. Из песчано-гравийного материала аллювиального комплекса собран палеонтологический материал, в том числе костный, для датировки аллювия и сейсмособытий. В устье водотока в 20 км к западу от пос. Акши в основании тектонического уступа была пройдена небольшая траншея с целью изучения плоскости разрывного нарушения. Крайне грубый литологический состав вскрытых отложений не позволил достаточно углубиться для полноценного описания разлома, однако по строению обнаженных пород определяется положение линии разлома. Тонкообломочный пылеватый материал с отдельными крупными обломками, поставленными на голову, прислонен к крупнообломочной (до 30–40 см в поперечнике) неокатанной массе, с отдельными крупными глыбами в вертикальном положении, крутизна контакта составляет 65–80°.

II.4. Тыва.

В 2020–2021 гг. из-за эпидемиологических ограничений Монголия была закрыта, и полевые работы были сосредоточены в соседней Тыве. Такая замена предусматривалась планами работ в случае недоступности Монголии. Работы проводились с 18.08.2020 по 07.09. 2020 и с 23.06.2021 по 15.07.2021. В работах принимали участие исполнители данного проекта С.А. Соколов, С.Т. Гарипова и П.Д. Фролов (2020 г.) совместно с Ю.В. Бутанаевым (Тувинский Институт Комплексного Освоения

Природных Ресурсов СО РАН), Е.А. Зелениным (ГИН РАН, 2020 г.), С.А. Булановым (Ин-т географии РАН, 2020 г.), С.В. Мазневым (ГИН РАН, 2021 г.) и К.И. Юшиным (ГИН РАН, аспирант МГРИ, 2021 г.)

В 2020 г. изучалась стратиграфия неогеновых и четвертичных отложений северной части впадины оз. Убсу-Нур вблизи ее границы с поднятием хр. Танну-Ола в долине р. Хоолу и соседних оврагах. Собрана коллекция фауны. Впервые отобрана и определена коллекция образцов для магнито-стратиграфического анализа. Структура северного ограничения впадины неоднородна. Новейшие отложения в месте выхода р. Хоолу на предгорную равнину залегают горизонтально, примыкая к породам палеозойского основания горного хребта, но фронт горного сооружения отличается линейной морфологией с хорошо выраженными фасетами, формирующими несколько смещенных друг относительно друга уступов. Южнее, в позднемиоценовых отложениях р. Хоолу обнаружена локальная антиклинальная складка, северное крыло которой выполаживается с приближением к фронту гор, а южное крыло нарушено малоамплитудными взбросами. В соседнем Козьем овраге с удалением от гор кайнозойские породы выполаживаются от 30° до 10–15°. Вероятно, граница впадины и горного хребта образует прерывистую флексурно-разломную зону.

Субширотный хребет Танну-Ола нарушен зонами Южно-Таннуолинского и Эрзин-Агордагского активных разломов восток-северо-восточного простирания, продолжающихся в Убсунурскую впадину. В районе долины р. Хоолу Южно-Танну-Олинская зона представлена двумя ветвями. Первый разлом расположен в районе выхода реки на предгорную равнину и выражен узкой грабенообразной долиной. На пересечении долины и реки происходит сужение и коленообразный изгиб русла, пропадают надпойменные террасы. Вторым разломом расположен севернее и выражен более широкой долиной. На ее южных склонах отчетливо проявлены фасеты, наблюдаются подпруживание, изгибы и смещения русел стекающих в долину водотоков, указывающие на правосдвиговый характер движения по разлому. В месте пересечения разломной зоны и долины Ирбитя обнаружены искажение террасового комплекса, сужение долины и ряд других морфологических признаков активного разрывного нарушения. На пересечении Южно-Таннуолинского разлома и р. Хоолу происходит правостороннее искривление реки на 300 м. На пересечении зоны разлома с рекой Деспен наблюдается относительно широкая заболоченная приразломная долина, река подпружена, русло смещено, на склонах долины проявлены свежие разломные уступы, в отложениях наблюдаются сейсмодислокации.

По расположенному восточнее Эрзин-Агордагскому разлому к северу от пос. Эрзин наблюдается левосдвиговый изгиб русла р. Тес-Хем, спрямление и сужение русла, левое смещение водоразделов. Неподдалеку расположено древнее захоронение, обнесенное каменным кольцом, в южной части которого, в створе разлома, кладка нарушена и смещена. В надпойменной террасе р. Тес-Хем обнаружена плоскость сместителя, нарушающая аллювиальные отложения. Работы 2021 г. показали, что Эрзин-Агордагский разлом совпадает с древним разрывным нарушением, по которому граничат высоко метаморфизованные породы докембрия к югу и раннепалеозойские образования к северу от разлома. Вдоль разрывного нарушения наблюдаются выходы пород офиолитового комплекса. Эрзин-Агордагский разлом показывает признаки левого сдвига и сечет северо-восточный борт Убсунурской впадины, протягиваясь из нагорий Каахем и Сангелен вглубь Убсунурской равнины на десятки километров в юго-западном направлении, ограничивая гряду невысоких холмов. В створе разрывного нарушения была заложена траншея глубиной 1,5–2 м и длиной около 3 м. Траншеей вскрыта пластина зоны разлома шириной 1.5 м. В строении этой пластины преобладают сложные «цветковые» структуры, характерные для сдвиговых деформаций, встречаются также малоамплитудные сбросы, по которым северо-западный блок опущен. Аридный климат Убсунурской впадины не позволил произвести радиоуглеродное датирование сейсмособытий, зафиксированных в траншее.

По изложенным материалам подготовлена статья: Соколов С.А., Фролов П.Д., Зеленин Е.А. и др. «Верхнекайнозойская стратиграфия и неотектоника северного обрамления впадины Убсу-Нур, Тыва». В статье охарактеризованы геоморфологические и геологические особенности строения северной границы Убсунурской впадины, показаны кинематические характеристики Южно-Таннуолинского разлома, накопленные амплитуды смещений по нему, описаны дислокации чехла кайнозойских отложений, приводятся новые данные по фауне мелких млекопитающих и моллюсков из этих пород. Важнейшим выводом статьи является то, что Южно-Таннуолинский активный разлом не является структурой, отделяющей поднятие хр. Танну-Ола от Убсунурской впадины.

Разлом и ограничение впадины относятся к разным парагенезисам и развиваются независимо, что, по-видимому, характерно для всей северной Монголии и южной Тывы.

В 2021 г. проведены работы на Саяно-Тувинском разломе и оперяющих его структурах. Целью работ было изучение природы структурного ограничения Тувинской впадины и его соотношений с активными разрывными нарушениями, а также выявление геологических и геоморфологических признаков этих нарушений, их параметризация и возможная датировка сейсмособытий. Саяно-Тувинский разлом отделяет с ЮЮВ структуры Западных Саян, сложенные породами венда и кембрия, от структур, слагающих основание Тувинской впадины, Куртушубинский хребет и его отроги и представленных ранне-средне палеозойскими отложениями. Тувинская впадина располагается на высотах 850–900 м, в долине Енисея до 520 м, и погружена относительно расположенного к северо-западу горного сооружения (1500 м и выше) более чем на 600 м. Распространение новейших отложений во впадине не столь широко, как в Убсунурской, их мощность относительно невелика. Днище впадины осложнено многочисленными невысокими холмами, возвышающимися над ее поверхностью. Поскольку большая часть исследуемой территории расположена в пределах национального парка и заповедника «Убсунурская котловина», проходка канав оказалась невозможной. Поэтому основное внимание было направлено на выявление и описание естественных обнажений, поиск и описание геоморфологических и геологических признаков активности разрывных нарушений, первичные и вторичные сейсмодислокации. Работы проводились в нижнем течении р. Хемчик, по р. Шеле и ряду других водотоков.

Установлено, что Саяно-Тувинский разлом имеет признаки правого сдвига, проявляющиеся в последовательном подпруживании русел водотоков, оставленных руслах, разрыве и смещении орографических форм вдоль прямолинейных структур, параллельных разлому. Разлом на большей части своего простирания выражен узкой плоскодонной долиной, местами переуглубленной относительно днища Тувинской впадины. Долина ограничена крутыми хребтами, в основании которых наблюдаются микро-оползни, и только фрагментарно совпадает с границей Тувинской впадины. Южный борт долины, маркирующий разлом, часто выражен уступом, указывающим на сбросовую составляющую смещений, что видно на материалах съемки с квадрокоптера. В долине реки Шеле, на ее пересечении с плоскостью разлома, в строении аллювия обнаруживается контакт прислонения по разлому: пойменные фации аллювия, представленные глинами, местами обогащенными органическим веществом, утыкаются в грубообломочный, слабо окатанный материал, т.е. коллювиальный клин. Присутствует слой покрывки, также обогащенный органическим веществом. Из обнажения отобраны 4 пробы на радиоуглеродную датировку возраста отложений, маркирующих предполагаемое сейсмособытие. По результатам работ установлено, что Саяно-Тувинский разлом лишь частично совпадает с северо-западной границей Тувинской впадины и не является структурой, ограничивающей ее. В этом отношении ситуация аналогична соотношениям активных разломов с северной границей Убсунурской впадины.

III.1. Помимо 10 публикаций, перечисленных в разделе I отчета, подготовлено еще несколько статей, которые либо не представлены в рецензируемые журналы, либо представлены, но еще не опубликованы.

III.1.1. Подготовлена, представлена в “Asian Journal of Earth Sciences” (WoS, Scopus. Q1) и сейчас находится на стадии рецензирования статья: Kozhurin A.I. «Active Faults in Sakhalin and North of the Sea of Okhotsk: Does the Okhotsk Plate Really Exist?». Работа по подготовке статьи заключалась в следующем. Было выполнено площадное дешифрирование данных дистанционного зондирования на весь Охотоморский регион. Использовались космические снимки КН-9 Hexagon, США, которые частично были приобретены в виде сканов высокого разрешения на средства гранта. Их достоинства состоят в охвате одним снимком большого участка земной поверхности (примерно 100x200 км), возможности стереоскопического воспроизведения, обеспечиваемой примерно 60-процентным перекрытием соседних снимков, и достаточной разрешающей способностью (размер пикселя, после привязки снимка к географической системе координат, составляет около 5 м). Для совмещения соседних снимков в стереопары и их просмотра использовалась программа Photomod 6.0 Lite (Racurs Co., Russia). Помимо космических снимков дешифрировались советские аэрофотоснимки масштаба около 1:40 000, полученные в начале 50-х годов прошлого века. Также использовались цифровые

модели рельефа и местности: 3-секундная SRTM Version 4 (Jarvis et al., 2008) примерно с 90-метровым пространственным разрешением, 1-секундная ASTER GDEM 2 с примерно 30-метровым пространственным разрешением, 30-секундная SRTM30_PLUS V. 7 (Becker et al.) и разного разрешения модель местности ActicDem (Porter et al., 2018). В результате дешифрирования были получены уверенные данные о распределении разломов по площади, их плановой геометрии и протяженности, в отдельных случаях об их кинематике. На основе этих данных решались два вопроса. Первый вопрос – насколько верным является предположение Рождественского (1984, 2008) и Голозубова (2012) о том, что сдвиговые движения на Сахалине закончились к плиоцену. Второй вопрос – насколько обоснованной является гипотеза о существовании Охотской малой литосферной плиты в общепринятой в настоящее время конфигурации (Riegel et al., 1993). Базовыми для оценки модели Охотской плиты являлись положения о том, что границы плиты должны быть выражены последовательностями активных структур, и эти последовательности должны быть замкнутыми. Результаты выполненного исследования, представленные в статье, изложены в разделе 5.3 отчета.

III.1.2. Подготовлена и представлена в журнал “Basin Research” (WoS, Scopus. Q1) статья: Hasan Çelik, Vladimir G. Trifonov, Alexey S. Tesakov, Sergey A. Sokolov, Pavel D. Frolov, Alexandra N. Simakova, Evgeniya A. Shalaeva, Elena V. Belyaeva, Egor A. Zelenin, Anton V. Latyshev. Late Pliocene Gilbert type delta and Early Pleistocene palaeogeographic changes in the Erzurum Basin, NE Turkey. Результаты выполненного исследования, представленные в статье, изложены в разделе 5.3 отчета.

III.1.3. Подготовлена, представлена в журнал “Earth Syst. Sci. Data” (WoS, Scopus. Q1. IF=11.5) и сейчас находится на стадии рецензирования статья: Zelenin E., Bachmanov D., Garipova S., Trifonov V., Kozhurin A. The Database of the Active Faults of Eurasia (AFEAD): Ontology and Design behind the Continental-Scale Dataset. Preprint. - <http://dx.doi.org/10.5194/essd-2021-312>. В статье представлены результаты усовершенствования структуры Базы данных активных разломов Евразии и дополнения ее новыми данными (см. II-2-3 в разделе 5.3).

III.1.4. Подготовлена статья: Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trifonov V.G., Avagyan A.V., Trikhunkov Ya.I., Sahakyan L., Simakova A.N., Sokolov S.A., Titov V.V., Lebedev A.V., Latyshev A.V., Tesakov A.S., Çelik H., Hisamutdinova A.I., Orlov A.) “Pliocene-Quaternary deposits of the SW Sevan Lake coast and its correlation to the Late Cenozoic Basin deposits in NW Armenia and adjacent Turkey”, которую предполагалось представить в журнал Quaternary International. Однако армянские соавторы этой статьи опубликовали важные ее положения, в частности, опорный разрез Норатуз (Avagyan et al., 2020). Они включили участников нашего проекта РНФ в число соавторов, но, несмотря на наши требования, не включили в статью ссылку на проект РНФ. Указанная публикация сделала публикацию запланированной нами статьи неуместной. Мы сочли целесообразным включить оставшиеся неопубликованными наши данные по Севану в новую статью с результатами сравнения различных по геологическому положению, строению и происхождению новейших впадин Закавказья. Такой сравнительный анализ впадин делается и будет завершен позднее.

III.1.5. Подготовлена статья: Кожурин А.И. «Продольные вариации параметров активного деформирования земной коры Камчатки». Сдаче статьи в печать препятствует отсутствие полевого подтверждения активности и левосдвиговой кинематики разлома Северный фас на Кроноцком п-ве, которого не удалось достигнуть из-за неблагоприятных природных условий.

В статье рассмотрено явление одновременного существования двух диаметрально разных геодинамических обстановок на Камчатке – поперечного Камчатке растяжения и поперечного сокращения земной коры, т.е. вопрос о соотношении между собой создаваемых ими структур. Наиболее простой мыслимый вариант – наличие крупного левосдвигового разлома, пересекающего восточный фланг Центральной Камчаткой депрессии – ЦКД (поднятие хр. Кумроч) примерно на продолжении Алеутского трансформного разлома и разграничивающего, таким образом, сбросовые деформации восточного ограничения ЦКД и взбросо-сдвиговые структуры сокращения на полуострове Камчатский. Однако такого разлома нет. Возможный вариант – заменяющая разлом относительно широкая горизонтальная левосдвиговая флексура (изгиб в плане). К особенностям, находящим объяснение в рамках модели горизонтальной флексуры, относятся следующие. (1) Разворот против часовой стрелки (с приближением простираций к меридиональному) северного ограничения ЦКД и доновейших геологических образований (например, линии надвига Гречишкина). (2) Такой же разворот, с отклонением ближе к меридиональному направлению, оси глубоководного желоба севернее широты Кроноцкого полуострова – особенность его плановой

геометрии, на которую первым обратили внимание С.А. Федотов и др. (1985). Такое же отклонение испытывают более глубокие горизонты погруженной части океанической плиты, с чем, очевидно, связано перемещение вулканических проявлений в ЦКД. (3) Наличие праводвиговой компоненты в движениях по сбросам в северной части Восточно-Камчатской зоны разломов и праводвиговая кинематика серии разломов внутри поднятия хр. Кумроч, ожидаемые при таком вращении. Крайним к востоку праводвиговым разломом этой серии может быть Усть-Камчатский разлом на Камчатском полуострове, праводвиговая кинематика которого следует из структурных данных (Пинегина и др., 2012). (4) Модель горизонтальной флексуры объясняет появление активного разлома северо-западного простирания на Кроноцком полуострове. Этот разлом – единственный активный из системы разломов, выделенной ранее под названием «Северного фаса» (Леглер, Парфенов, 1979). Кинематику зоны В.А. Леглер определил как леводвиговую, но данных о кинематике разлома как активного пока нет. Если она леводвиговая, то разлом мог появиться как осложняющий передовое крыло флексуры и должен распространяться под водой к месту изгиба оси глубоководного желоба.

III.1.6. Подготовлена обобщающая статья: Trifonov, V.G., Tesakov, A.S., Simakova, A.N., Gaydalenok, O.V., Frolov, P.D., Bylinskaya, M.E., Bachmanov, D.M., Trikhunkov, Ya.I., Çelik, H., Hessami, Kh. “Akchagylian transgression of the Caspian Sea and its position in the Pliocene–Quaternary evolution of the Caucasus–Caspian region: biotic and geological aspects”, предназначенная для сдачи в журнал “Quaternary International”.

В статье анализируются различные аспекты возникновения и развития акчагыльского солоновато-водного бассейна, представлявшего седиментационный цикл развития Каспийского моря. Он отличался от более поздних трансгрессивных циклов развития Каспия наибольшими размерами морского бассейна, охватывая не только современное Каспийское море, но также Западный Копетдаг, Копетдагский и Терский предгорные прогибы, Куринскую и Прикаспийскую впадины, части Туранской и Скифской эпипалеозойских плит, долины Средней Волги и Камы на Восточно-Европейской платформе, а на определенных стадиях развития Приазовье и внутригорные впадины Малого Кавказа и Восточной Турции. Определены хронологические рамки акчагыльского цикла (от ~3.3–3.2 до ~1.8 млн лет), биотические характеристики его отложений, положение акчагыльского моря в позднекайнозойской тектонической эволюции Кавказско-Каспийского региона, мощности акчагыльских морских отложений и их соотношения с пресноводными отложениями того же возраста, интенсивность четвертичных вертикальных движений на основе современного высотного положения морских акчагыльских отложений. Обсуждаются высота максимальной акчагыльской трансгрессии и происхождение акчагыльской биоты. Показано, что акчагыльской трансгрессии предшествовала перестройка продольной тектонической зональной региона к возрастающей роли поперечной зональности, выразившейся в поднятии Кавказа и Закавказья и углублении меридионального ряда каспийской впадин, сопровождаемом глубокой регрессией. В распределении мощностей акчагыльских отложений проявления поперечной зональности в виде углубления каспийских впадин сочетаются с реликтами продольных прогибов (например, в Куринской впадине и предгорьях Копетдага). В пост-акчагыльское время проявления поперечной зональности возрастают. Высота максимальной акчагыльской трансгрессии оценена в 40–50 м. Приведены биотические обоснования кратковременной связи акчагыльского бассейна с мировым океаном на ранней стадии развития и наибольшей вероятности такой связи через северные притоки р. Камы и Печорскую впадину. По современному положению акчагыльских отложений установлено послеакчагыльское поднятие Восточного Кавказа более 2000 м (до 2500 м) и турецкой части Малого Кавказа до 1750 м. Скорость подъема достигает 1.2 мм/год на Большом Кавказе и 0.6–0.7 мм/год на Армянском нагорье. В 2021 г. появились новые данные о возможном присутствии апшеронской биоты в верхах отложений акчагыльского седиментационного цикла (Lazarev et al., 2021) и распространении акчагыльских отложений на южных, иранских, побережьях Каспия. Необходимость анализа этих данных заставила перенести сдачу статьи в печать на 2022 г.

III.1.7. Запланированная подготовка статьи о содержании Базы данных активных разломов Евразии реализована в виде публикации (Бачманов и др., 2020, см. раздел 5.5) и статьи (III.1.3 в разделе 5.2; Zelenin et al., in press).

III.1.8. Запланированная подготовка статей Трифонова В.Г. и др. «Строение и происхождение позднекайнозойских впадин Восточной Турции и Армении» и Трихункова Я.И. и Бачманова Д.М. «Сравнительный анализ Иссык-Кульской и Нарынской новейших межгорных впадин» была признана нецелесообразной, поскольку их предполагавшееся содержание опубликовано в составе других

статей: первой – в статьях (I.4 – Trifonov et al., 2020; I.3 – Simakova et al., 2021), второй – в статье (I.6 – Трифонов, Соколов, Бачманов и др., 2021).

III.2. Выполнена работа по совершенствованию Базы данных активных разломов Евразии (БД). Д.М. Бачманов уточнил и дополнил данные по регионам, недостаточно охарактеризованным ранее, в том числе, Дальнего Востока и Северо-Востока России, Южной и Восточной Азии; проведены картирование и параметризация активных разломов в соседних с Евразией акваториях арктических морей и запада Тихого океана. С.Т.Гарипова и бывший до 2020 г исполнителем проекта № 17-17-01073 Е.А.Зеленин усовершенствовали систему атрибутов БД и формат записи данных. Введен и заполнен новый дополнительный атрибут, фиксирующий принадлежность разлома к той или иной тектонической зоне, что расширяет возможности систематизации объектов БД. Полностью завершено приведение обосновывающих атрибутивных данных к единой форме записи, что позволяет проводить компьютерную обработку всего объема содержащихся в БД сведений, не ограничиваясь только индексными оценочными атрибутами.

Создан дополнительный слой БД в масштабе 1:5000000, в котором группы взаимосвязанных разломов объединены в более крупные объекты (разломные зоны) с параметрами, обобщающими свойства включенных в них отдельных разломов. Разработана системы атрибутов этого слоя, включающая следующие характеристики разломных зон: наименование, достоверность проявлений активности, ранг скорости движений, кинематический тип, соотношение главной и второстепенной компонент движения, угол наклона плоскости сместителя, а также магнитуда и дата крупнейшего землетрясения в пределах зоны. Проведены первичное заполнение этих атрибутов и поиск дополнительных данных для уточнения параметров разломных зон, недостаточно охарактеризованных в основном слое БД.

Основные результаты выполнения проекта

I. Подготовлены и опубликованы в журналах, индексируемых системами WoS и Scopus следующие статьи:

I.1. Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Измайлов Я.А., Фролов П.Д., Титов В.В., Тесаков А.С., Трифонов В.Г., Латышев А.В., Орлов Н.А. Новые данные о позднечетвертичном складкообразовании и деформации рельефа на севере Таманского п-ова, Краснодарский край // Геоморфология. 2020. № 1. С. 53–67. DOI: 10.31857/S0435428120010046. Scopus.

Исследованы фрагменты брахиантиклинальной складки на юго-западном берегу Динского залива Таманского п-ова. Уточнен древнеэвксинский (конец раннего – начало среднего неоплейстоцена) возраст как северного крыла антиклинали, представленного изгибом слоев до 40–42°, так и юго-восточного, где слои выполаживаются от 15–16° до почти горизонтального залегания. Впервые проведено палеомагнитное опробование разреза юго-восточного крыла, а в его основании найден рог оленя, датируемый ранним плейстоценом (гелазий–начало калабрия). Выявленную складчатую деформацию в сглаженном виде повторяет установленный геоморфологическими методами изгиб поверхности свода, сложенный делювиальными суглинками и супесями верхов среднего и/или верхнего неоплейстоцена. На основе описанной и подобных ей деформаций в других частях Таманского п-ова делается вывод об интенсивных складкообразовательных движениях на полуострове во второй половине неоплейстоцена.

I.2. Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Гордеев Н.А. Структура Керченско-Таманской складчатой зоны Азово-Кубанского прогиба // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2021. Вып. 50, № 2. С. 64–83. DOI: 10.31431/1816-5524-2021-2-50-64-83. Scopus.

Показано, что новейшая структура Керченско-Таманской складчатой зоны, представляющая собой южную деформированную часть Азово-Кубанского предгорного прогиба, имеет ряд особенностей строения и истории деформационного развития. Авторы разделяют зону на пять поперечных сегментов, различающихся возрастом основной фазы складчатых деформаций. В

центральном Таманском сегменте III складчатые деформации продолжают до сих пор, а в обрамляющих его сегментах II и IV основные фазы складкообразования приходятся на плиоцен и становятся ранне-средне-миоценовыми в периферийных сегментах I и V. Границы самого молодого центрального Таманского сегмента, а также Керченско-Таманской зоны в целом совпадают с поперечными зонами тектонических нарушений регионального масштаба. Важной особенностью Таманского сегмента является неоднозначность корреляции выходов грязевого вулканизма с осями антиклинальных зон. Структура южного обрамления Керченско-Таманской складчатой зоны, представляющая собой в тектоническом отношении продолжение структур Горного Крыма и Северо-Западного Кавказа, сочетает в себе относительные поднятия и прогибы разного генезиса. Керченско-Таманская складчатая зона не является элементом их строения, а представляет собой отдельное образование, расположенное к северу от этих сооружений.

I.3. Simakova A.N., Tesakov A.S., Çelik H., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Sokolov S.A., Trikhunkov Ya.I., Trifonov V.G., Bachmanov D.M., Latyshev A.V., Ranjan P.B., Gaydalenok O.V., Syromyatnikova E.V., Kovaleva G.V., Vasilieva M.A. Caspian-type dinocysts in NE Turkey mark deep inland invasion of the Akchagylian brackish-water basin during the terminal Late Pliocene // *Quaternary International*. 2021. Vol. 605-606. P. 329–348. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.01.020>.

В статье представлены новые данные о солоновато-водных отложениях верхнего плиоцена, которые были исследованы в разрезах Демиркент (провинция Карс) и Пекеджик (провинция Эрзрум) Северо-Восточной Турции. Разрез Демиркент расположен на юго-западном борту Ширакской позднекайнозойской межгорной впадины возле армяно-турецкой границы. Разрез Пекеджик находится юго-западнее Демиркента на юго-западном борту Хорасанской межгорной впадины. Оба разреза сложены глинами, алевритами и слабо сцементированными тонкозернистыми песчаниками и содержат солоновато-водных диноцист акчагыльского типа. Возраст отложений определен комплексным анализом ассоциаций моллюсков и мелких млекопитающих, палинологических спектров, включая диноцисты и водоросли, и магнито-стратиграфических данных. Разрезы Демиркент и Пекеджик датируются поздним плиоценом (пьяченцием). Максимальное распространение акчагыльской трансгрессии включало внутриворонные районы Северо-Восточной Турции в позднем плиоцене. Пыльцевые спектры демонстрируют прогрессирующую аридизацию в течение седиментации нижней части разреза Демиркент и увлажнения и похолодания во время седиментации нижней части разреза Пекеджик. Анализ распространения солоновато-водных диноцист и пресноводных водорослей в различных слоях разреза Демиркент выявил постепенное опреснение бассейна, вероятно, связанное с падением уровня воды или изоляцией впадины от основного акчагыльского бассейна. В разрезе Пекеджик слои с солоновато-водными диноцистами также перекрыты пресноводными отложениями. Сейчас верхнеплиоценовые морские отложения находятся на высоте 1500 м в разрезе Демиркент и 1750 м в разрезе Пекеджик. Их поднятие происходило со скоростями, соответственно, ~0.6 и 0.7 мм/год в течение последних 2.6 млн лет.

I.4. Trifonov V.G., Simakova A.N., Çelik H., Tesakov A.S., Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trikhunkov Ya.I., Zelenin E.A., Aleksandrova G.N., Bachmanov D.M., Latyshev A.V., Ozherelyev D.V., Sokolov S.A., Belyaeva E.V. The Upper Pliocene – Quaternary geological history of the Shirak Basin (NE Turkey and NW Armenia) and estimation of the Quaternary uplift of Lesser Caucasus // *Quaternary International*. 2020. Vol. 546. P. 229–244. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.11.004>

Стратиграфия, структура и тектоническое развитие турецкой части Ширакской межгорной впадины и соседней Сузукской впадины исследованы с применением методов структурной геологии, геологической и геоморфологической корреляции, палеонтологии, магнито-стратиграфии и археологии. Впервые скоррелированы стратиграфия и тектоника западной турецкой и восточной армянской частей Ширакской впадины. Осадочный чехол западной части впадины состоит из четырех подразделений: нижнеакчагыльских (пьяченций) морских отложений, карахачской, анийской и арапийской озерно-аллювиальных свит. Верхнеплиоценовый возраст нижнего подразделения в разрезе Демиркент обоснован прямой намагниченностью и присутствием диноцист акчагыльского облика, включая формы, верхним пределом существования которых была граница плиоцена и плейстоцена. Возраст карахачской свиты определен в 1.9–1.7 млн лет. Датирование анийской свиты калабрием и арапийской свиты началом среднего плейстоцена доказывается фауной

моллюсков и мелких млекопитающих, ашельскими артефактами, определениями намагниченности и положением в рельефе, сходным с коррелируемыми отложениями армянской части впадины. Уровень солоновато-водного акчагыльского бассейна в начале квартера (~2.5 млн лет назад) мог превосходить современный уровень мирового океана не более, чем на 40–50 м. Сейчас кровля нижнеакчагыльских отложений разреза Демиркент находится на высоте 1565 м, что определяет среднюю скорость четвертичного поднятия этой части Малого Кавказа в 0.6 мм/год. Ширакская впадина ограничена и нарушена разломами и флексурно-разломными зонами. Из-за движений по зонам Джамушлу и Ахурянской центральная часть севера Ширакской впадины опущена относительно разреза Демиркент на 130–165 м. Из-за перемещений по зоне Джарджоглу поверхность аниийской свиты в Сусузской впадине поднята относительно соседней части Ширакской впадины на 100–120 м. Северо-западное обрамление Сусузской впадины поднята относительно нее по Сарыкамышской зоне разломов. Поэтому четвертичное поднятие варьирует в пределах 0.6 ± 0.1 мм/год. Севернее Ширакской впадины, в Верхнеахурянской и Лорийской впадинах и долине р. Дебед, скорость поднятия в последние 0.65–0.6 млн лет оценена в 1 мм/год, а соседние Базумский и Джавахетский хребты поднимались быстрее. Следовательно, поднятие ускорилось 0.65–0.6 млн. лет назад.

I.5. Trifonov V.G., Sokolov S.Yu., Sokolov S.A., Hessami Kh., 2020. Mesozoic–Cenozoic Structure of the Black Sea–Caucasus–Caspian Region and Its Relationships with the Upper Mantle Structure. *Geotectonics* 54 (3), 331–355. DOI: 10.1134/S0016852120030103 (Перевод статьи: Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Соколов С.А., Хессами Х. Мезозойско-кайнозойская структура Черноморско-Кавказско-Каспийского региона и её соотношение со строением верхней мантии // Геотектоника. 2020. № 3. С. 55–81. DOI: 10.31857/S0016853X20030108

Охарактеризованы мезозойско-кайнозойская тектоническая зональность и ее эволюция в Черноморско-Кавказско-Каспийском регионе. В ранней юре к северу от океана Мезотетис располагались: эпигерцинская подвижная область (Сомхето-Карабахская зона и Восточный Понт); Мезийско-Черноморско-Закавказская малая плита с докембрийско-байкальским фундаментом, подвергшимся на Малом Кавказе герцинской тектоно-магматической переработке; относительно глубоководный Крымско-Кавказско-Южнокаспийский прогиб на континентальной коре, утонявшейся по мере ее растяжения; южный край Скифской плиты с маломощными осадками. На Кавказе выделяются также южный и северный склоны глубоководного прогиба, где накопились мощные шельфовые отложения. В байосе, с началом субдукции на северном краю Мезотетиса, в Сомхето-Карабахской зоне и Восточном Понте, на закавказской части Мезийско-Черноморско-Закавказской плиты и на южном склоне глубоководного прогиба проявился островодужный вулканизм, который в Сомхето-Карабахской зоне и Восточном Понте продолжался в мелу. Его наследовал эоценовый коллизионный вулканический пояс. Крымская часть Крымско-Кавказско-Южнокаспийского прогиба и его северный склон на Кавказе испытали киммерийские деформации, после которых до начала миоцена там накапливались шельфовые фации, тогда как в кавказско-южнокаспийской части прогиба продолжалось относительно глубоководное осадконакопление. Западно-Черноморская и Восточно-Черноморская впадины растяжения возникли в мелу и развивались, заполняясь морскими отложениями позднего мела, палеогена и миоцена, на утонявшейся континентальной коре Мезийско-Черноморско-Закавказской плиты. В плиоцен–четвертичное время происходило общее прогибание и недифференцированное осадконакопление в Черном море, усилилось опускание Южного Каспия, Азово-Кубанского и Терско-Дербентского прогибов. В горных частях региона в среднем и позднем миоцене произошли многофазные разломно-складчатые деформации, которые привели к образованию дифференцированных поднятий. В плиоцен–квартере произошло общее поднятие горных сооружений. Сравнение возникшей коровой структуры со скоростными неоднородностями верхней мантии показало, что многие из них стерты подлитосферными потоками, распространявшимися от Эфиопско-Афарского суперплюма. Там, где интенсивность потоков ослабевала, сохранились реликты субдуцированных слэбов Неотетиса в Загросе, Мезотетиса в Нижне-Курунской впадине и литосферы Скифской плиты, пододвинутой под Центральный Кавказ и, в меньшей степени, под Степной Крым при герцинской субдукции.

I.6. Trifonov V.G., Sokolov S.Yu., Bachmanov D.M., Sokolov S.A., Trikhunkov Ya.I. Neotectonics and the Upper Mantle Structure of Central Asia // *Geotectonics*. 2021. Vol.55, No.3. P. 334–360. DOI: 10.1134/S0016852121030080 (Перевод статьи: Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М., Соколов С.А., Трихунков Я.И. Неотектоника и строение верхней мантии Центральной Азии // *Геотектоника*. 2021, № 3. С. 31–59. DOI: 10.31857/S0016853X21030085).

Выполненное исследование показало, что поднятие Центральной Азии, расположенной между восточной частью Альпийско-Гималайского и западной частью Алтайско-Станового горных поясов, над смежными континентальными областями является неотектоническим образованием. Нами проанализированы крупные элементы новейшей структуры и построены разрезы верхней мантии, отражающие отклонения скоростей продольных волн от стандартных значений для соответствующих глубин. Установлено, что пододвигание высокоскоростных верхов мантии Индийской платформы под Гималаи вызвало деформационное утолщение и резкое разуплотнение литосферы, что привело к усилившемуся в плиоцен–четвертичное время подъему Гималаев, Каракорума, Гиндукуша, Памира, Южного и Западного Тибета и Западного Куньлуня. Под остальной частью Центральной Азии, за исключением периферийных горных систем, сейсмические скорости в верхней мантии понижены. Выявлены два внутримантийных плюма, что является важнейшим результатом статьи. Преобразования верхней мантии под воздействием Тибетского плюма, прослеженного от глубины ~1600 км, стали главным источником поднятия Тибета. Хангайский плюм с Хэнтэйским ответвлением, восходящий с глубины ~1250 км, вызвал образование Хангайского и Хэнтэйского нагорий и неоген–четвертичный базальтовый вулканизм. Воздействие подлитосферных потоков, распространявшихся от Тибетского и Хангайского плюмов и Эфиопско-Афарского суперплюма, обусловило разуплотнение верхней мантии, новейшие изгибные деформации и плиоцен–четвертичное поднятие Центрального и Восточного Тянь-Шаня, Гобийского и, частично, Монгольского Алтая. Под Западным Тянь-Шанем, Джунгарским Алатау, Горным Алтаем, Западным Саяном и северо-западом Монгольского Алтая сейсмические скорости в верхней мантии повышены. Источником деформаций и поднятия там стало коллизионное взаимодействие блоков литосферы, и амплитуды поднятия ниже, чем в горных системах с разуплотненной верхней мантией.

I.7. Trifonov V.G., Zelenin E.A., Sokolov S.Yu., Bachmanov D.M. Active Tectonics of Central Asia // *Geotectonics*. 2021. Vol. 55, No. 3. P. 361–376. DOI: 10.1134/S0016852121030092 (Перевод статьи: Трифонов В.Г., Зеленин Е.А., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М. Активная тектоника Центральной Азии // *Геотектоника*. 2021. №3. С.60–77. DOI:10.31857/S0016853X21030097).

Показано, что Центральная Азия превосходит соседние территории интенсивностью четвертичных поднятий и активного разломообразования. По кинематике активных разломов различаются северо-восток региона (от Срединного Тибета до Восточного Саяна) и его южная и западная части (Гималаи, Памиро-Пенджабский синтаксис и область к северу от него до Горного и Монгольского Алтая). На северо-востоке доминируют субширотные левые сдвиги, на юге и западе – правые сдвиги и надвиги северо-западного и широтного простираний (кроме западного обрамления синтаксиса и Индийской платформы). Особенности активной тектоники связаны со строением верхней мантии, исследованной на трех горизонтальных срезах. На срезе глубиной 67 км (пограничная зона кора/мантия) выделяются области, соответствующие высочайшим горным системам, с резко пониженными значениями скоростей Р-волн и плотности пород. Разуплотнение стало главной причиной интенсивного поднятия этих горных систем. Срезы на глубинах 158 и 293 км отражают неоднородности строения верхней мантии Центральной Азии. В ее восточной части скорости Р-волн существенно понижены воздействием Тибетского и Хангайского внутримантийных плюмов. Деформации латерального удлинения здесь превысили деформации латерального укорочения, и литосфера не могла передавать давление Индийской платформы более северным тектоническим зонам, что является одним из главных выводов статьи. Разуплотнение верхней мантии обусловило поднятие Тибета и Хангайского нагорья. Связанные с плюмами верхнемантийные течения вызвали левосдвиговые смещения по субширотным разломам. На юге и западе Центральной Азии скорости Р-волн и, соответственно, плотности верхней мантии возрастают. На юге происходит деформационное утолщение и пододвигание литосферы Индийской платформы под Гималаи и Южный Тибет. Активные надвиги, правые сдвиги и взбросо-сдвиги западной и северо-западной части Центральной Азии являются структурным выражением горизонтального сжатия литосферных блоков. Из-за плотностной неоднородности литосферы происходило вращение

нагружаемых блоков, в результате чего скорости сдвиговых перемещений изменялись вдоль разломов до полного затухания.

I.8. Trikhunkov Ya.I., Kangarli T.N., Bachmanov D.M., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Latyshev A.V., Simakova A.N., Popov S.V., Bylinskaya M.E., Aliev F.A. Evaluation of Plio-Quaternary uplift of the South-Eastern Caucasus based on the study of the Akchagylian marine deposits and continental molasses // *Quaternary International*. 2021. Vol. 605-606. P. 349–363.

Рассматривается высочайший Шахдаг-Кусарский сегмент Юго-Восточного Кавказа, расположенный на границе Азербайджана и России. Хребты осевой части Большого Кавказа расположены здесь ближе всего к побережью Каспийского моря, и молодые морские отложения покрывают высокогорные водораздельные поверхности. Отложения с раковинами акчагыльских моллюсков найдены в моноклинали Кусарского плато на высоте до 2020 м, а высота отложений пляжа, предположительно коррелируемого с акчагыльскими отложениями, достигает 2500 м на склоне Бокового хребта. Это позволило оценить среднюю скорость последующего поднятия более 1 мм/год в высшей точке Кусарского плато и, возможно, до 1.3 мм/год в осевой части Восточного Кавказа. Показано, что поднятие ускорялась со временем. Обсуждаются причины этого ускорения.

I.9. Трихунков Я.И., Буланов С.А., Бачманов Д.М., Сыромятникова Е.В., Латышев А.В., Кравченко М.М. Морфоструктура южной части Зайсанской впадины и её горного обрамления // *Геоморфология*. 2020. № 2. С. 85–101. DOI: 10.31857/S043542812002008X

Проведен морфоструктурный анализ южной части Зайсанской впадины и её горного обрамления, основанный на полевых структурно-геоморфологических исследованиях и анализе новейших дистанционных данных высокого разрешения. Выделен ряд широтных линейных сводово-разрывных и осложняющих их блоковых морфоструктур. В истории развития региона с позднего палеозоя сочетаются общая унаследованность дифференцированных движений земной коры и прерывистость, выраженная в фазах их активизации. Морфоструктура Зайсанской впадины и её горного обрамления сформировалась в условиях латерального сжатия земной коры. Оно реализовывалось в сводово-взбросовых деформациях региональной предорогенной поверхности выравнивания палеоценового времени, поднятой почти до 4 км на хребте Саур и опущенной на 1.5 км в Зайсанской впадине, где в результате началось озерное осадконакопление. В миоцен-плиоценовое время её прогибание ускорило. На её юго-восточной периферии взбросовая компенсация сдвигов вызвала ускорение поднятия Тарбагатай и Саура в плиоцен-четвертичное время. За четвертичное время по Тарбагатайской и Манрак-Саурской зонам разломов северо-западного простирания произошли правосдвиговые перемещения с минимальной амплитудой в 1 км. На стыке с Джунгарской плитой в своих юго-восточных периферийных частях Манрак-Саурский и Тарбагатайский правые сдвиги компенсируются системой широтных взбросов, контролирующих развитие Зайсанской, Кендырлыкской и, возможно, Чиликтинской впадин как рамп-синклиналей, а также глыбовых хребтов Саур, Манрак, Сайкан и Тарбагатай как клиньев выжимания.

I.10. Шалаева Е.А., Соколов С.А., Хисамутдинова А.И. Ленинанканский игнимбрит как продукт извержения вулкана Арагац, Армения // *Вулканология и сейсмология*. 2020. № 2. С. 32–42. DOI: 10.31857/S0203030620020054.

Представлены результаты определения возраста и стратиграфического положения игнимбритов, распространенных на северо-западе Армении и ранее описанных в научной литературе как ленинанканские (еревано-ленинанканские) туфы. Монотонное внутреннее строение, близкий возраст, установленный по результатам К–Аг датирования, и схожий химический состав позволяют полагать, что толща игнимбритов сформирована в результате крупного одноактного извержения вулкана Арагац. Оценены размеры площади распространения продуктов извержения в пределах позднекайнозойской Ширакской впадины и её обрамления к северо-западу и северу от Арагаца. Сопоставление возраста и состава туфов и лав привершинной части Арагаца показало, что их формирование произошло на завершающей стадии третьего этапа активности вулканического центра (0.70–0.65 млн лет назад).

II. Подготовлены и представлены для опубликования в журналы, индексируемые системами WoS и Scopus, следующие статьи:

II.1. Kozhurin A.I. Active Faults in Sakhalin and North of the Sea of Okhotsk: Does the Okhotsk Plate Really Exist? // Asian Journal of Earth Sciences (in press).

Результаты, изложенные в статье сводятся к следующему.

(1). Три основных разлома Северо-Сахалинской зоны (Хейтонский, Пильтунский и Верхне-Пильтунский (Нефтегорский)) – правосдвиговые. Данные о них (уверенные для Хейтонскому разлома, относительно уверенные для Пильтунского, определенные для Верхне-Пильтунского, менее определенные для Дагинского) позволяют предположить, что правосдвиговой является и вся пересекающая по диагонали северную часть острова Северо-Сахалинская зона. Среднюю скорость правосторонних движений вдоль Северо-Сахалинской зоны можно примерно оценить величиной от одного до первых миллиметров в год. По порядку такие значения совпадают с оценкой средней скорости сдвига, 1.95 мм в год, за время после ~3.6 млн лет назад, сделанной в (Nicholson et al., 2013). Структурные особенности (эшелонированность во взаимном расположении индивидуальных разрывов) позволяют предполагать, что правосдвиговые движения присущи также меридиональной взбросовой Тымь-Поронайской зоне, но уже только как компонента. Короткие субмеридиональные разрывы, выявленные в западной части Северного Сахалина, находятся на продолжении Тымь-Поронайской зоны и являются, очевидно, также взбросовыми. Сдвиговые смещения по этим нескольким разрывам при дешифрировании не обнаружены. В целом, обнаружено, что в южных двух третях острова правосдвиговая и взбросовая компоненты совмещены в движениях по одной зоне (Тымь-Поронайской), а в северной трети они разобщены: взбросовые движения происходят на западе острова (на продолжении Тымь-Поронайской зоны), сдвиговые – на востоке (Северо-Сахалинская зона). Наличие взбросовой компоненты свидетельствует о примерно поперечном острову сокращении его земной коры. Такое заключение не противоречит данным определения механизмов очагов сильных землетрясений Сахалина (Коновалов и др., 2014), а также данным о поле напряжений в пределах острова (Sim et al., 2017).

(2). Распределение и кинематика активных разломов к северу от Охотского моря не подтверждает существование непрерывной северной границы Охотской плиты – нет никаких признаков ее существования между западным побережьем залива Шелихова и Беринговым морем (или западным окончанием Алеутской островной дуги). Ключевым здесь является факт отсутствия пересечения активным левосдвиговым разломом Улахан активной правосдвиговой Ланково-Омолонской зоны.

(3). Предложено объяснение левосдвиговых движений по разлому Улахан, обычно воспринимаемому как сегмент северной границы плиты. Разлом Улахан заканчивается на юго-востоке перед Ланково-Омолонской зоной. «Заканчивается» означает, что накопленное смещение и скорость движений на окончании разлома – нулевые. В этом смысле разлом Улахан не может считаться трансформным, как предполагает модель выжимания Охотской плиты к югу (Riegel et al., 1993). Единственный возможный способ получить максимальные сдвиговые движения по разлому в его центральной части и их уменьшение до нуля к окончаниям – вращение линии разлома в плане (Freund, 1974). Величина сдвигового смещения, накопленного за счет вращения (по часовой стрелке) оценена (использована формула из Freund, 1974) величиной ~21 км, близкой к оценке сдвига по наиболее крупным речным долинам. Предположение о вращении в плане линии разлома Улахан позволяет объяснить появление Сеймчано-Буюндинской впадины на его юго-восточном окончании. Впадина подобна «пустым пространствам», появляющимся при вращении серии разрывов в модели домино. Если такая интерпретация верна, то это означает, что какое-то время (продолжительность которого неизвестна) разлом Улахан вращался, оставаясь прямолинейным. Примерно треть накопленного смещения (21 км от 55–57 км общего смещения) обязана своим накоплением вращению, сопровождавшемуся искривлением линии разлома. Время появления впадины показывает, когда вращение началось, т.е. определяет интервал времени, в течение которого накопились 55–57 км смещения. Самые древние отложения заполнения впадины относятся к олигоцену (Kuznetsov et al., 2015). Если принять возраст нижней части заполнения примерно в 30 млн. лет (максимальная оценка), то его соотнесение с 55–57-километровым смещением дает среднюю скорость левосторонних смещений около 2 мм в год.

(4). Предложены три интерпретации активной разломной тектоники Охотоморского региона. Первая соответствует представлению об Охотской плите в конфигурации Ригеля и др. (1993) и Фуджиты и др. (2009), две другие ей противоречат.

(А) Охотская плита существует, но ее граница юго-восточнее Ланково-Омолонской зоны диффузная. Также диффузным должно быть соединение Кетандинского разлома с разломами хребта Черского.

(Б) Активные разломы региона принадлежат двум разным группам. Одна включает разломы, примерно параллельные побережью Тихого океана, разломы другой поперечны к нему. Разломы первой группы относятся к Тихоокеанскому поясу (Пушаровский, 1972), а поперечные – к структурам его континентального обрамления. В периокеаническом Тихоокеанском поясе Ланково-Омолонская и Кетанда-Сахалинская зоны могут быть связаны в единую правосдвиговую кулисную систему цепью миоцен-четвертичных впадин-грабен на северном побережье Охотского моря и, возможно, впадин на шельфе моря. В целом, правосдвиговая кинематика примерно параллельных побережью Тихого океана разломов указывает на смещение масс Тихоокеанского пояса вдоль Евразии на юг.

(В) Третья возможная интерпретация подобна второй, но подразумевает подвижность масс земной коры Тихоокеанского пояса, перемещающихся к юго-западу относительно Евразии. Причиной перемещения может быть сближение Камчатки с континентальной Азией (подтверждено данными спутниковой геодезии), результатом которого являются деформации поперечного сокращения средне-позднемиоценовых и современных комплексов Западной Камчатки (Verzhbitsky, Soloviev, 2009), в конечном счете – выдавливание масс коры под Охотским морем к юго-западу. В терминологии М.Г. Леонова (2008) это плито-поток. Основная часть потока включает выпуклые на запад и юго-запад поднятия и впадины дна Охотского моря и его северного побережья. Воздействием потока на край Евразии можно объяснить вращение и левосдвиговую кинематику разлома Улахан.

Заключение. В статье показано, что вдоль о-ва Сахалин продолжаются правосторонние движение в условиях транспрессии. В южных двух третях острова горизонтальная и взбросовая компоненты движения реализуются в одной зоне, в северной трети острова они разобщены между двумя зонами. Сахалинская зона и Кетандинский разлом к северу от Охотского моря могут быть объединены в единую Кетанда-Сахалинскую правосдвиговую зону, не противоречащую модели Охотской плиты. Распределение активных разломов к северу от Охотского моря свидетельствует об отсутствии фрагмента границы Охотской плиты между структурами внутриконтинентального новейшего пояса Черского и Беринговым морем. Это означает нарушение принципов выделения литосферных плит – выражения их границ последовательностями активных структур и их замкнутости. Без Охотской плиты, распределение и кинематику активных разломов Охотоморского региона можно описать движением масс Тихоокеанского пояса (зоны перехода от континента к океану) к югу относительно Евразии и воздействием такого движения на континентальное обрамление пояса.

И.2. Hasan Çelik, Vladimir G. Trifonov, Alexey S. Tesakov, Sergey A. Sokolov, Pavel D. Frolov, Alexandra N. Simakova, Evgeniya A. Shalaeva, Elena V. Belyaeva, Egor A. Zelenin, Anton V. Latyshev. Late Pliocene Gilbert type delta and Early Pleistocene palaeogeographic changes in the Erzurum Basin, NE Turkey // Basin Research (in press).

В статье показано, что Эрзрумская впадина возникла в Северо-Восточной Турции не позднее позднего миоцена между двумя мезозойскими офиолитовыми зонами, продолжающимися на восток сутуру Измир–Анкара–Эрзинджан. В позднем миоцене – плиоцене впадина заполнялась тонкообломочными терригенными и карбонатными осадками озерно-лагунного типа. В западной части впадины верхняя часть осадочного заполнения впадины образует дельту джильбертового типа. Дельта состоит из 11 клиноформных тел, сложенных глиной, алевроитом, песком и гравием и отложившихся в виде линз, из которых каждая следующая отлагалась перед фронтом предыдущей, представляя разные стадии развития дельты. Слои линз наклонены на восток под углами от 5° до 35°. Некоторые из этих тел еще в неконсолидированном состоянии подверглись деформациям. Отложения дельты датированы поздним плиоценом на основе анализа найденных остатков мелких млекопитающих и моллюсков, данных палинологического и магнито-стратиграфического анализа.

Эродированная поверхность дельты перекрыта аллювиальным галечником, датированным ранним плейстоценом на основе археологических находок.

Эрзрумская впадина является западным членом ряда внутригорных впадин, который продолжается на восток Пасинлерской, Хорасанской и Араратской впадинами, дренируемыми р. Аракс и ее притоками. Вероятно, в позднем плиоцене Пра-Аракс продолжался на запад, и изученная дельта была образована его истоками, впадавшими в водный резервуар Эрзрумской впадины. Отложения дельты были покрыты аллювием в раннем плейстоцене, когда Эрзрумская впадина была тектонически изолирована от бассейна Аракса. В конце раннего или начале среднего плейстоцена верховья Пра-Аракса были перехвачены верховьями р. Евфрат (р. Карасу), которая сейчас дренирует Эрзрумскую впадину.

П.3. Zelenin E., Bachmanov D., Garipova S., Trifonov V., Kozhurin A. The Database of the Active Faults of Eurasia (AFEAD): Ontology and Design behind the Continental-Scale Dataset // Earth Syst. Sci. Data. Preprint. - <http://dx.doi.org/10.5194/essd-2021-312>.

В статье изложены история и методика составления Базы данных активных разломов Евразии (БД), описаны ее обновленная структура и формат записи. Так, атрибут наименования объекта БД, ранее носивший обобщенный характер, разделен на два атрибута: наименование разлома (FAULT_NAME) и включающей его в себя разломной зоны (ZONE_NAME), что расширяет возможности компьютерной обработки, систематизации и классификации объектов БД. Все фиксируемые в БД и записанные в обосновывающем атрибуте PARM параметры разломов (скорость, смещение, кинематика, наклон и др.) в строке записи маркированы отдельными индексами-ключами (соответственно, Rate, Offset, Sense, Dip и др.), что позволяет проводить их компьютерную обработку так же, как это возможно для индексных оценочных атрибутов. Приведены результаты статистической обработки БД: вычислены характерная (5–60 км) и средняя (22 км) длины объектов, обеспеченность данными (36% объектов охарактеризованы двумя и более источниками), распределение по степени достоверности активности CONF (~20% объектов имеют умеренную и высокую достоверность), по кинематическому типу (21% взбросов и надвигов, 13% и 12%, соответственно, правых и левых сдвигов, 11 % сбросов). Приведены примеры разнообразных источников исходных данных для БД и результатов ее компьютерной обработки и визуализации для различных регионов, названы способы доступа к БД (см. ниже) и принципы ее корректного использования.

П.3. Кроме перечисленных, подготовлены и опубликованы в изданиях, не индексируемых в системах WoS, Scopus, РИНЦ, следующие работы:

- Бачманов Д.М., Трифонов В.Г., Кожурин А.И., Зеленин Е.А. (Bachmanov D.M., Trifonov V.G., Kozhurin A.I., Zelenin E.A.) База данных активных разломов Евразии: содержание и тектоническое применение // *Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы 51 Тектонического совещания. Том 1.* М.: ГЕОС, 2020. С. 247–249. Изложены содержание и построение Базы данных, представлены примеры ее использования для определения параметров современного напряженно-деформированного состояния земной коры и решения других задач неотектоники и современной геодинамики.

- Трифонов В.Г., Симакова А.Н., Соколов С.Ю., Тесаков А.С., Челик Х. (Trifonov V.G., Simakova A.N., Sokolov S. Yu., Tesakov A.S., Çelik H.) Интенсивное четвертичное поднятие горных стран и его причины // *Пятая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле».* Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием, 5-9 октября 2020 г. М.: ИФЗ РАН, 2020. С. 303–306. Приведены примеры определения амплитуд и скоростей четвертичных поднятий Малого Кавказа путем определения современного высотного положения акчагыльских морских отложений (поздний плиоцен). Обсуждаются возможные причины интенсивных четвертичных поднятий горных стран: (1) изостатическая реакция на сучивание горных масс земной коры в результате складчато-надвиговых деформаций; (2) разуплотнение подлитосферной мантии в результате замещения мантийной литосферы материалом астеносферных потоков; (3) разуплотнение земной коры и пород на границе

кора/мантия в результате их ретроградного метаморфизма и гранитообразования под воздействием астеносферных флюидов.

- Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Соколов С.А., Хессами Х. (Trifonov V.G., Sokolov S.Yu., Sokolov S.A., Hessami Kh.) Мезозойско-кайнозойское тектоническое развитие Черноморско-Крымско-Кавказско-Каспийского региона в сопоставлении со строением верхней мантии // *Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы 51 Тектонического совещания. Том 2. М.: ГЕОС, 2020. С. 343–346. Публикация предваряет статью I.5 (Трифонов и др., 2020), опубликованную в журнале «Геотектоника», 2020, № 3.*
- Трихунков Я.И., Кенгерли Т.Н., Бачманов Д.М., Фролов П.Д., Шалаева Е.А., Латышев А.В., Попов С.В., Симакова А.Н., Идрисов И.А., Алиев Ф.А. (Trikhunkov Ya. I., Kengerli T.N., Bachmanov D.M., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Latyshev A.V., Popov S.V., Simakova A.N., Idrisov I.A., Aliev F.A.) Четвертичный орогенез Юго-Восточного Кавказа: амплитуды, скорости, вероятные причины (на основе изучения акчагыльских морских отложений и континентальных моласс) // *Пятая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле». Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием, 5-9 октября 2020 г. М.: ИФЗ РАН, 2020. С. 292–302. Публикация предваряет статью I.8 (Trikhunkov et al., 2021), опубликованную в журнале «Quaternary International», 2021, vol. 605-606.*

II.4. По тематике проекта подготовлена диссертация Гайдаленок О.В. «Структура Керченско-Таманской зоны складчатых деформаций Азово-Кубанского прогиба», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогической наук по специальности 25.00.01 – Общая и региональная геология. 20.01.2021 состоялась успешная защита диссертации. ВАК утвердил результаты защиты. Гайдаленок О.В. присвоена искомая научная степень. В диссертации защищены следующие положения:

(1) Керченско-Таманская складчатая зона характеризуется поперечной сегментацией. С запада на восток выделены 5 сегментов. Возраст основной фазы складчатых деформаций Керченско-Таманской зоны изменяется по простиранию. Самый молодой, четвертичный, возраст имеют складки центрального Таманского сегмента (III), продолжающие развиваться до сих пор. В сторону периферии Керченско-Таманской зоны возраст основной фазы складкообразования удревняется до плиоцена в сегментах II и IV и конца раннего–начала среднего миоцена на крайнем западе и востоке зоны (сегменты I и V).

(2) Западное и восточное ограничения занимающего центральное положение в строении Керченско-Таманской складчатой зоны самого молодого Таманского сегмента (III) выражены зонами поперечных нарушений, по которым сегмент опущен. Аналогичные зоны разломов ограничивают всю Керченско-Таманскую складчатую зону с запада и востока, отделяя ее от Центрально-Крымского и Ставропольского поднятий, соответственно.

(3) Керченско-Таманская зона складчатых деформаций ограничена с юга тектоническим поднятием, которое является продолжением структур Горного Крыма на западе и Северо-Западного Кавказа (Псебепского антиклинория) и зоны Южного склона Большого Кавказа (Новороссийского синклиория) – на востоке.

III. В результате детализации уже имевшихся и внесения новых данных в Базу данных активных разломов Евразии (БД) в ней создано более 6000 дополнительных объектов с обособленными характеристиками. В настоящее время БД включает более 47000 объектов. Содержание обновленной и дополненной версии БД (AFEAD v.2021) опубликовано на ресурсе <https://www.researchgate.net/>: Bachmanov D., Trifonov V., Kozhurin A., Zelenin E. The Active Faults of Eurasia Database AFEAD v.2021. - <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10333.74726>. БД доступна для скачивания в виде единого шейп-слоя объемом 48.2 Мб, лицензированного свободной лицензией CC-BY 4.0. Приложение к БД включает 612 ссылок на источники опубликованных исходных данных об активных разломах.

Дополнительный обобщающий слой БД, представляющий генерализованные разломные зоны в масштабе 1:5000000, включает сейчас более 900 объектов, составляющих более 500 крупнейших

разломных зон Евразии. В атрибуты этого слоя включены: наименование зоны, достоверность активности, скорость, кинематика и соотношение компонент движения, наклон сместителя, магнитуда и дата крупнейшего землетрясения. Проведены предварительная оценка возможных значений этих атрибутов и их заполнение наиболее достоверными данными. Обобщающий слой БД может быть использован для общего обзора активной тектоники континента и представлен в виде электронной карты на сайте Геологического института РАН по адресу: http://neotec.ginras.ru/index/database/database_map_extra.html.

Ссылки на использованную литературу приведены в Приложении к отчету РНФ за 2021 г. синхронность.

Перечень публикаций по проекту за весь срок выполнения проекта

1. *Бачманов Д.М., Трифонов В.Г., Кожурин А.И., Зеленин Е.А. (Bachmanov D.M., Trifonov V.G., Kozhurin A.I., Zelenin E.A.)* **База данных активных разломов Евразии: содержание и тектоническое применение** Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы 51 Тектонического совещания. Том 1 М.: ГЕОС, С. 247–249. (2020 г.) [РИНЦ](#)
2. *Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Измайлов Я.А., Фролов П.Д., Тутов В.В., Тесаков А.С., Трифонов В.Г., Латышев А.В., Орлов Н.А. (Gaydalenok O.V., Sokolov S.A., Izmailov Ya. A., Frolov P.D., Titov V.V., Tesakov A.S., Trifonov V.G., Latyshev A.V., Orlov N.A.)* **Новые данные о позднечетвертичном складкообразовании и деформации рельефа на севере таманского п-ова, краснодарский край** Геоморфология №1, С. 53-67 <https://doi.org/10.31857/S0435428120010046> (2020 г.) [SCOPUS](#) [РИНЦ](#)
3. *Трифонов В.Г., Симакова А.Н., Соколов С.Ю., Тесаков А.С., Челик Х. (Trifonov V.G., Simakova A.N., Sokolov S. Yu., Tesakov A.S., Çelik H.)* **Интенсивное четвертичное поднятие горных стран и его причины** Пятая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле». Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием, 5-9 октября 2020 г. М.: ИФЗ РАН. С. 303–306. (2020 г.) [РИНЦ](#)
4. *Трифонов В.Г., Симакова А.Н., Челик Х., Тесаков А.С., Шалаева Е.А., Фролов П.Д., Трихунков Я.И., Зеленин Е.А., Александрова Г.Н., Бачманов Д.М., Латышев А.В., Ожерельев Д.В., Соколов С.А., Беляева Е.В. (Trifonov V.G., Simakova A.N., Çelik H., Tesakov A.S., Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trikhunkov Ya.I., Zelenin E.A., Aleksandrova G.N., Bachmanov D.M., Latyshev A.V., Ozherelyev D.V., Sokolov S.A., Belyaeva E.V.)* **The Upper Pliocene – Quaternary geological history of the Shirak Basin (NE Turkey and NW Armenia) and estimation of the Quaternary uplift of Lesser Caucasus** Quaternary International Vol. 546. P. 229–244 <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.11.004> (2020 г.) [WOS](#) [SCOPUS](#) [РИНЦ](#) [Q1](#)
5. *Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Соколов С.А., Хессами Х. (Trifonov V.G., Sokolov S. Yu., Sokolov S.A., Hessami Kh.)* **Мезозойско-кайнозойская структура Черноморско-Кавказско-Каспийского региона и её соотношение со строением верхней мантии** Геотектоника №3, С. 55-81 <https://doi.org/10.31857/S0016853X20030108> (2020 г.) [WOS](#) [SCOPUS](#) [РИНЦ](#)
6. *Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Соколов С.А., Хессами Х. (Trifonov V.G., Sokolov S. Yu., Sokolov S.A., Hessami Kh.)* **Мезозойско-кайнозойское тектоническое развитие Черноморско-Крымско-Кавказско-Каспийского региона в сопоставлении со строением верхней мантии** Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы 51 Тектонического совещания. Том 2. М.: ГЕОС, С. 343–346. (2020 г.) [РИНЦ](#)
7. *Трихунков Я.И., Кенгерли Т.Н., Бачманов Д.М., Фролов П.Д., Шалаева Е.А., Латышев А.В., Попов С.В., Симакова А.Н., Идрисов И.А., Алиев Ф.А. (Trikhunkov Ya. I., Kengerli T.N., Bachmanov D.M., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Latyshev A.V., Popov S.V., Simakova A.N., Idrisov I.A., Aliev F.A.)* **Четвертичный орогенез Юго-Восточного Кавказа: амплитуды, скорости, вероятные причины (на основе изучения акчагыльских морских отложений и континентальных моласс)** Пятая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле». Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием, 5-9 октября 2020 г. М.: ИФЗ РАН. С. 292–302. (2020 г.) [РИНЦ](#)

8. Шалаева Е.А., Соколов С.А., Хисамутдинова А.И. (E. A. Shalaeva, S. A. Sokolov and A. I. Khisamutdinova) **Ленинаканский игнимбрит как продукт извержения вулкана Арагац, Армения** Вулканология и сейсмология №2. С. 32-42 <https://doi.org/10.31857/S0203030620020054> (2020 г.) WOS SCOPUS РИНЦ
9. Я. И. Трихунков, С. А. Буланов, Д. М. Бачманов, Е. В. Сыромятникова, А. В. Латышев, Е. М. Сапаргалиев, М. М. Кравченко, А. Ж. Азельханов (Y. I. Trikhunkov, S. A. Bulanov, D. M. Bachmanov, E. Y. Syromyatnikova, A. V. Latyshev, E. M. Sapargaliev, M. M. Kravchenko, and A. Zh. Azelkhanov) **Морфоструктура южной части Зайсанской впадины и её горного обрамления** Геоморфология №2, С. 85-101 <https://doi.org/10.31857/S043542812002008X> (2020 г.) SCOPUS РИНЦ
10. Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Гордеев Н.А. (Gaydalenok O.V., Sokolov S.A., Gordeev N.A.) **Структура Керченско-Таманской складчатой зоны Азово-Кубанского прогиба** Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. Вып. 50, № 2. С. 64–83. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2021-2-50-64-83> (2021 г.) SCOPUS РИНЦ
11. Симакова А.Н., Тесаков А.С., Челик Х., Фролов П.Д., Шалаева Е.А., Соколов С.А., Трихунков Я.И., Трифонов В.Г., Бачманов Д.М., Латышев А.В., Ранджан П.Б., Гайдаленок О.В., Сыромятникова Е.В., Ковалева Г.В., Васильева М.А. (Simakova A.N., Tesakov A.S., Çelik H., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Sokolov S.A., Trikhunkov Ya.I., Trifonov V.G., Bachmanov D.M., Latyshev A.V., Ranjan P.B., Gaydalenok O.V., Syromyatnikova E.V., Kovaleva G.V., Vasilieva M.A.) **Caspian-type dinocysts in NE Turkey mark deep inland invasion of the Akchagylian brackish-water basin during the terminal Late Pliocene** Quaternary International Vol. 605-606. P. 329–348. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.01.020> (2021 г.) WOS SCOPUS РИНЦ Q1
12. Трифонов В.Г., Зеленин Е.А., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М. (Trifonov V.G., Zelenin E.A., Sokolov S.Yu., Bachmanov D.M.) **Активная тектоника Центральной Азии** Геотектоника № 3. С.60–77 <https://doi.org/10.31857/S0016853X21030097> (2021 г.) WOS SCOPUS РИНЦ
13. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М., Соколов С.А., Трихунков Я.И. (Trifonov V.G., Sokolov S.Yu., Bachmanov D.M., Sokolov S.A., Trikhunkov Ya.I.) **Неотектоника и строение верхней мантии Центральной Азии** Геотектоника № 3. С. 31–59. <https://doi.org/10.31857/S0016853X21030085> (2021 г.) WOS SCOPUS РИНЦ
14. Трихунков Я.И., Кенгерли Т.Н., Бачманов Д.М., Фролов П.Д., Шалаева Е.А., Латышев А.В., Симакова А.Н., Попов С.В., Былинская М.Е., Алиев Ф.А. (Trikhunkov Ya.I., Kangarli T.N., Bachmanov D.M., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Latyshev A.V., Simakova A.N., Popov S.V., Bylinskaya M.E., Aliev F.A.) **Evaluation of Plio-Quaternary uplift of the South-Eastern Caucasus based on the study of the Akchagylian marine deposits and continental molasses** Quaternary International Vol. 605-606. P. 349–363. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.04.043> (2021 г.) WOS SCOPUS РИНЦ Q1