

ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЕКТА

Заявленный в проекте план работы научного исследования на отчетный период

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

I.1. Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Фролов П.Д. Позднекайнозойская складчатая структура Керченско-Таманской области // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. (Публикация статьи была запланирована на 2020 г., но перенесена на 2021 г. по независимым от авторов причинам)

I.2. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М., Соколов С.А., Трихунков Я.И. Неотектоника и строение верхней мантии Центральной Азии // Геотектоника

I.3. Трифонов В.Г., Зеленин Е.А., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М. Активная тектоника Центральной Азии в сопоставлении со строением верхней мантии // Геотектоника

I.4. 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., Gaydalenok O.V.. New data on the brackish-water Caspian-type Upper Pliocene – Lower Pleistocene deposits in NE Turkey // Quaternary International.

I.5. 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.

II. Полевые работы и научные командировки (в том числе зарубежные):

II.1. Монголия–Тыва. Приоритетными являются научные командировки 3–5 участников проекта во главе с С.А. Соколовым в Республику Монголия с целью проведения полевых работ на северо-западе страны, включая Хангайское нагорье, северную часть Долины Озер и прилегающую к ней часть Монгольского Алтая. Задачи полевых работ – изучение новейшей структуры, активных разломов и разрезов новейших отложений. Если Монголия будет в 2021 г. закрыта, полевые работы переносятся в Восточную Туву, где будут изучаться меридиональные сбросы и сбросо-сдвиги, их соотношения с молодыми вулканами и субширотными разломами и определение кинематики последних. В обоих вариантах срок – не менее 20 дней в конце июля – начале августа.

II.2. Восточный Казахстан или Горный Алтай. Приоритетными являются научные командировки 3–5 участников проекта во главе с С.А. Соколовым и Я.И. Трихунковым в Восточный Казахстан с целью проведения полевых работ в Зайсанской и Алакульской впадинах и их обрамлениях. Работы в Зайсанской впадине являются на данном этапе завершающими (уточнение стратиграфии южного борта впадины и кинематики активных разломов) и должны продолжаться не более 7 дней. Остальное время отводится Алакульской впадине (стратиграфия и структура, в том числе характеристика активных разломов). Если Казахстан будет закрыт из-за пандемии, полевые работы переносятся в Чуйскую впадину Горного Алтая, где будет изучаться новейшая структура северного обрамления впадины и ее соотношения с крупными активными разломами. В обоих вариантах срок – 15–20 дней в конце августа – начале сентября.

II.3. Северный Кавказ – район р. Белой. В работах примут участие 3–4 исполнителя проекта во главе с Я.И. Трихунковым. Цель работ – детальное изучение, отбор палеомагнитных проб и поиск иных средств датирования первых проявлений грубообломочной молассы Азово-Кубанского передового прогиба – белореченской свиты. Срок – до 10 дней в мае.

II.4. Турция. Научные командировки 4–5 участников проекта в Турцию с целью проведения полевых работ в Хорасанской, Текманской и Агрыйской впадинах СВ Турции. В ходе работ предполагается уточнить, а для Текманской впадины изучить структуру и разрез впадин,

осуществить поиск фауны и отбор палинологических и палеомагнитных проб. Срок – до 10 дней в конце сентября – начале октября.

II.5. Научная командировка П.Д. Фролова в Германию, г. Франкфурт-на-Майне, Зенкенбергский музей с целью работы с коллекциями Шутта (Schütt) плио-плейстоценовых моллюсков из Восточной Турции для уточнения видового состава моллюсков, найденных в Восточной Турции нами. Срок – 7 дней осенью 2021 г. Командировка состоится при условии, если границы Германии будут открыты.

III. Обработка результатов полевых работ, подготовка новых статей с результатами исследований по проекту и их представление в рецензируемые журналы:

III.1. Обработка материалов полевых работ 2021 г. с целью использования результатов в дальнейших публикациях.

III.2. Завершение и представление в рецензируемый журнал статьи А.И. Кожурина (Kozhurin A.I.) “Active faults in Sakhalin revisited, and the Okhotsk minor lithospheric plate” («Ревизия активных разломов Сахалина и Охотоморская малая литосферная плита», заглавие предварительное). Планируется направить статью для публикации в журнал «Asian Journal of Earth Sciences».

III.3. Завершение и представление в рецензируемый журнал статьи: Трихунков Я.И., Сыромятникова Е.В., Тесаков А.С., Буланов С.А., Латышев А.В., Кравченко М.М. Стратиграфия и история развития Зайсанской впадины. Планируется направить статью для публикации в журнал «Стратиграфия. Геологическая корреляция».

III.4. Завершение и представление в рецензируемый журнал статьи Е.А. Шалаевой и др. (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” («Плиоцен-четвертичные отложения юго-западного борта Севанской впадины и их сопоставление с позднекайнозойскими отложениями впадин СЗ Армении и соседней части Турции»). Планируется направить статью для публикации в журнал “Quaternary International”.

III.5. Подготовка и представление в рецензируемый журнал статьи Х.Челика и др. (Çelik H, Trifonov V.G., Tesakov A.S., Sokolov S.A., Frolov P.D., Simakova A.N., Shalaeva E.A., Belyaeva E.V., Zelenin E.A., Latyshev A.V.) “Late Pliocene Gilbert type delta and Early Pleistocene palaeogeographic changes in the Erzurum Basin, NE Turkey” («Позднеплиоценовая дельта гильбертового типа и палеогеографические изменения в Эрзрумской впадине в раннем плейстоцене, СВ Турция»). Планируется направить статью для публикации в один из зарубежных журналов (скорее всего, «Basin Research»).

III.6. Подготовка и представление в рецензируемый журнал статьи А.И. Кожурина о продольных вариациях параметров активного деформирования земной коры Камчатки. Планируется направить статью для публикации в журнал «Геология и геофизика».

III.7. Подготовка и представление в рецензируемый журнал статьи: Тесаков А.С., Трифонов В.Г., Симакова А.Н., Фролов П.Д., Трихунков Я.И., Гайдалёнок О.В. и др. «Акчагыльская трансгрессия Каспийского моря (поздний плиоцен и начало плейстоцена) и четвертичное поднятие Кавказского региона» (заглавие предварительное). Планируется направить статью для публикации в журнал “Quaternary International”.

III.8. Подготовка и представление в рецензируемый журнал статьи: Соколов С.А., Фролов П.Д., Зеленин Е.А. и др. «Верхнекайнозойская стратиграфия и неотектоника северного обрамления впадины Убсу-Нур, Тыва» (заглавие предварительное). Планируется направить статью для публикации в журнал «Геология и геофизика» или «Asian Journal of Earth Sciences».

III.9. Подготовка и представление к защите на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук диссертации Е.А. Шалаевой «Геология Ширакской позднекайнозойской впадины и ее обрамления» (заглавие предварительное).

IV. Развитие Базы данных активных разломов Евразии: сбор дополнительных данных по картированию и параметризации активных разломов в Евразии и соседних акваториях; создание дополнительного обобщающего слоя Базы данных, в котором группы взаимосвязанных разломов при их рассмотрении в масштабе 1:5000000 объединяются в более крупные объекты (разломные зоны) с параметрами, обобщающими свойства включенных в них отдельных разломов.

V. Подготовка итогового отчета по проекту.

Сведения о фактическом выполнении годового плана работы

I. Завершены и опубликованы в рецензируемых журналах следующие пять статей:

I.1. 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

I.2. 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.3. 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.4. 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.5. 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.

II. Выполнены следующие полевые работы:

II.1. Монголия–Тыва. Из-за эпидемиологических ограничений Монголия была закрыта, и полевые работы, согласно плану работ на 2021 г. в случае недоступности Монголии, были сосредоточены в Тыве. Экспедиционные работы проводились с 23.06.2021 по 15.07.2021. В состав экспедиции входили участники проекта РФФ, сотрудники лаборатории неотектоники и современной геодинамики Соколов С. А. и Гарипова С. Т., а также сотрудник Тувинского Института Комплексного Освоения Природных Ресурсов СО РАН Бутанаев Ю.В., сотрудник ГИН РАН Мазнев С.В. и сотрудник ГИН РАН, аспирант МГРИ Юшин К.И. Работы проходили на Саяно-Тувинском разломе и оперяющих его структурах, а также на Эрзин-Агордагском разломе.

Целью исследования в районе Саяно-Тувинского разлома было выявление природы структурного ограничения Тувинской впадины и ее соотношений с активными разрывными нарушениями, а также выявление геологических и геоморфологических признаков активности разломов, 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, расположенной к югу от хребта Танну-Ола, их мощность относительно невелика. Днище впадины осложнено многочисленными невысокими холмами, возвышающимися над ее поверхностью.

Большая часть исследуемой территории располагается в пределах национального парка и заповедника «Убсунурская котловина», что накладывает ограничения на проходку канав. В связи с этим основное внимание было направлено на выявление и описание естественных обнажений, поиск и описание геоморфологических и геологических признаков активности разрывных нарушений, первичные и вторичные сейсмодислокации. Была изучена нижняя часть течения р. Хемчик, р. Шеле и ряд других водотоков. Саяно-Тувинский разлом имеет признаки правого сдвига, что проявляется в последовательном подпруживании русел водотоков, оставленных руслах, разрыве и смещении орографических форм вдоль прямолинейных структур, параллельных разлому. Разлом на большей части своего простирания выражен очень 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 кинематику, 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 обогащенные 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.

Таким образом, по результатам работ на Саяно-Тувинском разломе выявлено, что он лишь частично совпадает с северо-западной границей Тувинской впадины и не является структурой, ограничивающей ее. Еще одним примером резкого контраста геометрии межгорных впадин и активных разрывных нарушений Тувы и северной Монголии является Эрзин-Агордагский разлом. Эта структура является древним разломом, по которому граничат высоко метаморфизованные породы докембрия к югу и раннепалеозойские образования к северу от разлома. Вдоль разрывного нарушения наблюдаются выходы офиолитовых комплексов. 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 гряды невысоких холмов. В створе разрывного нарушения была заложена траншея глубиной 1,5–2 м и длиной около 3 м. Траншеей вскрыта достаточно широкая пластина разлома (1.5 м), в строении этой пластины преобладают сложные «цветковые» структуры, характерные для сдвиговых деформаций, а также встречаются малоамплитудные сбросовые нарушения, северо-западный блок опущен. К сожалению, аридный климат Убсунурской впадины не позволил произвести радиоуглеродное датирование сейсмособытий, зафиксированных в траншее.

II.2. 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 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.3. Северный Кавказ – 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 уникальная фауна млекопитающих. Полученные результаты охарактеризованы ниже.

II.4. Турция. Полевые работы в Восточной Турции выполнили 20–31.08.2021 участники проекта А.С. Симакова, Я.И. Трихунков, П.Д. Фролов и Е.А. Шалаева совместно с Х. Челиком (профессор Евфратского Университета, г. Элязыг, Турция), А.С. Тесаковым (ГИН РАН) и В.С. Ломовым (студент МПГУ). Были изучены плиоцен–плейстоценовые разрезы Хорасанской и Агрыйской внутригорных впадин по долинам рек Аракс (возле с. Пекеджик) и Хыныс (бассейн р. Мурат в районе г. Хыныс). Детально отобраны образцы на палеомагнитный и палинологический анализ. Собран обширный фаунистический материал (моллюски, мелкие и крупные млекопитающие позднего плиоцена – раннего плейстоцена).

170-метровый разрез аллювиально-озерных лигнитоносных отложений Пекеджик (верхнее течение р. Аракс) расположен на южном борту Хорасанской внутригорной впадины и полого (до 11°) наклонен в северных румбах. В 2021 г. в разрезе отобраны 23 образца на палинологический анализ. Из них 14 образцов отобрано из средних и верхних частей разреза. Для средней части разреза (55–80 м от основания), где в 2019–2020 гг. были обнаружены солоновато-водные диноцисты акчагыльского типа, получены новые свидетельства их присутствия. Обнаружены диноцисты *Caspidinium rugosum*, *Algidasphaeridium* cf. *capillatum*, что подтвердило проникновение акчагыльского моря в эту, ныне высокогорную часть Армянского нагорья. 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 *Mimomys graerliosaenicus*. 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.

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 pliocaenicus и древних степных полевок *Borsodia* sp. Полученные микротериофауны подтверждают присутствие в разрезе Пекеджик границы плиоцена и квартера и, наряду с обнаруженными здесь проявлениями акчагыльской трансгрессии, делает Пекеджик важным опорным разрезом для всего Закавказья.

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, рис. 1 в Приложении) отобрано на палинологию 9 образцов. Предварительные палинологические данные не исключают позднемиоценовый возраст нижней части разреза Хыныс 3; из этой же части разреза отобрана фауна пресноводных моллюсков. Форма сохранности 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.

II.5. Из-за КОВИД-ных ограничений не состоялась научная командировка П.Д. Фролова в Германию, г. Франкфурт-на-Майне, Зенкенбергский музей сроком 7 дней с целью работы с коллекциями Шутта (Schütt) плио-плейстоценовых моллюсков. Выделенные на несостоявшуюся командировку денежные 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 (см. подраздел II.2).

III. Выполнены обработка результатов полевых работ, подготовка новых статей с результатами исследований по проекту и их представление в рецензируемые журналы:

III.1. Выполнена частичная обработка материалов, полученных в ходе полевых работ 2021 г. и оставшихся необработанными после полевых работ предыдущих лет. В 2021 г. Я.И. Трихунков, С.А. Соколов, Д.М. Бачманов и Е.А. Шалаева подготовили для палеомагнитного анализа и А.В. Латышев проанализировал на договорных началах 250 пространственно ориентированных образцов, отобранных из позднекайнозойских рыхлых отложений. Для сохранности образцы были скреплены немагнитным клеем. Все образцы были подвергнуты ступенчатому размагничиванию на АF-демагнетайзере, встроенном в 2G Enterprises криогенный магнетометр «Храмов», который и использовался для измерения остаточной намагниченности. Определение компонент остаточной природной намагниченности осуществлялось с помощью программного обеспечения (Ekin, 1994), основанного на методике палеомагнитного анализа (Kirschvink, 1980).

А.Н. Симакова завершила обработку ранее отобранных спорово-пыльцевых проб из низов верхнеплиоценового разреза Демиркент и из верхнеплиоцен-раннеплейстоценового разреза Пекеджик в Восточной Турции. К настоящему времени выполнена предварительная обработка спорово-пыльцевых проб, отобранных в 2021 г. из средних и верхних частей разреза Пекеджик 1 и из разрезов 1–3 расположенной южнее Хынысской впадины. Дальнейшая обработка геологических образцов позволит получить новые данные о возрасте отложений, эволюции ландшафтов и тектонической истории региона, которые будут опубликованы в высокорейтинговых журналах.

III.2. Подготовлена и представлена в Asian Journal of Earth Sciences статья: Kozhurin A.I. «Active Faults in Sakhalin and North of the Sea of Okhotsk: Does the Okhotsk Plate Really Exist?». В настоящее время статья находится на стадии рецензирования. 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 (рис. 2 в Приложении). 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 ASTERGDEM 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 (рис. 3 в Приложении), 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.

Получены следующие результаты.

(1). Три основных разлома Северо-Сахалинской зоны (Хейтонский, Пильтунский и Верхне-Пильтунский (Нефтегорский)) – правосдвиговые. Данные о них (уверенные для Хейтонского разлома, относительно уверенные для Пильтунского, определенные для Верхне-Пильтунского, менее определенные для Дагинского) позволяют предположить, что правосдвиговой является 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-Пононайской 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 (см. рис. 3 в Приложении).

(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 (S-V на рис. 3). 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, то есть определяет интервал времени, в течение которого накопились 55–57 км смещения. Самые древние отложения заполнения впадины относятся к олигоцену (Kuznetsov et al., 2015). Какая это часть олигоцена, неясно. 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 праводвиговую кулисную систему цепью миоцен-четвертичных впадин-грабен на северном побережье Охотского моря и, возможно, впадин на шельфе моря. В целом, праводвиговая 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 леводвиговую кинематику разлома Улахан.

III.3. Подготовлена статья: Трихунков Я.И., Сыромятникова Е.В., Тесаков А.С., Буланов С.А., Латышев А.В., Кравченко М.М. «Стратиграфия и история развития Зайсанской впадины». В статье рассматривается сложная история кайнозойского развития Зайсанской межгорной впадины и её горного обрамления, отраженная в строении осадочного чехла впадины. Приводятся результаты палеомагнитного и палеонтологического опробования кайнозойских отложений опорных разрезов впадины и их корреляции. Выделено несколько стадий тектонической активности региона, развития и деградации Зайсанского озерного бассейна, развития рельефа и ландшафтов впадины в кайнозое. В настоящее время готовы геолого-тектоническая и стратиграфическая части статьи (последняя включает результаты магнито-стратиграфического анализа). Статья будет представлена в журнал «Стратиграфия. Геологическая корреляция» после завершения анализа палеонтологического материала.

III.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., Lатышев 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 РФФ в число соавторов, но, несмотря на наши требования, не включили в статью ссылку на проект РФФ. Указанная публикация сделала публикацию планировавшейся 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.5. Подготовлена и представлена в журнал “Basin Research” 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”.

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, датированного 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.

III.6. 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 полуострове (СФ на рис. 4 в Приложении), 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 (поднятие хр. Кумроч) примерно на продолжении Алеутского трансформного разлома и разграничивающего, таким образом, сбросовые деформации восточного ограничения Центральной Камчатской депрессии 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 (см. рис. 4 в Приложении).

(1) Разворот против часовой стрелки (с приближением простираний 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, вероятно, связано перемещение вулканических проявлений в Центральную Камчатскую депрессию.

(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 распространяться под водой к месту изгиба оси глубоководного желоба.

III.7. 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 (рис. 5 в Приложении). 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 (рис. 6 в Приложении) и их соотношения с пресноводными отложениями того же возраста, интенсивность четвертичных вертикальных движений на основе современного высотного положения морских акчагыльских отложений (рис. 7 в Приложении). 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, сопровождаемым 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 послепечорское 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.8. 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.

III.9. 20.01.2021 состоялась успешная защита диссертации Гайдаленок О.В. «Структура Керченско-Таманской зоны складчатых деформаций Азово-Кубанского прогиба», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогической наук по специальности 25.00.01 – Общая и региональная геология. ВАК утвердил результаты защиты. Гайдаленок О.В. присвоена искомая научная степень. Диссертация Е.А. Шалаевой «Геология Ширакской позднекайнозойской впадины и ее обрамления» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук завершена в частях, характеризующих общую геологическую ситуацию региона, геологию и происхождение Ширакской впадины. Задержка с представлением диссертации к защите связана с желанием диссертанта сопоставить в рамках этой работы Ширакскую впадину с другими впадинами Армянского нагорья, в частности, Хорасанской с опорным разрезом Пекеджик, данные 2021 г. по которому полностью еще не обработаны. По этой причине представление диссертации к защите отложено.

IV. 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.

Сведения о достигнутых конкретных научных результатах в отчетном году

I. Результаты, содержащиеся в пяти статьях, которые опубликованы в рецензируемых журналах:

I.1. 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.

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 продолжаются 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 продолжение структур Горного Крыма и Северо-Западного Кавказа в тектоническом отношении, сочетает в себе относительные поднятия и прогибы разного генезиса. Керченско-Таманская складчатая зона представляет собой отдельное образование, расположенное к северу от этих сооружений.

I.2. 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.3. 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.4. 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 и нижнего плейстоцена, 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, алевролитами и слабо сцементированными тонкозернистыми песчаниками и содержат солоновато-водных диноцист акчагыльского типа. Возраст отложений определен комплексным анализом ассоциаций моллюсков и мелких и крупных млекопитающих, палинологических спектров, включая диноцисты и водоросли, и магнито-стратиграфических данных. Разрез Демиркент и нижняя часть разреза Пекеджик, включая слои с диноцистами, датируются поздним плиоценом (пьяченцием), поскольку они нормально намагничены и верхний предел встречаемости диноцист *Ataxodinium cf. confusum*, *Pontiadinium* и спор *Planctonites* – поздний плиоцен (Head, 1992; Williams et al., 1998; Lenz, 2000). Таким образом, акчагыльская трансгрессия Каспийского моря распространялась далеко на запад во внутриворонные районы Северо-Восточной Турции в конце плиоцена. Пыльцевые спектры демонстрируют прогрессирующую аридизацию в течение седиментации нижней части разреза Демиркент и увлажнение и похолодание 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. Современная высота акчагыльских солоновато-водных отложений дает возможность оценить амплитуды и средние скорости четвертичного поднятия западной части Малого Кавказа. 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.5. 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 находятся здесь ближе всего к побережью Каспийского моря, и молодые морские отложения покрывают высокогорные водораздельные поверхности. Представлены результаты изучения плиоцен-четвертичных тектонических движений и стратиграфии отложений. Морфоструктурный и фациальный анализ северо-восточного склона горной системы позволяет реконструировать историю плиоцен-четвертичного горообразования. Отложения с раковинами акчагыльских моллюсков найдены в моноклинали Кусарского плато на высотах до 2020 м, а высота отложений пляжа, предположительно коррелируемого с акчагыльскими отложениями, достигает 2500 м на склоне Бокового хребта. Это позволяет 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.

II. Результаты полевых работ

II.1. Тыва. По результатам работ на Саяно-Тувинском разломе было выявлено, что он имеет правосдвиговую кинематику, возможна незначительная вертикальная компонента, юго-восточный блок опущен. Разлом несет признаки современной активности. Датировки сейсмособытий будут уточнены на основе радиоуглеродных данных. Саяно-Тувинский разлом лишь частично совпадает с северо-западной границей Тувинской впадины и не является структурой, ограничивающей ее, что аналогично структурному ограничению Убсунурской впадины, где Южно-Таннуольский разлом не несет признаков структуры, обеспечивающей прогибание котловины. Таким образом, для впадин Тывы характерно независимое формирование межгорных впадин и каркаса активных разрывных нарушений; две группы структурных единиц формируют независимые парагенезисы.

II.2. Восточный Казахстан (см. подраздел II.2 в разделе 1.3).

II.3. Северный Кавказ – район р. Белой. Нижняя часть белореченской свиты, перекрывающая подстилающие отложения с несогласием, сложена озерными алевролитами и песчаниками с карбонатным цементом. Судя по тому, что 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 нижней части свиты найдены остатки костей млекопитающих, среди которых выделяются хорошей сохранностью челюсть оленя и полный скелет слепыша. Согласно предварительным определениям этих костных остатков В.В. Титовым (ЮНЦ РАН) и А.С. Тесаковым (ГИН РАН), слои, вмещающие костные остатки, принадлежат апшеронскому региоярису (калабрию). Белореченская свита отличается от нижележащих неогеновых 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.

II.4. Турция. Сопоставление спорово-пыльцевых проб из низов верхнеплиоценового разреза Демиркент и проб из верхнеплиоцен-раннеплейстоценового разреза Пекеджик в Восточной Турции приводит к следующим выводам. 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 разрезов Пекеджик 1 и 3, где встречены диноцисты, формировались в более влажных условиях, чем отложения низов разреза Демиркент. В спектрах отмечено большее количество пыльцы хвойных, меньшее разнообразие пыльцы широколиственных пород. В травянистой группе спектров разрезов Пекеджик 1–3 доминирует пыльца Asteraceae и Poaceae, а в разрезе Демиркент – Chenopodiaceae. Состав диноцист также различается. В разрезах Пекеджик сокращается количество цист *Caspidinium rugosum*, увеличивается количество *Polysphaeridium* sp., *Lingulodinium* sp., *Cleistosphaeridium* sp., появляются цисты *Puxidinopsis* sp., aff. *Arteodinium* sp. Возможно, такое изменение состава диноцист связано с более глубоководными прибрежно-морскими фациями.

III. Результаты обработки полевых материалов, подготовки новых статей с результатами исследований по проекту и их представлению в рецензируемые журналы.

III.1. Результаты обработки полевых материалов (см. подраздел III.1 в разделе 1.3).

III.2. Подготовлена и представлена для опубликования в *Asian Journal of Earth Sciences* статья: Kozhurin A.I. «Active Faults in Sakhalin and North of the Sea of Okhotsk: Does the Okhotsk Plate Really Exist?».

В статье показано, что вдоль о-ва Сахалин продолжаются правостороннее 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.

III.3. Подготовлена статья: Трихунков Я.И., Сыромятникова Е.В., Тесаков А.С., Буланов С.А., Латышев А.В., Кравченко М.М. «Стратиграфия и история развития Зайсанской впадины» (см. подраздел III.3 в разделе 1.3).

III.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., 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” (см. подраздел III.4 в разделе 1.3).

III.5. Подготовлена и представлена в журнал “Basin Research” 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” (см. подраздел III.5 в разделе 1.3).

III.6. Подготовлена статья: Кожурин А.И. «Продольные вариации параметров активного деформирования земной коры Камчатки» (см. подраздел III.6 раздела 1.3).

III.7. 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” (см. подраздел III.7 раздела 1.3)

III.8. Подготовлена статья: Соколов С.А., Фролов П.Д., Зеленин Е.А. и др. «Верхнекайнозойская стратиграфия и неотектоника северного обрамления впадины Убсу-Нур, Тыва» (см. подраздел III.8 в разделе 1.3).

III.9. В высокой степени готовности находится диссертация Е.А. Шалаевой «Геология Ширакской позднекайнозойской впадины и ее обрамления» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук (см. подраздел III.9 в разделе 1.3).

IV. 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.

Результаты усовершенствования структуры БД и дополнения ее новыми данными представлены в статье: 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 (IF = 11.5). Preprint. - <http://dx.doi.org/10.5194/essd-2021-312>. На момент написания отчета статья находится на стадии рецензирования.

В статье изложены история и методика составления БД, описаны ее обновленные 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 существенно 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, указаны способы доступа к БД (см. ниже) и принципы ее корректного использования.

Содержание обновленной и дополненной версии самой 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 примеры их заполнения 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.

Перечень публикаций за год по результатам проекта

1. *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. (2021 г.)* SCOPUS РИНЦ
2. *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 (2021 г.)* WOS SCOPUS РИНЦ Q1
3. *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 (2021 г.)* WOS SCOPUS РИНЦ
4. *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 (2021 г.)* WOS SCOPUS РИНЦ
5. *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 (2021 г.)* WOS SCOPUS РИНЦ Q1