

Региональная геология

УДК 551.24.01+552.3 (51)

<https://doi.org/10.26516/2541-9641.2024.4.67>

Изучение геологии, полезных ископаемых, землетрясений и источников кайнозойского вулканизма Монголии преподавателями геологического факультета Иркутского государственного университета

С.В. Рассказов^{1,2}, И.С. Чувашова¹

¹*Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия*

²*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

Аннотация. Охарактеризованы исследования на территории Монголии, выполненные преподавателями геологического факультета ИГУ в разное время. В 1957–1958 гг. Н.А. Флоренсов и В.П. Солоненко изучали последствия Гоби-Алтайского землетрясения, произошедшего 4 декабря 1957 г. и по результатам этих работ открыли новое научное направление – палеосейсмогеологию. Идея использовать сейсмодислокации, новообразованные при сильном землетрясении, для оценки прошедших сейсмических событий территории была со временем дополнена американскими палеосейсмогеологами вскрытием сейсмических рвов и датированием событий методом ¹⁴C. В 1970-х гг. А.Г. Кузнецов, В.А. Сульдин и др. участвовали в работе Советско-Монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции. Они оценили перспективы территории на фосфориты и бокситы и составили первые геологические карты Прихубсугулья, служившие в качестве основы для работ гидрогеологов, палеосейсмогеологов, биологов, почвоведов, химиков и других специалистов, принимавших участие в работах экспедиции. В 2001–2024 гг. авторы настоящей статьи обосновали на территории Монголии пространственно-временное изменение мантийных источников вулканических пород новейшего геодинамического этапа эволюции Земли и связали происхождение деформаций литосферы в Байкальской рифтовой системе с развитием процессов в Японско-Байкальском геодинамическом коридоре.

Ключевые слова: история геологии, Иркутский госуниверситет, Хубсугул, Монголия, землетрясения, вулканические породы, кайнозой.

Study of Geology, Mineral Resources, Earthquakes and Sources of Cenozoic Volcanism in Mongolia by Lecturers of the Geological Faculty of the Irkutsk State University

S.V. Rasskazov^{1,2}, I.S. Chuvashova¹

¹*Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia*

²*Irkutsk State University, Irkutsk, Russia*

Abstract. This paper presents studies of lecturers from the Geological Faculty of Irkutsk State University performed in Mongolia at different times. In 1957–1958, the study of the consequences of the Gobi-Altai earthquake that occurred in Mongolia on December 4, 1957, led to the discovery by N.A. Florensov and V.P. Solonenko of a new scientific direction – paleoseismogeology. The idea of using seismic dislocations newly formed during a strong earthquake to assess past seismic events in the area with similar structures of the geological past was eventually supplemented by American paleoseismogeologists that opened seismic structures by trenches and dated seismic events using the ¹⁴C method. In the 1970s, lecturers of the faculty A.G. Kuznetsov, V.A. Suldin and others participated in the work of the Soviet-Mongolian complex Khovsgol expedition. They compiled a geological map of the Khovsgol region and assessed the territory's prospects for phosphorites and bauxites. These works were of practical importance and served as a basis for hydrogeologists, paleoseismogeologists, biologists, soil scientists, chemists and other specialists, who took part in the expedition's work. In the 2001–2024, the authors of this paper substantiated the spatial and temporal change in mantle sources of volcanic

rocks of the latest geodynamic stage of the Earth's evolution in Mongolia and linked the origin of lithosphere deformations in the Baikal Rift System with the development of processes in the Japan-Baikal geodynamic corridor.

Keywords: *history of geology, Irkutsk State University, Khovsgol, Mongolia, earthquakes, volcanic rocks, Cenozoic.*

Введение

На геологическом факультете Иркутского государственного университета (ИГУ) прошли обучение многочисленные монгольские студенты. Существенный резонанс имели также работы преподавателей факультета, проводившиеся на территории Монголии в разное время. Цель настоящей статьи – подчеркнуть значение трех направлений работ:

- Изучение последствий Гоби-Алтайского землетрясения, произошедшего 4 декабря 1957 г. (1957–1958 гг.)
- Изучение геологии и полезных ископаемых Прихубсугуля Советско-Монгольской комплексной Хубсугульской экспедицией (1970-е гг.)
- Изучение источников кайнозойского вулканизма Монголии (2001–2024 гг.)

Изучение последствий Гоби-Алтайского землетрясения

Заметный след в истории геологического факультета ИГУ оставили Н.А. Флоренсов и В.П. Солоненко. Н.А. Флоренсов в 1936 г. экстерном закончил геолого-почвенно-географический факультет ИГУ по специальности «геология». В автобиографическом очерке он писал: «С 1937 года в Иркутском университете мне предложили место преподавателя, и, помню, я взялся за новую работу с энтузиазмом. Зав. кафедрой проф. А.В. Львов не только мне благоволил, но фактически передал мне все дела по кафедре. В университете, как и на производстве, я прошел через все служебные ступени. Последнюю лекцию прочитал в 1960 г.» (Николай Александрович Флоренсов, 2003. С. 138). В.П. Солоненко окончил геолого-почвенно-географический факультет в 1935–1940 гг. также по специальности «геология» и остался работать на этом (с 1949 г. – геологическом) факультете. В 1953–1958 гг. он исполнял обязанности зав. кафедрой и в 1958 г. был избран

по конкурсу на должность зав. лабораторией Института земной коры ВСФ АН СССР. Н.А. Логачев так писал о В.П. Солоненко в период его преподавания в ИГУ: «*Виктор Прокопьевич отличался необыкновенным трудолюбием и в молодые годы мог работать регулярно по 14 часов в сутки. Особенно напряженным выдался конец 40-х годов, когда он готовил отчет о графитовых месторождениях Восточной Сибири и Дальнего Востока в связи с запросами оборонной и зарождавшейся атомной промышленности. На кафедре динамической геологии его можно было застать за рабочим столом утром и поздно вечером, когда на факультете не оставалось ни души. Результатом такого сконцентрированного труда явилась монография «Геология месторождений графита Восточной Сибири и Дальнего Востока» (1951), защищенная в МГУ в июне 1952 г. в качестве докторской диссертации. Получение докторской ученой степени в неполные 36 лет и звания «профессор» в неполные 37 лет – абсолютный рекорд раннего научного созревания не только для геологического факультета университета, но и для всего Иркутска. Во всяком случае, мне не известны докторские защиты по геологии в более раннем возрасте.» (Виктор Прокопьевич Солоненко, 2004. С. 10–11).*

В 1940-х и 1950-х гг. преподаватели факультета органично совмещали лекции с работой на производстве и научными изысканиями. В августе 1947 г. была организована конференция Академии наук СССР по изучению производительных сил Иркутской области, на которой Н.А. Флоренсов как главный геолог Восточно-Сибирского геологического управления представил доклад о ее природных ресурсах. В опубликованных работах 1948 г. Н.А. Флоренсова (1948) и Е.В. Павловского (1948) была впервые охарактеризована новейшая структура Байкальской рифтовой зоны (исследования этой новейшей

структуры продолжают до настоящего времени). В феврале 1949 г. решением правительства СССР в Иркутске был организован Восточно-Сибирский филиал Академии наук СССР, а 6 апреля того же года геологический факультет был выделен из геолого-почвенно-географического факультета в самостоятельное подразделение ИГУ. Выпускник геологического факультета 1952 г. Н.А. Логачев был приглашен Н.А. Флоренсовым для геологического картирования Тункинской впадины и Еловского отрога в Институт земной коры ВСФ АН СССР. По результатам этих работ, проводившихся от Восточно-Сибирского филиала АН СССР, в 1953 г. был подготовлен производственный отчет.

4 декабря 1957 г. в Гобийском Алтае произошло одно из сильнейших землетрясений Азии. В это время Флоренсов и Солоненко преподавали в ИГУ. По просьбе

правительства МНР в район землетрясения вылетела группа: Н.А. Флоренсов, В.П. Солоненко и А.А. Тресков (рис. 1). Вместе с монгольскими коллегами они провели аэровизуальные и маршрутные наблюдения свежих сейсмических рвов в плейстосейстовой области, протянувшейся на 270 км вдоль северного подножия Гобийского Алтая. В июньском номере научно-популярного журнала «Природа» были опубликованы первые впечатления Н.А. Флоренсова (1958) об этом грандиозном событии (рис. 2), а в сентябре 1958 г. под его научным руководством и при техническом обеспечении В.П. Солоненко были организованы работы специальной Гоби-Алтайской экспедиции, результатом которых явилось описание последствий события 4 декабря в книге «Гоби-Алтайское землетрясение» (1963) (рис. 3).

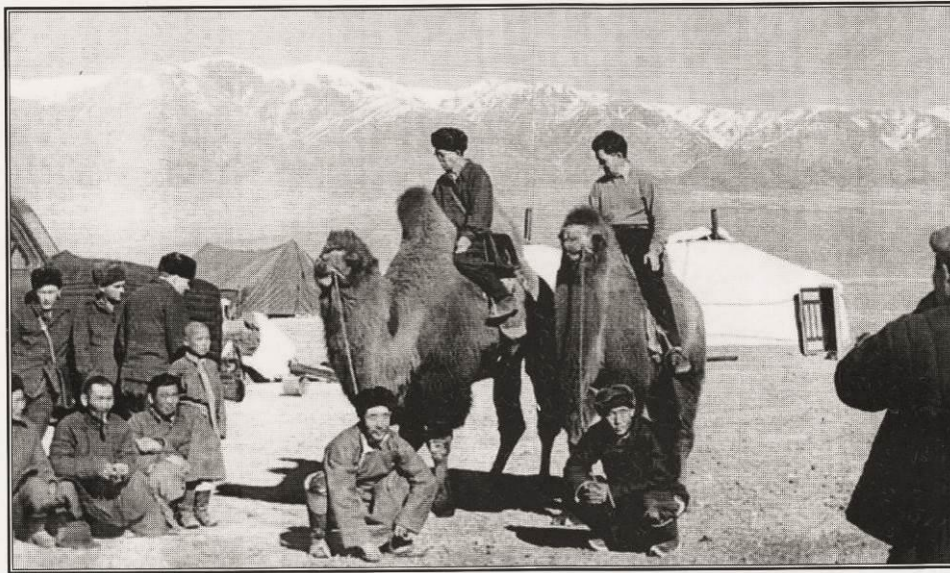


Рис. 1. Н.А. Флоренсов (слева) и В.П. Солоненко в Монголии. Баян-Гоби сомон. На заднем плане – массив Ихэ-Богдо, высшая точка Гобийского Алтая (3957 м). Октябрь 1958 г.

Fig. 1. N.A. Florensov (left) and V.P. Solonenko in Mongolia, Bayan-Gobi somon. In the background is the Ikhe-Bogdo massif, the highest point of the Gobi Altai (3957 m). October 1958.

Значение этих работ оценил один из участников экспедиции Н.А. Логачев. Он писал: «Два обстоятельства заставили коснуться гоби-алтайского эпизода несколько подробнее. Во-первых, результаты работы экспедиции оказались настолько весомыми, что вышедшая в 1963 году под редакцией Н.А. Флоренсова и В.П. Солоненко книга «Гоби-Алтайское землетрясение» по инициативе сейсмологов из Калифорнии была

срочно переведена на английский язык и дважды тиражирована за границей (в 1965 г. и 1966 г.). Во-вторых, на Гоби-Алтайском полигоне Флоренсов окончательно утвердился в идее о сохранении и возможности использования на практике следов ископаемых, т.е. очень давних, доисторических, сильных землетрясений, так называемых палеосейсмодислокаций.

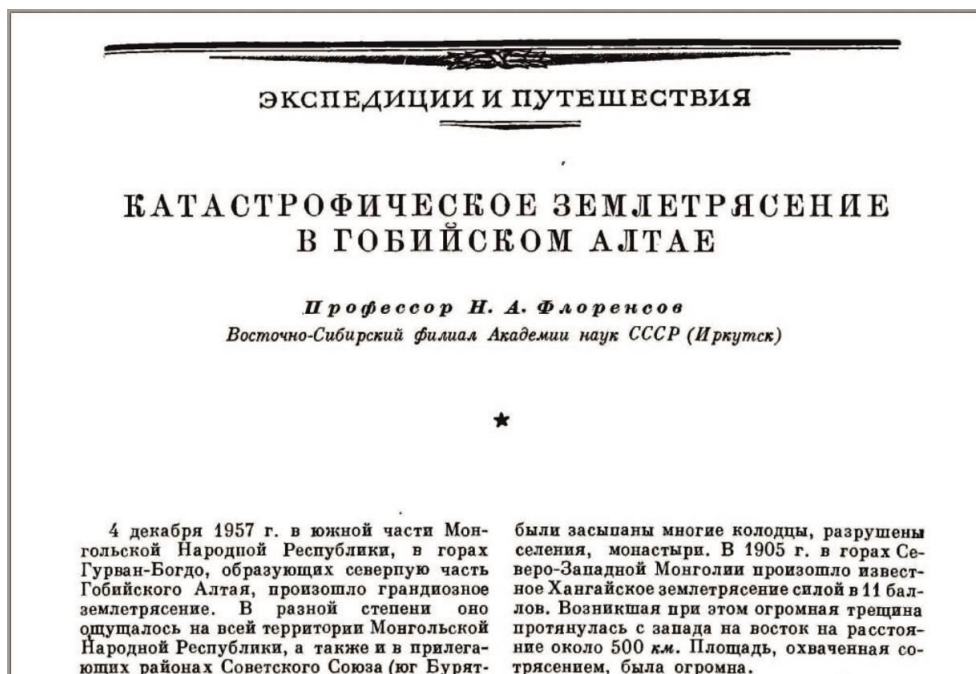


Рис. 2. Титульная страница статьи Н.А. Флоренсова в июньском номере научно-популярного журнала «Природа» за 1958 г.

Fig. 2. Title page of N.A. Florensov’s article in the June issue of the popular science magazine “Nature” (Florensov, 1958).

Палеосейсмогеологический метод, в котором эта идея получила конечное оформление, поставил соединение сейсмологии и геологии в качестве первого необходимого условия при определении уровня сейсмической опасности и сейсмическом районировании территорий, особенно мало или поздно заселенных, для которых недостаточно сейсмостатистики. В методологическом отношении такое соединение, как теперь ясно, совершенно необходимо, но 40–50 лет назад многие сейсмологи, даже крупные, рассматривали сейсмичность и развитие сейсмического процесса вне связи со свойствами и особенностями геологического субстрата. Истоки этого, по тем временам нового, подхода лежат в широком сотрудничестве иркутских геологов и сейсмологов, начавшемся с совместного обследования зон сильных землетрясений – Мондинского, Муйского, Гоби-Алтайского. Разработка этого метода до его широкого практического использования у нас в стране и за рубежом принадлежит члену-корреспонденту АН СССР В.П. Солоненко и его ученикам. Приоритет иркутских ученых в этой области неоспорим.» (Николай Александрович Флоренсов, 2003. С. 24–25).

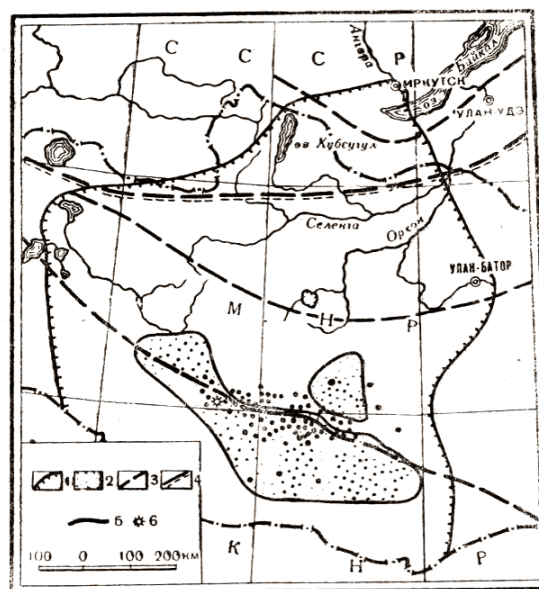


Рис. 3. Схема Гоби-Алтайского землетрясения (Гоби-Алтайское землетрясение, 1963). 1 – изосейста V баллов; 2 – площади с силой землетрясения VII баллов и выше; 3 – направление геологических структур; 4 – Северо-Монгольский разлом; 5 – эпицентральная зона Гоби-Алтайского землетрясения (X–XII баллов); 6 – эпицентр Баян-Цаганского землетрясения 7–8 апреля 1958 г. (по местному времени) (X баллов). Крупные точки – эпицентры наиболее сильных афтершоков, по вычислениям С.И. Голенецкого.

Fig. 3. Scheme of the Gobi-Altai earthquake (Gobi-Altai earthquake, 1963). 1 – isoseismal line of V points; 2 – area with strong earthquakes of VII points and higher; 3 – direction of geological structures; 4 – North Mongolian fault; 5 – epicentral zone of the Gobi-Altai earthquake (X–XII points); 6 – epicenter of the Bayan-Tsagan earthquake of April 7–8, 1958 (in local time) (X points). Large dots are the epicenters of the strongest aftershocks, according to calculations of S.I. Golenetsky.

История палеосейсмогеологии, начавшаяся в 1957 г., имела продолжение. «...через 35 лет состоялось повторное изучение полосы сейсмогенных разрывов 1957 г., проведенное российскими, американскими и монгольскими специалистами в 1993–1994 гг. в составе Совместной советско-монгольской геофизической экспедиции Академии наук СССР и Академии наук МНР. Главными исполнителями работ стали Рудольф Александрович Курушин (ИЗК СО РАН), участник Гоби-Алтайской экспедиции 1958 г., и известный американский сеймотектонист Питер Молнар (Массачусетский технологический институт, США). Они написали монографию, почти одновременно опубликованную в США («The Surface Rupture of the 1957 Gobi-Altai, Mongolia, Earthquake», 1997) и в России («Дислокации Гоби-Алтайского (Монголия) землетрясения 1957 г.», 1998). ... В нем специально подчеркнута выдающаяся роль В.П. Солоненко и Н.А. Флоренсова в определении кинематики и последствий подвижки по Долиноозерскому разлому в момент сейсмического акта в начале декабря 1957 г.» (Виктор Прокопьевич Солоненко, 2004. С. 15).

В конце 1980-х гг. начались контакты между СССР и США и состоялся первый обмен геологическими группами по 8 человек из СССР (ИЗК СО АН СССР и ИГЕМ АН СССР) и США (университеты и геологическая служба). Совместные работы проводились по сравнительному изучению рифтовых зон Байкальской и Рио-Гранде в 1988 г. Сейсмогеологическое направление со стороны СССР представлял В.С. Хромовских, со стороны США – М. Машет. В ходе сообщений на совместных конференциях и в полевых маршрутах выяснилось, что, несмотря на приоритет иркутских геологов, достигнутый в 1957–1958 гг. и в последующих работах по

картированию палеосейсмодислокаций, американские геологи тоже продвинулись в исследовании сейсмических рвов. Они показали вскрытые канавами, задокументированные сейсмогенные смещения, датированные методом ^{14}C по фрагментам захороненных почв и слоев с растительными остатками. Палеосейсмогеолог М. Машет не проявил интереса к дальнейшим работам в Байкальской рифтовой зоне, но к работе подключился другой американский специалист в области палеосейсмогеологии Дж. МакКэлпин, который поделился своим опытом документации палеосейсмических событий и участвовал во вскрытии палеосейсмодислокаций во впадинах Тункинской долины и других районов Байкальской рифтовой зоны. Он проводил работы совместно с В.С. Хромовских, В.В. Ружичем и С.А. Макаровым.

Полученные датировки палеосейсмодислокаций методом ^{14}C были сопоставлены с датировками вулканических извержений на Удоканском поле северо-восточной части Байкальской рифтовой зоны, имеющими в последние 14.4 тыс. лет (в календарном летоисчислении до 1950 г.) слегка сокращающуюся квазипериодичность 2 тыс. лет. С учетом обнаруженного среднеголоценового изменения обстановки магмопроницаемости верхней части коры на хр. Удокан, предполагалось различие сейсмического режима раннего и позднего голоцена Прибайкалья. В связи с этим обращалось внимание на формирование наиболее крупных Сарминской, Танхойской, Восточноаянской, Торской и Аршанской сейсмогенных структур в первой половине голоцена.

Из опубликованных материалов и полевой документации, выполненной палеосейсмогеологами, к концу 1990-х гг. были сделаны следующие выводы (Рассказов, Макаров, 1997):

1. Наиболее отчетливо следы сейсмогенных деформаций сохранились в разрезах рыхлых отложений в местах распространения песчано-глинистых грунтов.

2. Сейсмическое событие в одной структуре могло быть одиночным, либо сейсмические события в структуре повторялись. Например, Сарминская структура сформировалась 10100 ± 90 лет назад (ЛУ-2441).

Следов ее повторной активизации не установлено. В Танхойской структуре было две активизации: первая – 7920 ± 360 лет назад (ЛУ-2712), вторая – более тысячи лет назад (возраст оценивался по скорости осадконакопления во рву). Несколько сейсмических событий было выявлено в Аршанской структуре (McCalpin, Khromovskih, 1995).

3. В процессе многократной активизации структуры характер деформаций отложений мог меняться. Так, при заложении Торской структуры 12180 ± 100 лет назад (ЛУ-2677) в обстановке растяжения образовался ров шириной несколько метров. Затем происходили неоднократные вертикальные смещения, сопровождавшиеся сжатием грунтов. Растяжение, выразившееся образованием клина, вновь произошло 8700 ± 100 лет назад (ЛУ-2557). Более поздние события в интервале 7435–3310 лет назад зафиксированы в соседнем сейсмогенном рву.

В 2000-х гг. и позже вскрытием и датированием палеосейсмодислокаций в Байкальской рифтовой зоне и в сопредельных районах Монголии занимались В.С. Имаев, А.В. Чипизубов, О.П. Смекалин и другие палеосейсмогеологи. Значение палеосейсмогенных рвов для общей оценки произошедших и ожидаемых сейсмических событий территории, впервые отмеченное Н.А. Флоренсовым и В.П. Солоненко в 1957–1958 гг. на примере Гоби-Алтайского землетрясения, а также датирование, привнесенное американскими палеосейсмогеологами на юг Сибири и в Монголию, к настоящему времени стало одним из трендов «основного геологического потока» – рутинным методом оценки современной активности разломов, необходимой для строительства зданий и сооружений в сейсмически активных областях (McCalpin, 2009).

В 2007 г. в Улан-Баторе состоялась международная конференция с геологической экскурсией в Гобийский Алтай в связи с 50-летием со времени Гоби-Алтайского землетрясения (Conference..., 2007). Работы по изучению сейсмодислокаций Гоби-Алтайского землетрясения и сопредельных территорий, а также предшествующих палеосейсмических событий на юге Монголии

продолжаются (Rizza et al., 2011; Demberel, Anatoly, 2017; Ankhtsetseg et al., 2020; Lee et al., 2021).

Изучение геологии и полезных ископаемых Прихубсугулья

На основе геологической карты Северной Монголии, составленной в конце 1960-х гг., был сделан вывод о приспособлении кайнозойских (Хубсугульской и Дархатской) впадин к субмеридиональным структурам докайнозойского фундамента (Уфлянд и др., 1969). В конце 1960-х и начале 1970-х гг. в западном Прихубсугулье обозначились перспективы на залежи фосфоритов и бокситов (Осокин, 1967; Музалевский, 1970; Ильин, 1971б, 1973; Осокин и др., 1973).

В 1970 г. была организована Советско-Монгольская комплексная Хубсугульская экспедиция Иркутского и Монгольского государственных университетов, объединяющих преподавателей разных научных направлений (Белоус и др., 2020). В составе ее Геологического отряда работы проводились в летние месяцы 1970–1972 гг. под научным руководством профессора геологического факультета ИГУ Г.А. Кузнецова. Техническое обеспечение работ осуществлялось старшим преподавателем В.А. Сульдиным, в состав отряда входили: аспирант А.Е. Бессолицин, студент Монгольского государственного университета Б. Дамдинжав и студент ИГУ Н. Плотников (Кузнецов и др., 1972). Со времени организации Советско-Монгольской комплексной экспедиции ИГУ в 1970 г. в ее исследованиях участвовали также доценты А.И. Горячев и Т.Н. Титоренко. Геологический отряд Советско-Монгольской экспедиции занимался проблемами литологии и стратиграфии Западного Прихубсугулья, а также бокситоносностью и фосфоритоносностью верхнепротерозойских отложений. В начальном варианте уточненной геологической карты побережья Хубсугула (Кузнецов и др., 1972) были показаны основные комплексы пород (рис. 4). В следующем году была

сделана попытка проследить породы докайнозойского фундамента и кайнозойские базальты под Хубсугулом (рис. 5).

В середине 1970-х гг. по геологии и полезным ископаемым Прихубсугулья под научным руководством профессора Г.А. Кузнецова были защищены кандидатские диссертации В.А. Сульдина с упором на фосфоритность (1975) и А.Е. Бессолина с упором на бокситоносность (1975). Во второй половине 1970-х и в 1980-х гг. работы по бокситам и фосфоритам Прихубсугулья продолжались в связи с геологическим картированием сопредельной юго-восточной части Восточного Саяна в масштабе 1:50000 (Осокин, 1979, 1986, 1988; Бямба и др., 1984).

Результаты геологических работ вошли в Атлас озера Хубсугул (1989) (рис. 6). В атласе отражена важнейшая роль в образовании Хубсугульской впадины субмеридионального Окино-Хубсугульского разлома, протягивающегося вдоль ее западного борта. Разлом был впервые показан на рис. 43 в монографии Н.А. Флоренсова (1960). Такое положение разлома предполагалось при геологических работах в Прихубсугулье Г.А. Кузнецовым и др. (1973). По мнению этих авторов, Окино-Хубсугульский разлом обусловил асимметричное строение впадины. Положение этого разлома учитывалось при реконструкции неотектонических стресс-тензоров в бортах Хубсугульской впадины, тогда как другие разломы, показанные на геологических картах (рис. 4–8), на схеме активных разломов не отражены (Парфеевец, Саньков, 2006).

В отличие от Окино-Хубсугульского разлома, проходящего на картах–схемах рис. 4–6 через северную оконечность Хубсугула, на карте под редакцией А.Л. Яншина (рис. 7) в качестве главного обозначен разлом, проходящий западнее п-ова Долон-Ула. Комплексы пород Западного Прихубсугулья прослеживаются в Восточное Прихубсугулье. Таким образом, по строению фундамента

кайнозойская Хубсугульская впадина не имеет какого-либо статуса пограничной структуры. Положение маркирующих слоев фосфоритов и строение карбонатных толщ Западного Прихубсугулья на этой карте существенно отличается от их положения на рис. 4 и 5 и имеет частичное сходство с положением структурных элементов карты рис. 6 (Атлас..., 1989).

В 1990-х гг. работы в Прихубсугулье возобновились в связи с проведением ГДП-200 в Восточном Саяне (Гофман и др., 1991; Кулешов и др., 1991; Осокин, 1991, 1992, 1994а,б,в; Осокин и др., 1991; Виноградов и др., 1994; Никифоров и др., 1995; Khrustalyev et al., 1996; Осокин, Тыжинов, 1998; Хрусталева, Осокин, 1999). В начале 1990-х гг. существовал проект крупномасштабного геологического картирования Северной Монголии Окинской экспедицией, базировавшейся в пос. Монды, но эта экспедиция была закрыта, и работы не состоялись. Тематика фосфоритности Прихубсугулья завершилась защитой докторской диссертации П.В. Осокина (1999).

Изучение кайнозойского вулканизма Монголии

Началу работ по изучению кайнозойского вулканизма Монголии способствовали участники Советско-Монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции. При полевых работах 1970-х гг. преподавателем географического факультета ИГУ (геоморфологом) В.С. Кулаковым отбирались отдельные образцы базальтов западного борта Хубсугульской впадины. В начале 1980-х гг. эти образцы были переданы через палинолога В.А. Белову первому автору настоящей статьи (С.В. Рассказову). К–Аг датировки базальтов западного борта Хубсугульской впадины (Иваненко и др., 1989) были дополнены датировками базальтов Прихубсугулья не только К–Аг методом, но и методом $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Rasskazov et al., 2003; Ярмолук и др., 2003; Рассказов и др., 2012). В результате первое предварительное датирование вулканических пород плиоценом–квартером (рис. 4,5) было уточнено. Получен возрастной диапазон, соответствующий всему миоцену (рис. 9).

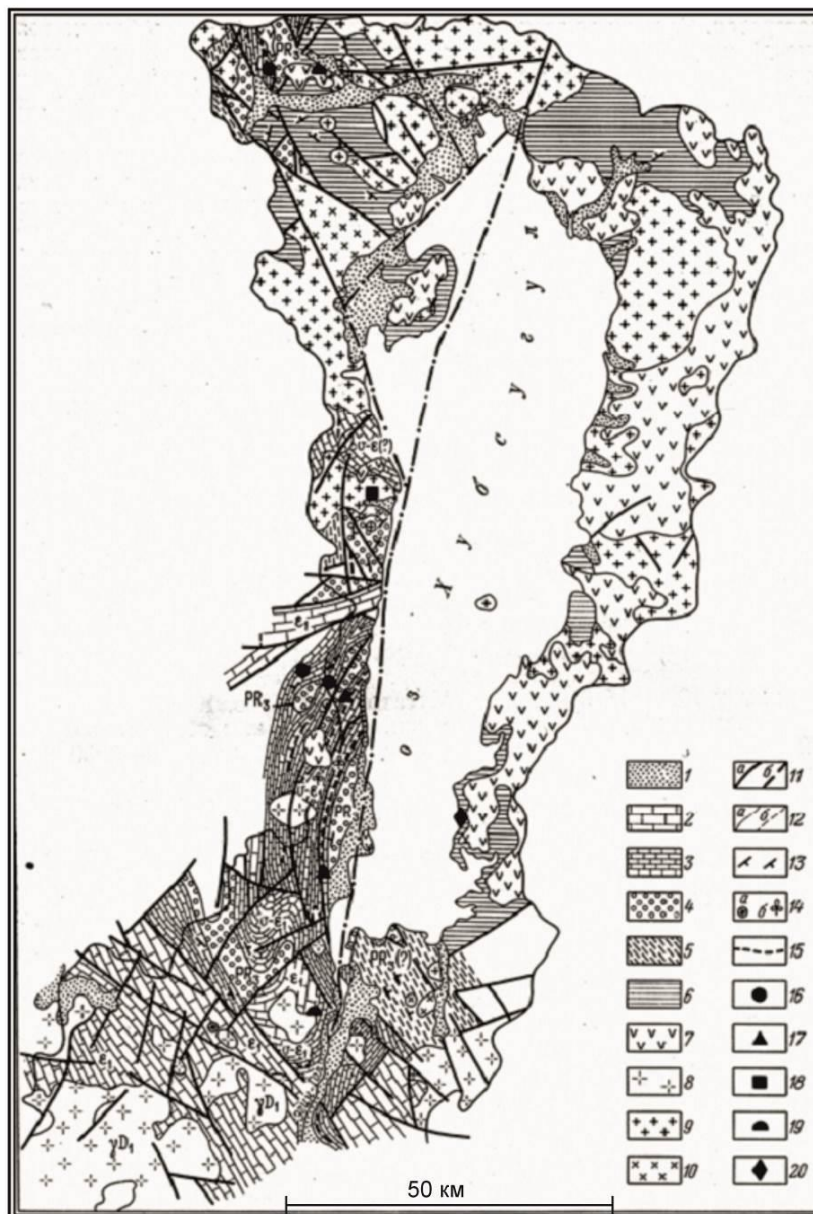


Рис. 4. Первый вариант схемы геологии и полезных ископаемых района оз. Хубсугул (Кузнецов и др., 1972). 1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – нижнекембрийские отложения (Є1); 3 – кембрийские и вендские отложения; 4 – верхнепротерозойские породы; 5 – рифейские отложения; 6 – протерозойские и архейские образования; 7 – неоген-четвертичные базальты; 8 – среднепалеозойские кислые и щелочные интрузивные породы; 9 – верхнерифейские кислые интрузивные породы; 10 – венд-нижнекембрийские породы основного и ультраосновного состава; 11–12 – основные разломы установленные (11) и предполагаемые (12); 13 – дайки; 14 – места нахождения остатков древней фауны и флоры; 15 – границы предполагавшихся разработок; 16 – фосфориты; 17 – марганцовистые породы; 18 – железосодержащие породы; 19 – графитизированные породы.

Fig. 4. The first version of geology and mineral resources of the Lake Khovsgol area (Kuznetsov et al., 1972). 1 – loose Quaternary sediments; 2 – Lower Cambrian sediments (Є1); 3 – Cambrian and Vendian sediments; 4 – Upper Proterozoic rocks; 5 – Riphean sediments; 6 – Proterozoic and Archean formations; 7 – Neogene-Quaternary basalts; 8 – Middle Paleozoic silicic and alkaline intrusive rocks; 9 – Upper Riphean silicic intrusive rocks; 10 – Vendian-Lower Cambrian rocks of basic and ultrabasic composition; 11–12 – established (11) and assumed (12) main faults; 13 – dikes; 14 – locations of remains of old fauna and flora; 15 – boundaries of proposed developments; 16 – phosphorites; 17 – manganese rocks; 18 – iron-bearing rocks; 19 – graphitized rocks.

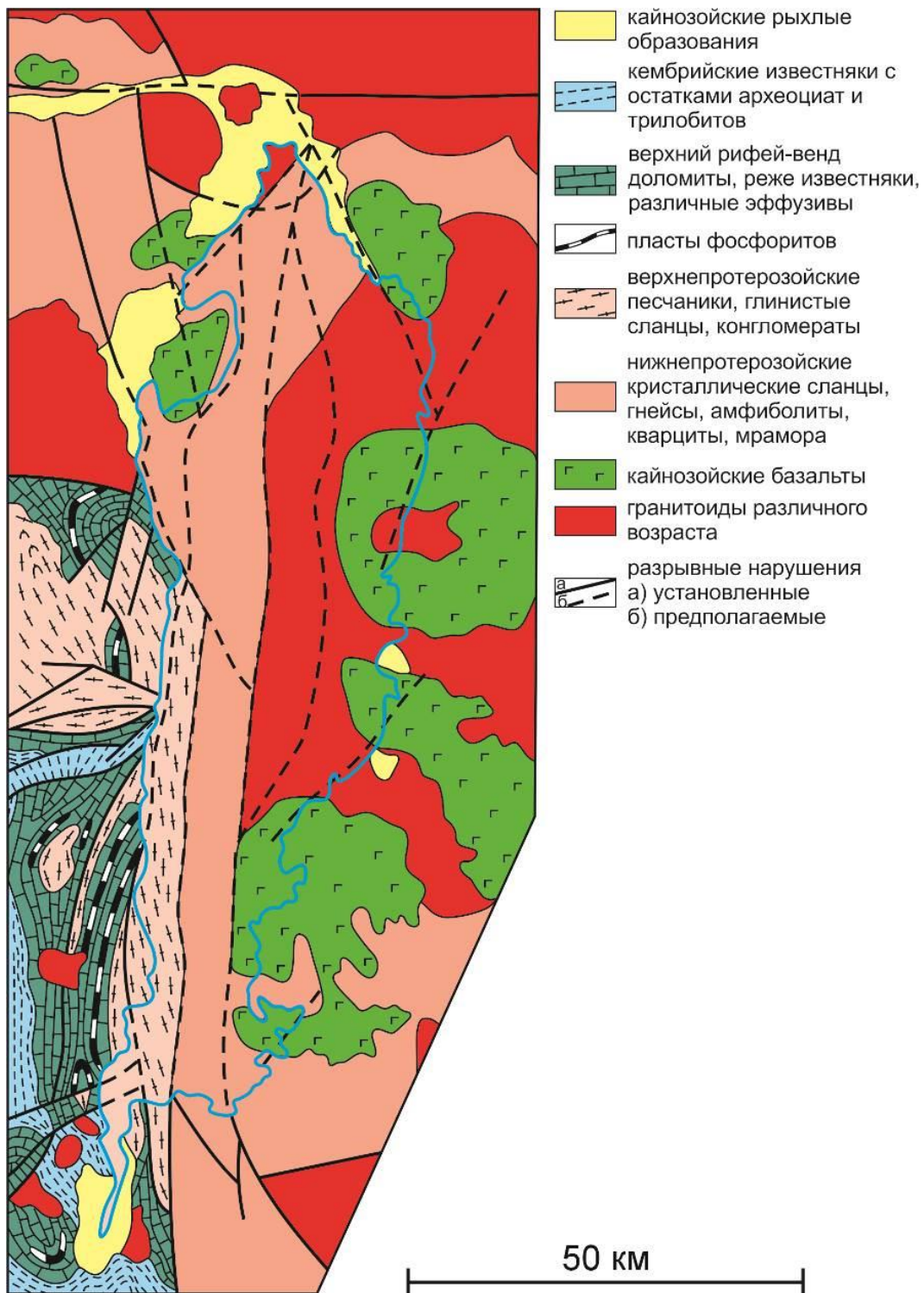
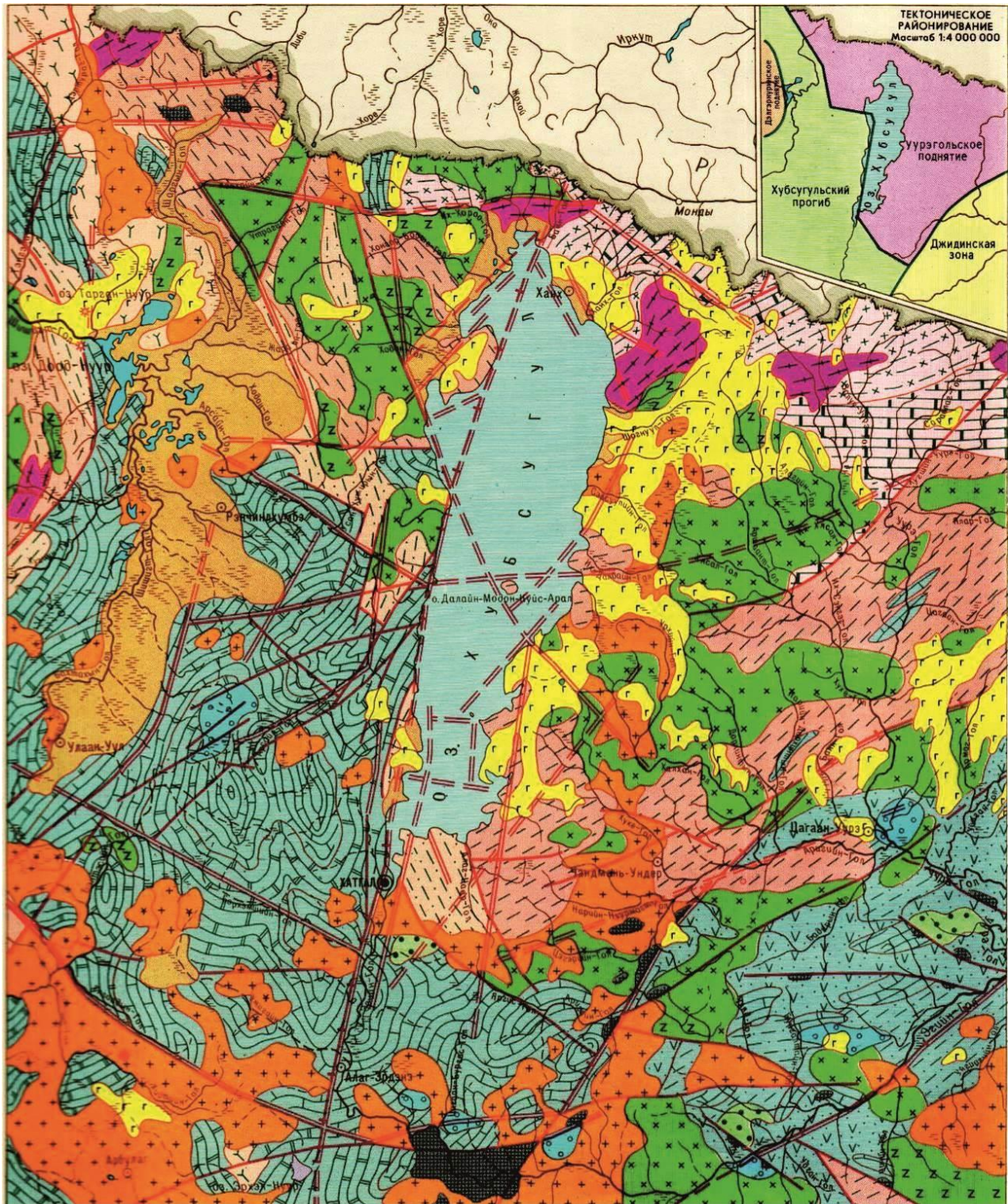


Рис. 5. Второй вариант геологической схемы Прихубсугулья (Кузнецов и др., 1973) с упрощением. Для улучшения восприятия схемы в настоящей статье сделана ее раскраска. На схеме отчетливо различаются комплексы пород, слагающие восточное и западное побережье средней и южной частей оз. Хубсугул.

Fig. 5. The second version of the geological scheme of the Khovsgol region (Kuznetsov et al., 1973) with simplification. To improve the scheme perception in this paper, it has been colored. The sketch map clearly shows the rock complexes that make up the eastern and western coasts of the middle and southern parts of Lake Khovsgol.



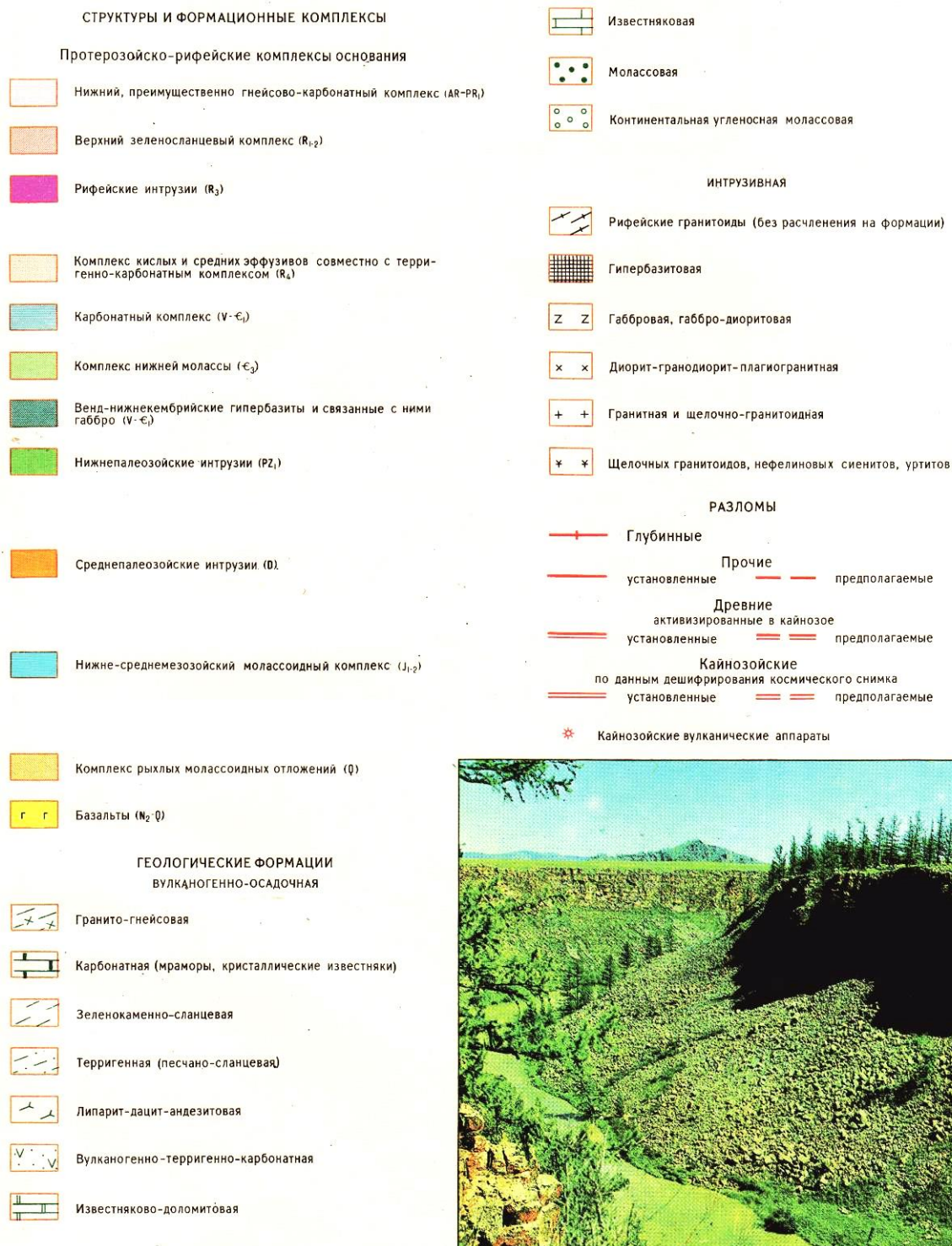
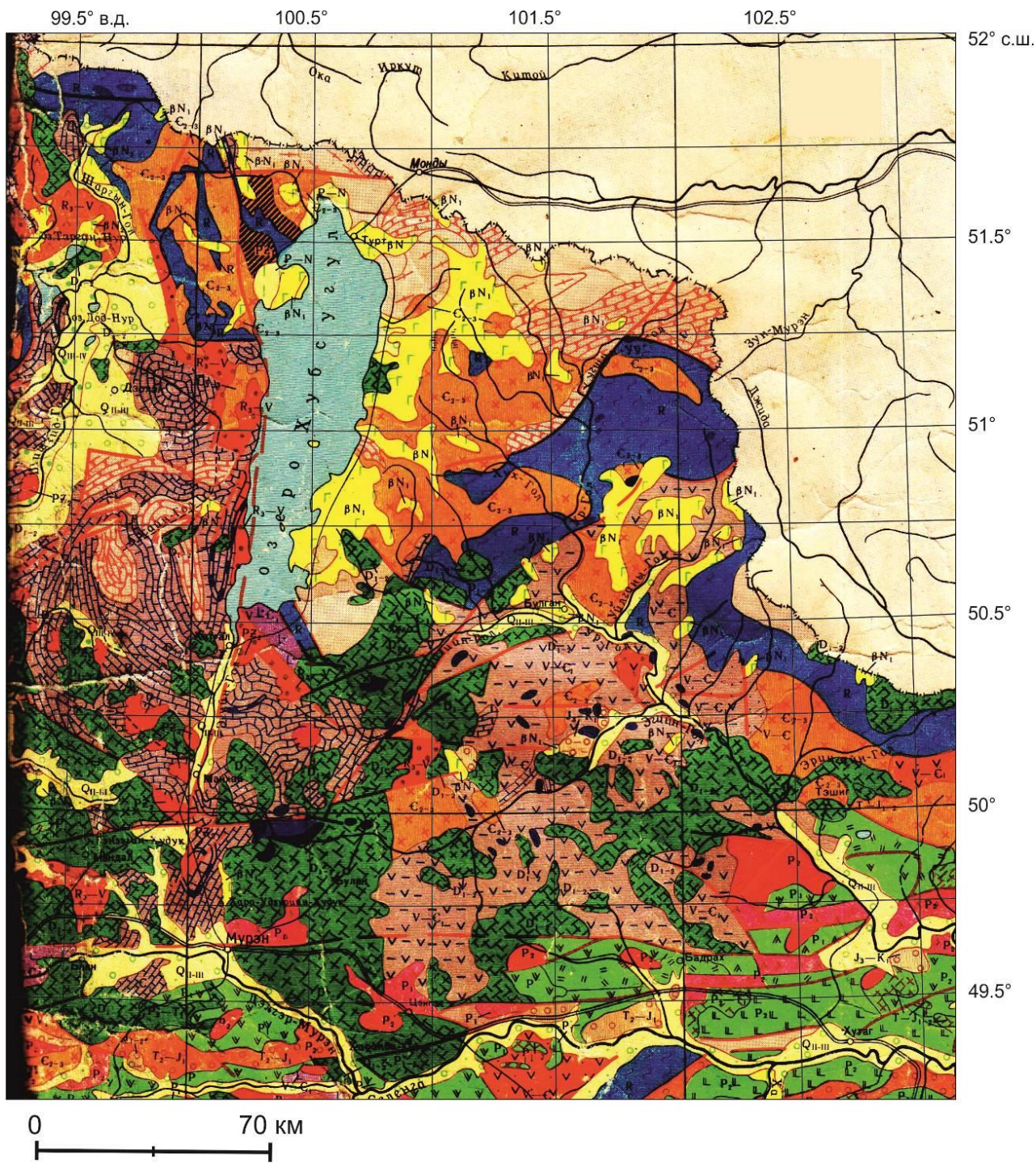


Рис. 6. Тектоническая карта Прихубсугулья, выполненная в масштабе 1:1000000 с врезкой тектонического районирования (Атлас..., 1989) (с изменениями). Эта версия карты существенно отличается от первой и второй версий геологических схем рис. 4 и 5.

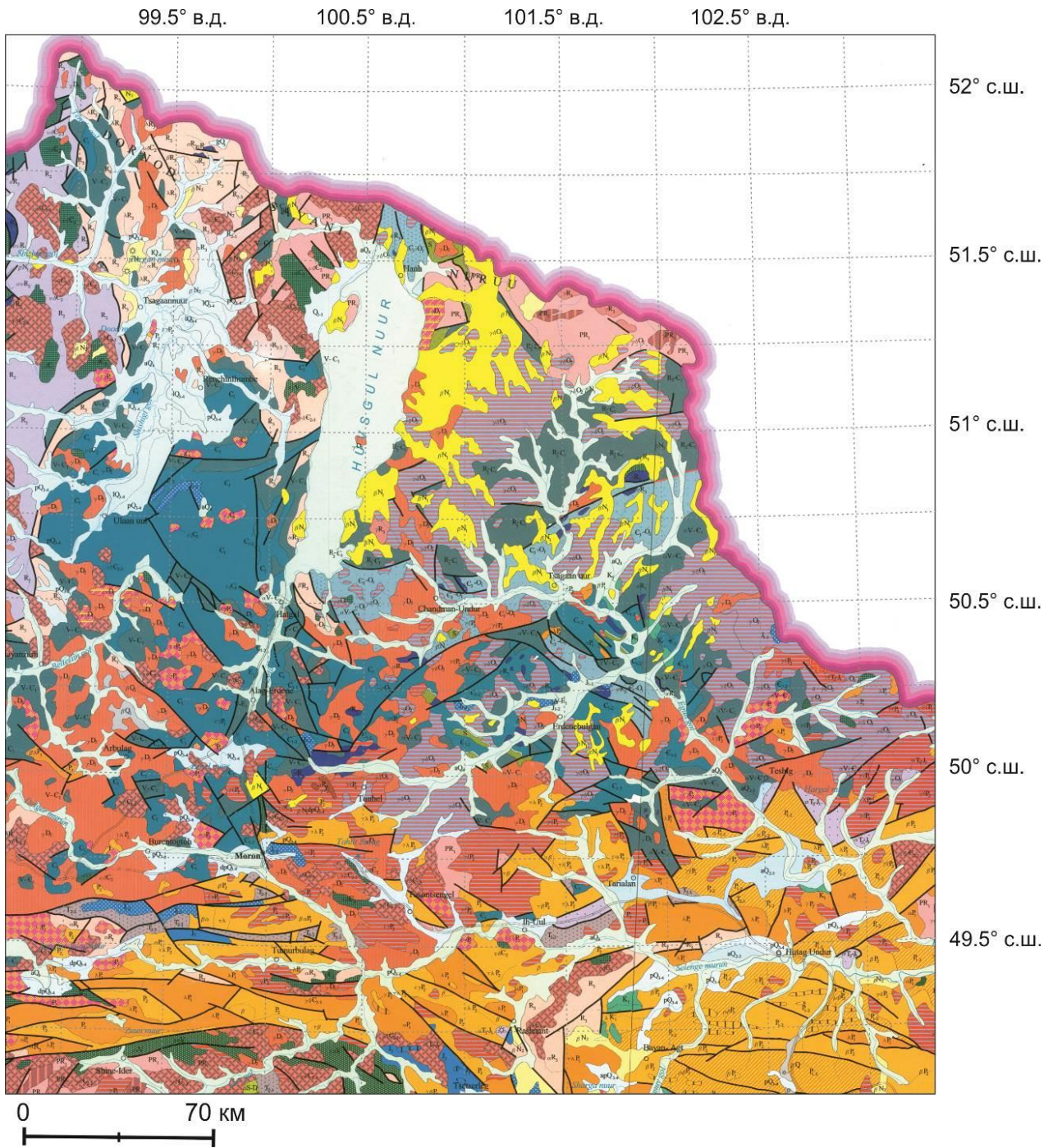
Fig. 6. Tectonic map of the Khovsgol region, compiled at a scale of 1:1000000, with insert of tectonic zoning (Atlas..., 1989) (with modifications). This version of the map differs significantly from the first and second versions of the geological sketch maps of Figs. 4 and 5.



	осадочная формация, континентальная сероцветная песчано-щебнистая
	вулканическая формация, континентальная, преимущественно калиевых базальтоидов
	осадочная формация, континентальная, молассовая угленосная
	осадочная формация, континентальная, молассовая, угленосная
	плутоническая формация, континентальная, щелочных гранитов и сиенитов
	плутоническая формация, континентальная, гранит-лейкогранитовая с граносиенитами
	вулканическая формация, континентальная, базальт-трахибазальт-трахиандезитовая и трахибазальтовая
	вулканическая формация, континентальная, андезит-риолит-трахириолитовая, трахиандезитовая
	вулканическая формация, континентальная, контрастная вулканическая
	вулканическая формация, континентальная, андезит-риолит-трахириолитовая, трахиандезитовая
	плутоническая формация, континентальная, гранит-лейкогранитовая с граносиенитами
	плутоническая формация, континентальная, нефелиновых и псевдолейцитовых сиенитов
	плутоническая формация, переходная, гранодиоритовая
	осадочная формация, переходная, карбонатно-терригенная с вулканитами
	осадочная формация, переходная, терригенная
	вулканическая формация, переходная, базальтовая, андезит-базальтовая, андезитовая
	осадочная формация, переходная, карбонатная (орогенная) и кремнисто-карбонатная (хемогенная)
	осадочная формация, континентальная, песчано-алевролитовая (местами с кислыми эффузивами)
	осадочная формация, океаническая, зеленосланцевая, местами с черными сланцами
Дорифейские образования	
	гнейс-амфиболиты с гранулитами
	нерасчлененные докембрийские интрузивные породы
	карбонат-кварциты с амфиболитами и гнейсами

Рис. 7. Северный фрагмент Карты геологических формаций Монгольской народной республики (1989). Карта составлена в масштабе 1:1500000 под ред. А.Л. Яншина в рамках работ Совместной советско-монгольской научно-исследовательской экспедиции.

Fig. 7. Northern fragment of the Map of Geological Formations of the Mongolian People's Republic (1989). The map was compiled at a scale of 1:1,500,000 under the editorship of A.L. Yanshin as part of the work of the Joint Soviet-Mongolian Scientific Research Expedition.



$a, I Q_4$	верхнечетвертичные аллювиальные озерные отложения
$I, d p Q_{3-4}$	средне- верхнечетвертичные делювиально-пролювиальные озерные отложения
$g Q_3$	среднечетвертичные ледниковые отложения
Q_{2-3}	среднечетвертичные отложения
βQ_1	нижнечетвертичные базальты и базальтоиды
βN_2	средненеогеновые базальты и базальтоиды
βN_1	нижненеогеновые базальты и базальтоиды
J_1	верхнеюрские отложения
J_{2-3}	нижне- и среднеюрские отложения
$\alpha T_3 - J_1$	верхнетриасовые-нижнеюрские андезиты
T_{2-3}	средне- и верхнетриасовые отложения
$\mu \beta P_1$	среднепермские пикробазальты (?)
P_2	среднепермские базальты (β), комендиты ($\tau\lambda$), щелочные граниты ($\epsilon\gamma$)
γP_2	среднепермские граниты
$\epsilon\gamma P_2$	среднепермские щелочные граносиениты
P_{1-2}	нижне- и среднепермские отложения
$\alpha, \lambda P_1$	нижнепермские андезиты, риолиты
K_1	нижнемеловые отложения
$\epsilon\gamma D_2$	среднедевонские щелочные граниты
γD_2	среднедевонские граниты
$\alpha S - D_1$	силурийские-нижнедевонские андезиты
S	силурийские отложения, нерасчлененные
$\gamma \delta O_2$	среднеордовикские гранодиориты
$C_1 - O_1$	нижнекембрийские-нижнеордовикские отложения, нерасчлененные
$\gamma \delta C_2$	средне- и верхнекембрийские гранодиориты
C_{1-2}	нижне- и среднекембрийские отложения
$\gamma \delta C$	нижнекембрийские габбро, нориты, диориты
C_1	нижнекембрийские отложения
$\beta, \alpha V - C$	венд-нижнекембрийские базальты, андезиты
γR_3	верхнерифейские граниты
σR_1	верхнерифейские дуниты
$\beta, \lambda, \alpha R_3$	верхнерифейские базальты, риолиты, андезиты
R_{2-3}	средне- и верхнерифейские отложения
R_2	среднерифейские отложения
$\sigma v V$	вендские габбро, дуниты
PR_1	нижнепротерозойские нерасчлененные отложения
γPR_1	нижнепротерозойские граниты

Рис. 8. Северный фрагмент геологической карты Монголии (Geological map..., 1999). Карта составлена в масштабе 1:1000000 под ред. О. Томуртоого. На северной оконечности оз. Хубсугул показан блок нижнего кембрия–нижнего ордовика, ограниченный субмеридиональными разломами. Подобный блок пород находится на южной оконечности оз. Хубсугул. Такие же блоки характерны для Восточного Прихубсугулья, но не распространяются в Западное Прихубсугулье. В такой рисовке геологической карты проявляется определяющая роль субмеридионального Окино-Хубсугульского разлома (Флоренсов, 1960; Кузнецов и др., 1973) как пограничной структуры, которая была унаследована кайнозойской Хубсугульской впадиной.

Fig. 8. Northern fragment of the geological map of Mongolia (Geological map..., 1999). The map was compiled at a scale of 1:1,000,000 and edited by O. Tomurtogoo. At the northern end of Lake Khovsgol, a Lower Cambrian–Lower Ordovician block is shown, bounded by north-south faults. A similar block of rocks is located at the southern end of Lake Khovsgol. The same blocks are characteristic of the Eastern Khovsgol region, but do not extend into the Western Khovsgol one. This geological map reveals the decisive role of the north-south Oka-Khovsgol fault (Florensov, 1960; Kuznetsov et al., 1973) as a boundary structure that was inherited by the Cenozoic Khovsgol basin.

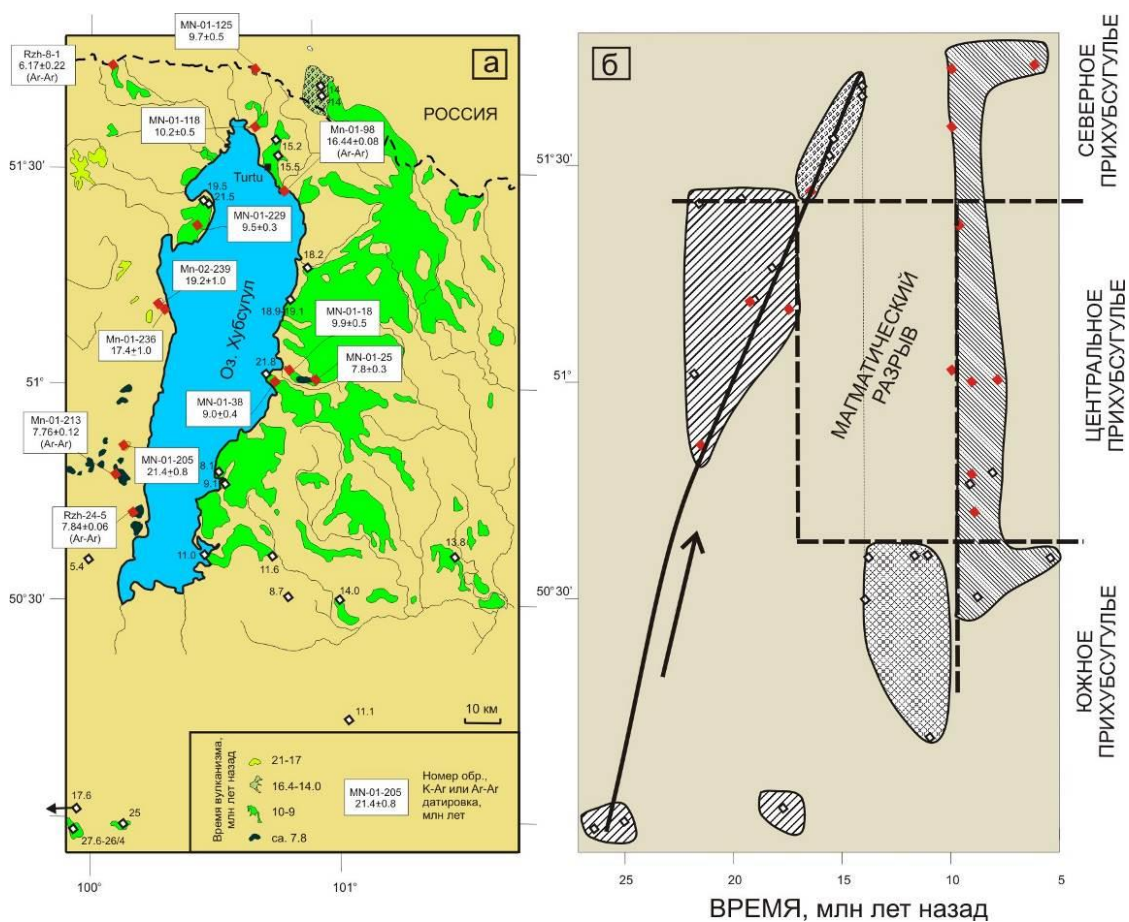


Рис. 9. Схемы местоположения образцов вулканических пород Прихубсугулья с К–Ar и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировками (а) и пространственно-временного смещения вулканизма с перерывом извержений в центральной части побережья оз. Хубсугул во временном интервале 17–10 млн лет назад (б) (Рассказов и др., 2012).

Fig. 9. Schemes of the location of volcanic rock samples from the Lake Khovsgol region with K–Ar and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating (a) and the spatial and temporal shift of volcanism with a hiatus in eruptions in the central part of the coast of Lake Khovsgol in the time interval of 17–10 million years ago (b) (Rasskazov et al., 2012).

Первый автор настоящей статьи (С.В. Рассказов) начал преподавать на геологическом факультете ИГУ в 2002 г. и последующие годы проводил полевые работы в Монголии. Второй автор (И.С. Чувашова) поступил на геологический факультет ИГУ в 2001 г. и начиная с 2004 г. принимал участие в полевых работах на территории Монголии, а с 2010 г. начал преподавать на факультете. Выводы о пространственно-временных закономерностях распределения вулканизма Центральной Монголии были представлены в

коллективной монографии (Рассказов и др., 2012) (рис. 10), изданной за счет средств, полученных преподавателями геологического факультета ИГУ в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, государственный контракт № 11736 от 29.05.2010 г. Работы по кайнозойскому вулканизму соответствовали плану НИР ИЗК СО РАН и частично проводились за счет дополнительных средств геологического факультета ИГУ.

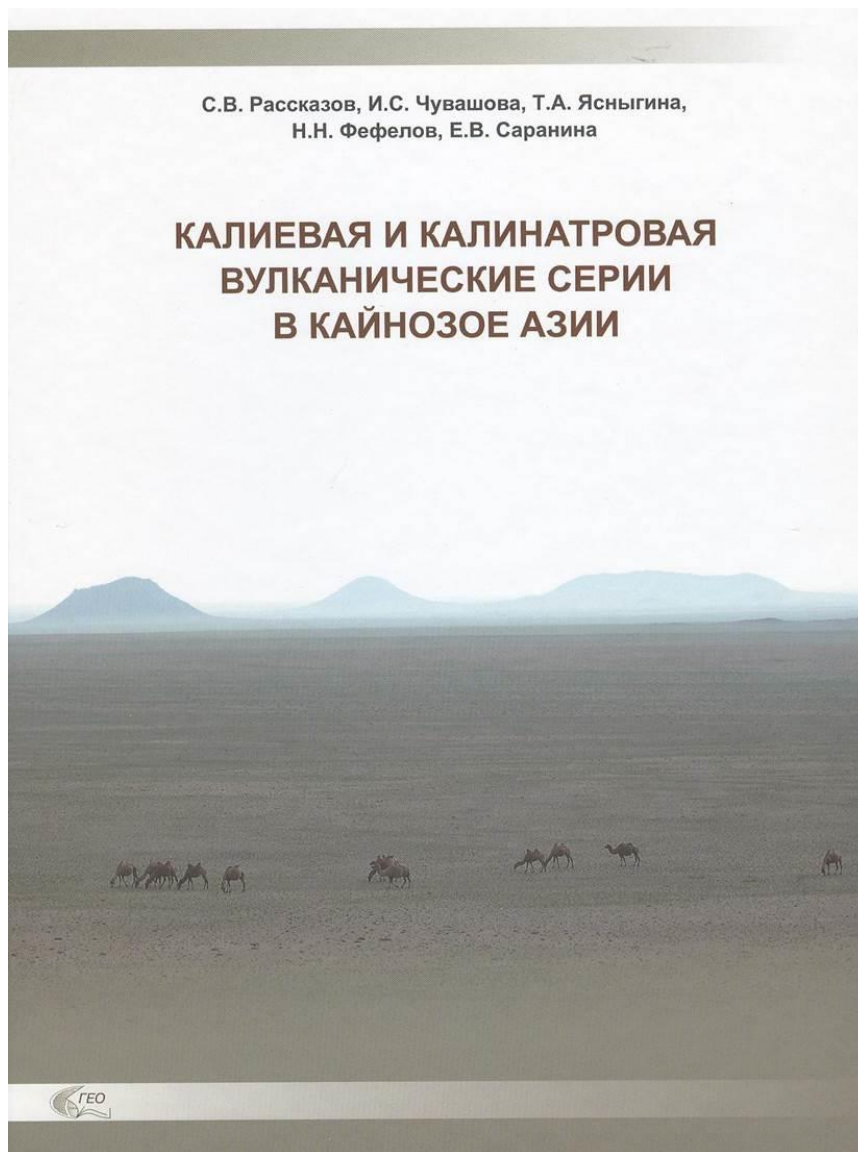


Рис. 10. Обложка монографии (Рассказов и др., 2012), изданной за счет дополнительных средств геологического факультета ИГУ. На заднем плане высятся вулканические и субвулканические постройки Средней Гоби.

Fig. 10. Cover of the monograph (Rasskazov et al., 2012), published with additional funds from the Geological Faculty of Irkutsk State University. Volcanic and subvolcanic edifices of the Middle Gobi rise in the background.

В монографии (Рассказов и др., 2012) обозначены пространственно-временные закономерности вулканизма Прихубсугулья в связи с развитием вулканизма Хангая. В Центральном Прихубсугулье выделены вулканические интервалы 22–17 и 10.2–7.8 млн лет назад, в районах северной и южной оконечностей впадины – промежуточные вулканические эпизоды ~16.4, 14–11 млн лет назад (на юге – ~5.4 млн лет назад). В Восточном Хангае датированы лавы миоценового вулканического интервала, извергавшиеся на Цэцэрлэгском поле 17.0–9.7 млн лет назад, и миоцен-четвертичного, извергавшиеся на Верхне-Орхонском поле 9.6–2.1 млн лет назад. Около 9.7–9.6 млн лет назад вулканизм резко перераспределился с Цэцэрлэгского поля на Верхне-Чулутынское.

Анализ распределения датированных лав в ярусном рельефе показал распространение вулканизма обширных территорий Центральной Монголии и Восточного Саяна в интервале 22–17 млн лет назад с началом вертикальных движений в Байкальской рифтовой системе. Завершение этого вулканизма в Центральном Прихубсугулье совпало с началом вулканизма Цэцэрлэгского поля Восточного Хангая, а начало вулканического интервала 10.2–7.8 млн лет назад Центрального Прихубсугулья – с пространственным перераспределением вулканизма от Цэцэрлэгского поля на Верхне-Чулутынское.

Обращалось внимание на асинхронность миграции вулканизма в субмеридиональном направлении. В вулканической миграции на территории Южной Гоби – Восточного Хангая выявились импульсы высококалиевого магматизма в интервалах 41–21 и <20 млн лет назад. Средняя скорость вулканической миграции составляла около $1 \text{ см} \times \text{год}^{-1}$. В качестве исходной точки пространственно-временного смещения извержений в Прихубсугулье служило Муренское вулканическое поле с интервалом K–Ar датировок 27–25 млн лет. Вулканизм смещался через центральную часть будущей впадины оз.

Хубсугул (интервал 21.5–17.5 млн лет назад) в Северное Прихубсугулье (интервал 16.5–14.0 млн лет назад) со средней скоростью около $2 \text{ см} \times \text{год}^{-1}$. Еще один вулканический импульс был инициирован около 17.5 млн лет назад в 70 км западнее Мурэнского вулканического поля со смещением извержений в Юго-Восточное Прихубсугулье около 14 млн лет назад с более высокой скоростью ($4\text{--}5 \text{ см} \times \text{год}^{-1}$). Позже, в интервале 10.2–7.8 млн лет назад, вулканизм сосредоточился в субмеридиональной зоне, простиравшейся вдоль всей Хубсугульской впадины (см. рис. 9б).

Смена магматических источников под Цэцэрлэгским и другими полями Восточно-Хангайского ареала интерпретировалась как следствие Индо-Азиатской постколлизииной конвергенции. Угасание вулканизма Центрального Прихубсугулья во временном интервале 17–10 млн лет назад рассматривалось как следствие противоположного эффекта постколлизииных конвергентных процессов.

Впадина оз. Хубсугул формировалась с 10 млн лет назад (Rasskazov et al., 2003), одновременно с правосторонними смещениями в Чулутынской зоне, обеспечившими продвижение Хангайского нагорья к северу относительно хр. Восточный Хангай и Орхон–Селенгинского среднегорья. Эти смещения сопровождалась вулканической деятельностью Верхне-Чулутынского и Тарят-Чулутынского полей, которые по временным вариациям калия в диапазоне от 0.8 до 4.8 мас. % разделились на три временных интервала: 9.6–7.4, 7.1–4.0 и 4.8–2.1 млн лет назад. В течение первого интервала вулканизм отсутствовал на Тарят-Чулутынском поле, но получил развитие в Центральном Прихубсугулье. Этот интервал соответствовал обстановке структурной перестройки и либо сопровождал начало движений в Чулутынской зоне, либо предшествовал этим движениям. Два других интервала были обозначены отчетливыми чередующимися фазами

конвергентного и рифтового вулканизма. В Центральном Прихубсугулье вулканизм отсутствовал.

С учетом противофазных соотношений извержений в Восточном Хангае и Центральном Прихубсугулье во временном интервале 22–8 млн лет назад, эти территории рассматривались как типовые для орогенной и радиально-рифтовой структурных обстановок, связанных с Индо-Азиатской конвергенцией. Движение Хангайского нагорья к северу сопровождалось сжатием в его фронтальной части. Хубсугульский и Дархатский субмеридиональные рифты оформились в последние 10 млн лет как радиальные структуры этого орогена, испытывающие поперечное растяжение, подобно растяжению Верхне-Рейнского рифта и другим субмеридиональных структур Западно-Европейской рифтовой системы, сформировавшихся во фронте Альпийского орогена. Сходная обстановка этих рифтовых систем подчеркивалась авулканичностью центральных частей их впадин и распределением вулканизма в виде поперечных (субширотных) зон, проходящих через структурные окончания впадин (Расказов и др., 2012).

В восточной части Тункинской долины, вблизи Байкала, находятся Камарская и Еловская группы вулканических полей, от которых к югу протягивается трансхамардабанская вулканическая полоса, включающая Джидинскую группу полей. Западнее выделяются группы полей центра Селенгинского бассейна: Угейнурское, Селенгинское, Нижнеорхонское и Хануйское. Южнее располагаются Восточнохангайская и Долиноозерская группы. Отдельно рассматриваются Верхнечулутынское и Тарят-Чулутынское поля субмеридиональной Чулутынской зоны трансстессии. Дивергентные (рифтогенные) импульсы вулканизма инициировались в восточной части Тункинской долины от оси Японско-Байкальского геодинамического коридора (ЯБГК) и распространялись к югу и юго-западу через Селенгинский бассейн во временных интервалах 18–11 млн лет назад,

7.0–4.5 млн лет назад, а также в конце квартала. Процессы Индо-Азиатской конвергенции вызывали смещение вулканизма с юга на север, вдоль субмеридиональной Чулутынской зоны трансстессии, во временных интервалах 10.0–7.0 млн лет назад и в последние 4.5 млн лет.

Для анализа пространственно-временных вариаций поступления магматических расплавов из разных мантийных источников применялись различные геохимические критерии. В работе (Расказов и др., 2012) в качестве определяющего параметра магматической серии, вслед за В.В. Кепежинским (1979) и А.Я. Салтыковским, Ю.С. Геншафтом (1985), принималось содержание калия и отношение K_2O/Na_2O (мас. %). Различались калиевая, калинатровая и натровая серии. В Центральной Монголии была выведена квазипериодичность вариаций калия, составляющая 10–20 млн лет в позднем мелу и кайнозое (в интервале последних 90 млн лет) и наложение квазипериодов 2.5 млн лет в позднем кайнозое (в последние 25 млн лет) и квазипериодов 300–700 тыс. лет в квартале (в последние 2 млн лет). Сделан вывод о начале новейшего геодинамического этапа около 90 млн лет назад и о позднекайнозойском проявлении в активизации источников вулканизма великих циклов эксцентриситета орбитального вращения Земли.

Определен еще один важный параметр, несущий информацию о характере мантийных источников разных районов Монголии – концентрация MgO в вулканических породах. На обширной территории Центральной Монголии установлено содержание этого оксида, не превышающее 10 мас. %. Следовательно, потенциальная температура выплавки составляет не более 1300 °С. В мантии Центральной Монголии скорости S-волн снижаются в глубинном интервале 50–200 км, а на более глубоком уровне снижение скорости не происходит (Yanovskaya, Kozhevnikov, 2003). Мантийные источники вулканических пород должны рассматриваться как производные Саяно-Монгольского низкоскоростного

домена интервала глубин 50–200 км. В отличие от вулканических пород Центральной Монголии, в Восточной Монголии, на поле Дариганга, распространены породы (базаниты) с содержанием MgO до 15.8 мас. %. Для этих пород рассчитывается потенциальная температура магмогенерации до 1500 °С.

На этой территории по низким скоростям S-волн выделяется Забайкальский домен глубинного интервала 200–410 км. Мантийные источники вулканических пород относятся к более глубокой мантии, чем в Центральной Монголии (рис. 11).

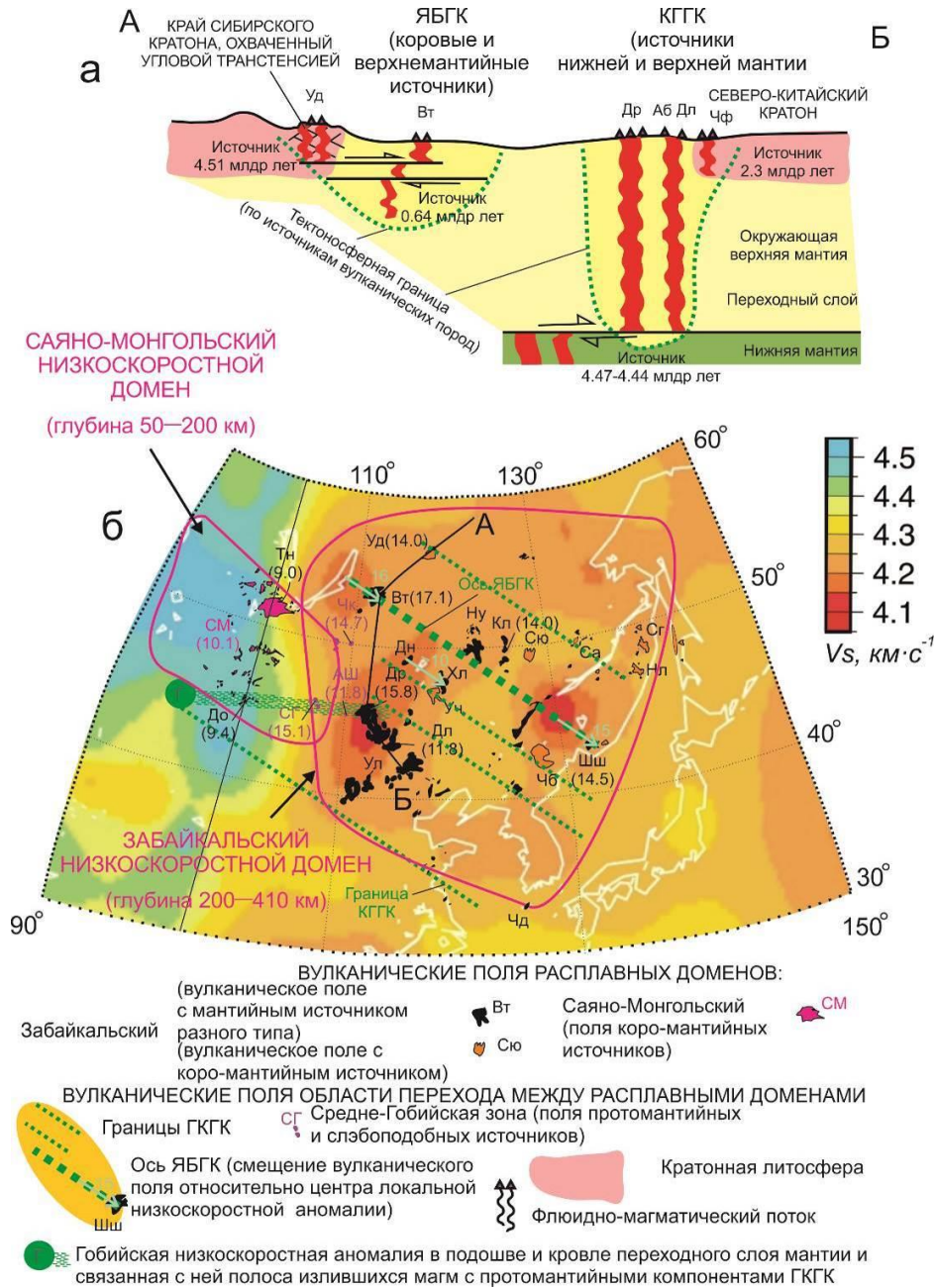


Рис. 11. Схема активизации тектоносферы в источниках вулканических пород вдоль профиля АБ от Сибирского до Северо-Китайского кратона (а) и соотношение вулканических полей Японско-Байкальского геодинамического коридора (ЯБГК), производных источников малых глубин верхней мантии, и вулканических полей Корейско-Гобийского геодинамического коридора (КГГК), производных более глубинных источников, включая нижнемантийные (б). Вулканические поля ЯБГК (в скобках приводится максимальное содержание MgO, мас.%): Вт – Витимское, Уд – Удоканское, Ну – Нуоминхе, Кл – Келуо, Сю – Сюнке, Са – Средне-Амурское, Сг – Совгаванское, Нл – Нельминское, Шш – Шкотовско-

Шуфанское, Чб – Чангбай, Уч – Учагоу, Хл – Халаха, Дн – Далайнорское. Вулканические поля КГГК (в скобках приводится максимальное содержание MgO, мас.% в породах поля): До – Долиноозерское, СГ – Среднегобийские (Мандалгобийское и Ундершилское), АШ – Алтан-Ширэ, Др – Даригангское, Дл – Дайлинорское, Ул – Уланхада, Чд – Чеджу. СМ – Саяно-Монгольские вулканические поля одноименного низкоскоростного домена. Чк – Чикойское вулканическое поле пространственного перехода от менее глубинного (Саяно-Монгольского) домена к более глубинному (Забайкальскому). Гобийская низкоскоростная аномалия и связанная с ней субширотная полоса излившихся магм с протомантийными компонентами обозначают северную границу КГГК, вдоль которого распределяются вулканические поля излившихся магм с протомантийными компонентами Уланхада, Чеджу и, возможно, другие. В качестве основы используется срез скоростей S-волн на глубине 250 км в сейсмотомографической модели (Yanovskaya, Kozhevnikov, 2003).

Fig. 11. Scheme of tectonosphere reactivation in volcanic rock sources along the АВ profile from the Siberian to the North China Craton (a) and relationship between volcanic fields of the Japan–Baikal Geodynamic Corridor (JBGC), derivatives of shallow upper mantle sources, and those of the Gobi–Korean Geodynamic Corridor (GKGC), derivatives of deeper sources, including lower mantle ones (b). Volcanic fields of the JBGC (maximum MgO contents, wt.% are given in brackets: Вт – Vitim, Уд – Udokan, Ну – Nuominhe, Кл – Keluo, Сю – Xunke, Са – Middle Amur, Сг – Sovgavan, Нл – Nelma, Шш – Shkotovo-Shufan, Чб – Changbai, Уч – Wuchagou, Хл – Halaha, Дн – Dalainor. Volcanic fields of the GKGC (maximum MgO content, wt.% in rocks of some fields is given in brackets): До – Dolina Ozer, СГ – Middle Gobi zone (Mandalgobi and Undershil), АШ – Altan-Shire, Др – Dariganga, Дл – Dalinuor, Ул – Wulanhada, Чд – Jeju. СМ – Sayan-Mongolian volcanic fields of the low-velocity domain with the same name. Чк – Chikoy volcanic field of the spatial transition between the shallow (Sayan-Mongolian) domain and the deeper (Transbaikal) one. The Gobi low-velocity anomaly and the associated west-east band of erupted magmas with proto-mantle components mark the northern boundary of the GKGC, along which volcanic fields of erupted magmas with proto-mantle components of Wulanhada, Jeju and, possibly, others are distributed. The S-wave velocity level at a depth of 250 km in the seismotomographic model after (Yanovskaya, Kozhevnikov, 2003) is used as a basis.

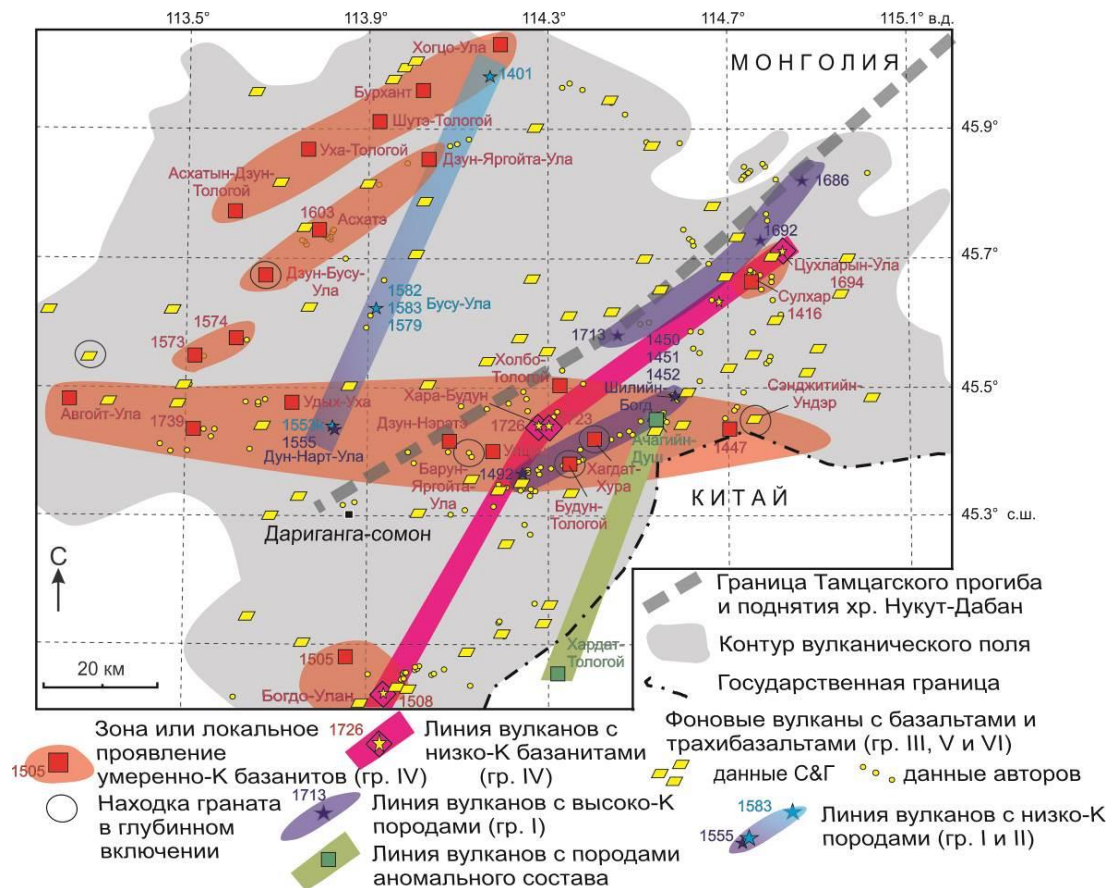


Рис. 12. Схема пространственного распределения вулканов типа Асхатэ с умеренно-калиевыми базанитами (IV группа), Хара-Будунского типа с низкокалиевыми базанитами (IV

группа), Шилийн-Богдского типа с породами I группы и Дун-Нарт-Улинский типа с породами II группы. Породы аномального состава линии Хардат-Тологой – Ачагийн-Душ содержат 7.8–11.2 мас. % MgO при $La/Yb = 11.8–15.2$. Для обозначения фоновых вулканов с базальтами и трахибазальтами (группы III, V и VI) используются данные по петрогенным оксидам S&G (Генштафт, Салтыковский, 1990; Салтыковский, Генштафт, 1984, 1985).

Fig. 12. Scheme of spatial distribution of volcanoes: Askhate type with moderate-K basanites (group IV), the Khara-Budun type with low-K basanites (group IV), Shiliin-Bogd type with rocks of group I, and Dun-Nart-Ula type with rocks of group II. Rocks of the anomalous compositions from the Hardat-Tologoy – Achagiin-Dush line contain 7.8–11.2 wt % MgO at $La/Yb = 11.8–15.2$. To designate background volcanoes with basalts and trachybasalts (groups III, V, and VI) off sampling sites, major oxide data after S&G (Genshaft, Saltykovsky, 1990; Saltykovsky, Genshaft, 1984, 1985) are used.

В рамках выполнения задач по проекту геологического факультета ИГУ в 2009–2012 гг. исследовались вулканические поля Средней Гоби, в том числе вулканические поля пограничных территорий с Северным Китаем: Даригангское и Нумрэгское. По нескольким сотням отобранных образцов больше 10 лет выполнялись различные виды аналитических исследований. К 2024 г. совокупность всех данных по Даригангскому полю была интерпретирована с учетом специфики состава вулканических пород (Rasskazov et al., 2024; Рассказов и др., 2024а,б) (рис. 12).

На рис. 12 пространственно разделяются зоны и линии построек с породами групп I, II и IV. Северо-восточная зона базанитовых вулканов простирается на западной окраине вулканического поля вдоль Тамцагского кайнозойского предгорного прогиба, образовавшегося вдоль хр. Нукут-Дабан. Субширотная зона пересекает этот структурный ансамбль. Индивидуальность субширотной зоны базанитов подчеркивается распространением в породах ее вулканов мегакристаллов граната и гранат-содержащих перидотитовых ксенолитов, которые отторгались с более глубокого уровня литосферы, чем безгранатовые перидотитовые ксенолиты. Для базанитовых вулканов северо-восточной зоны гранат во включениях в целом не характерен. Его находки известны только на вулканах Авгойт-Ула и Дзун-Бусу-Ула, пространственно тяготеющих к взаимному пересечению северо-восточной и субширотной зон базанитовых вулканов.

Самый высокий вулкан Шилийн-Богд Даригангского поля находится в средней (расширенной) части северо-восточной зоны вулканических построек, включающих породы

гр. I. Эта зона протягивается в виде двух кулис на общее расстояние 85 км от безымянной постройки на юго-западе (MN-09-1492) до вулканического покрова (MN-10-1686) на северо-востоке. Породы гр. I обнаружены в этой зоне, кроме названных трех построек, еще на двух вулканических конусах без названий (Mn-10-1692, Mn-10-1713).

Ближе к западной части ДВП намечается ССВ линия вулканов с породами групп I и II. Ее протяженность около 70 км. Породы обеих групп обнаружены только на вулкане Дун-Нарт-Ула, расположенном на ЮЮЗ окончании линии (тефрит Mn-09-1553K и фонтотефрит Mn-09-1555). На вулкане Бусу-Ула центральной части зоны (Mn-09-1579, Mn-09-1582 и Mn-09-1583) и в покрове ССВ окончания линии (Mn-09-1401) представлены тефриты и трахибазальты гр. II.

Вулкан с породами гр. I на южном окончании СВ зоны (MN-09-1492) пространственно соответствует южному краю субширотной базанитовой зоны, а вулкан Шилийн-Богд – ее северному краю. В многочисленных опробованных постройках, расположенных между вулканами MN-09-1492 и Шилийн-Богд, встречены базаниты и гранат-содержащие глубинные включения, но пород тефрит-фонотефритового состава (гр. I) на этих постройках не обнаружено. Три других вулкана СВ зоны с породами гр. I (Mn-10-1692, Mn-10-1713 и MN-10-1686) распределяются вдоль структурной границы поднятия хр. Нукут-Дабан и Тамцагского предгорного прогиба. Вулканы Сулхар и Цухларын-Ула, включающие базаниты, пространственно соответствуют центральной части линии вулканов с породами гр. I. Что касается линии вулканов с породами групп I и II, ее ССВ

окончание пространственно совпадает с СВ окончанием СВ зоны базанитов Авгойт-Ула – Хогцо-Ула, а ЮЮЗ окончание соответствует субширотной зоне базанитов Авгойт-Ула – Сэнджитийн-Ундэр. Линия вулканов Хардат-Тологой – Ачагийн-Душ с аномальными составами пород протягивается вдоль государственной границы в направлении ССВ и в целом согласуется с простираем линий вулканов других петрогенетических групп–маркеров.

В позднекайнозойских вулканических породах пограничной территории Юго-Восточной Монголии и Северного Китая выявлена смена мантийных источников вдоль 500-километровой вулканической зоны Дариганга–Чифэн. На поле Чифэн южного окончания зоны определены компоненты мантии кия Северо-Китайского кратона, тогда как в ее северной и центральной частях – преимущественно компоненты астеносферно-литосферной границы. Наиболее широкий спектр мантийных компонентов обозначен на поле Дариганга северного окончания зоны, где во временном интервале 10–5 млн лет назад извергается материал остаточного слэба, производный высокотемпературной (адиабатической) и низкотемпературной (флюидной) магмогенерации, а в последние 5 млн лет поступал материал высокотемпературной (адиабатической) магмогенерации в ОИВ-подобном источнике, сменяющийся материалом низкотемпературной (флюидной) магмогенерации в источнике закристаллизовавшегося магматического океана ранней Земли (см. рис. 11а).

При изучении вулканизма Монголии исследовались также геохимические критерии различия ОИВ-подобных (подобных базальтам океанических островов) и отличных от ОИВ компонентов. Предполагалось, что ОИВ-подобный состав имеют компоненты источников глубокой части мантии, а отличаются от ОИВ компоненты литосферы и компоненты, подобные материалу остаточных слэбов. Литосферные компоненты выявлялись по отклонению фигуративных точек от направления ОИВ+MORB на диаграмме Th/Yb – Ta/Yb, компоненты, подобные материалу остаточных слэбов, – по снижению отношения K/Ta на диаграмме K/Ta – La/Ta.

Литосферные компоненты были идентифицированы на всех вулканических полях Центральной Монголии, за исключением Верхне-Чулутынского и Тарят-Чулутынского полей субмеридиональной Чулутынской зоны. Слабоподобные компоненты были выявлены в породах Даригангского вулканического поля.

Использование изотопов Nd и Sr для систематики источников вулканических пород Монголии в общем показало сложные соотношения между компонентами и неоднозначность выполненных построений. Прорыв в систематике источников произошел, когда их происхождение было рассмотрено в терминах возраста протолитов, рассчитанных по изотопным отношениям Pb. Pb-изотопные данные по позднефанерозойским базальтам всей Азии показали, что протолиты их источников формировались в течение всей истории Земли со времени ее возникновения в Солнечной системе – события CAI (Ca–Al inclusions) 4.5673 млрд лет назад. С точки зрения радиоизотопной оценки времени инкубации каждого исходного протолита интерпретация состава вулканических пород приобрела смысл компонента геологической истории Земли. Было установлено отсутствие в Азии позднефанерозойских пород с высокими значениями $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, предполагающее отсутствие континентального резервуара конечного члена HIMU в азиатских мантийных доменах, в которых были выделены компоненты LOMU (низкий μ) и ELMU (повышенный μ). Происхождение LOMU связывалось с существованием гадейского магматического океана, затвердевшего 4.54–4.51 млрд лет назад, а ELMU – с запаздыванием его затвердевания до 4.44 млрд лет назад. Для пород вулканических полей Азии были определены мантийные компоненты широкого возрастного диапазона ранней, средней и поздней мантийных геодинамических эпох Земли (Rasskazov et al., 2020).

Обсуждение

Итак, три важных направления работ преподавателей геологического факультета ИГУ на территории Монголии можно считать состоявшимися.

Первое направление состоялось благодаря авторитету Н.А. Флоренсова, который он имел в 1940–1950-х гг. Преподаватели геолого-почвенно-географического (а затем геологического) факультета были в центре формирования научного мировоззрения по разным геологическим направлениям, получившим развитие в Восточной Сибири. Исследования 1957–1958 гг. последствий Гоби-Алтайского землетрясения, произошедшего в Монголии 4 декабря 1957 г., привело к открытию Н.А. Флоренсовым и В.П. Солоненко научного направления – палеосейсмогеологии. Эти работы послужили толчком для перехода обоих исследователей от преподавания в ИГУ в Восточно-Сибирский филиал АН СССР. Идея использовать новообразованные сейсмодислокации для оценки прошедших сейсмических событий территории по подобным структурам геологического прошлого было со временем дополнено американскими палеосейсмогеологами вскрытием и датированием событий методом ^{14}C . К настоящему времени эти работы превратились в рутинный метод изучения активности разломов.

Второе направление имело успех благодаря возникшему сотрудничеству между Иркутским и Монгольским государственными университетами. В 1970-х годах были организованы работы геологической группы Советско-Монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции, направленные в основном на составление геологической карты Прихубсугулья. Преподавателями геологического факультета Г.А. Кузнецовым, В.А. Сульдиным и др. решались производственные задачи оценки перспектив территории на фосфориты и бокситы. Эти работы имели практический смысл и создали основу для исследований гидрогеологов, палеосейсмогеологов, биологов, почвоведов, химиков и других специалистов Иркутского и Монгольского государственных университетов, принимавших участие в работах экспедиции. Хотя в 1980-х и последующих годах геологическая карта Прихубсугулья существенно уточнялась (Атлас..., 1989; Карта..., 1989; Geological map..., 1999), почвоведы ИГУ до сих пор предпочитают использовать первый

вариант прочтения геологической структуры Северной Монголии Г.А. Кузнецовым и его соавторами (Мартынова, 2017).

Работы в Северной Монголии подчеркнули значение Окино-Хубсугульского разлома, протягивающегося вдоль Хубсугульской впадины. Вдоль разлома обозначалась восточная граница Тувино-Монгольского массива, имеющего рифейский фундамент и венд-кембрийский осадочный чехол (Ильин, 1971а). По палеомагнитным данным (Диденко и др., 1994) массив интерпретировался как осколок Восточной Гондваны, дрейфовавший по Палеоазиатскому океану в позднем докембрии. При выделении Боксон-Хубсугул-Дзавханского палеомикроконтинента его восточная граница (структурный шов) была несколько сдвинута к восточному берегу оз. Хубсугул (Беличенко, Боос, 1988) (рис. 13). Фундамент Тувино-Монгольского массива как единого литосферного блока, расположенного между Джидинской и Хамсаринской (Восточно-Тувинской) островодужными зонами, подтверждается наличием аномалии Dupal в источниках кайнозойских базальтов, которая отсутствует в источниках кайнозойских базальтов, извергавшихся в пределах фланговых Джидинской и Хамсаринской зон.

В 2000-х годах пришло время изучения кайнозойского вулканизма Монголии на основе радиоизотопного датирования и представительного элементного и изотопного анализа вулканических пород. По источникам кайнозойских вулканических пород на территории Монголии были разработаны представления о пространственно-временных изменениях в Азии на новейшем геодинамическом этапе эволюции Земли с выяснением происхождения деформаций литосферы в Байкальской рифтовой системе в связи с развитием процессов Забайкальского и Саяно-Монгольского мантийных доменов в Японско-Байкальском геодинамическом коридоре и по его латерали, в более глубоком геодинамическом коридоре – Корейско-Гобийском.

Был сделан вывод о том, что пространственно-временная миграция вулканизма юго-западной части Байкальской рифтовой

системы характеризует деформации литосферы под действием двух силовых источников: дивергентного (байкальского, производного осевой части ЯБГК) и конвергентного (чулутынского, производного Индо-Азиатского взаимодействия). Выяснилось также, что дивергентные и конвергентные силы

определяют не только длительные процессы, запечатленные во времени и пространстве в квазипериодических вулканических импульсах, но и современные короткопериодные деформации коры, реализующиеся в сильных землетрясениях.

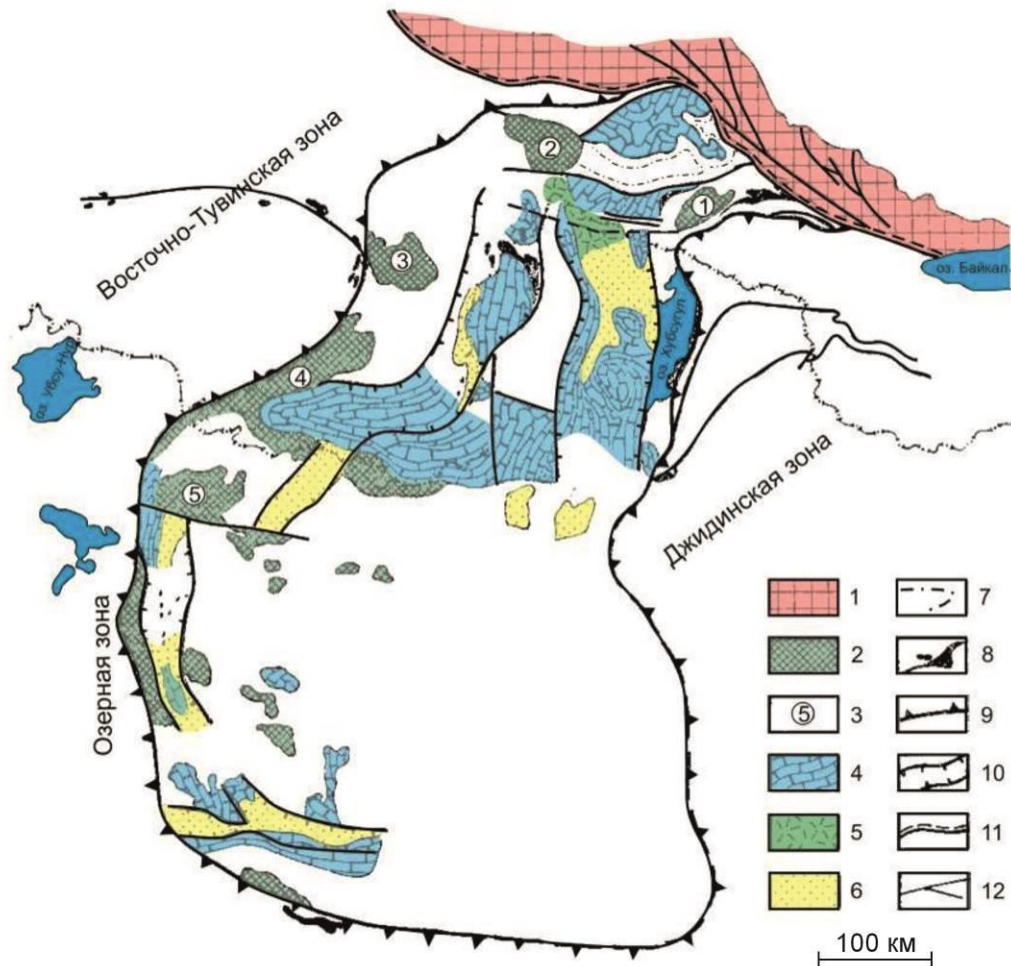


Рис. 13. Геологическая схема Боксон-Хубсугул-Дзабханского микроконтинента (Беличенко, Боос, 1988). 1 – краевой выступ фундамента Сибирского континента; 2 – выступы дорифейского фундамента микроконтинента; 3 – выступы: 1 – Гарганский, 2 – Шутхулайский, 3 – Каахемский, 4 – Западно-Сангиленский, 5 – Ханхухейский; 4 – венд-кембрийские карбонатные отложения (показаны современные выходы); 5 – бимодальные вулканиды; 6 – песчано-сланцевые отложения; 7 – осадочно-вулканогенные отложения ордовика – силура; 8 – гипербазиты; 9 – граница микроконтинента; 10 – границы рифтоподобных структур; 11 – зона сочленения Сибирского континента с Центрально-Азиатским поясом палеозойд; 12 – прочие разломы.

Fig. 13. Geological scheme of the Bokson-Khovgol-Dzabkhan microcontinent (Belichenko, Boos, 1988). 1 – marginal uplift of the Siberian continent basement; 2 – uplifts of the pre-Riphean basement of the microcontinent; 3 – uplifts: 1 – Gargan, 2 – Shutkhulai, 3 – Kaakhem, 4 – West Sangilen, 5 – Khankhukhey; 4 – Vendian-Cambrian carbonate layers (modern outcrops are shown); 5 – bimodal volcanics; 6 – sandy-shale deposits; 7 – sedimentary-volcanogenic deposits of the Ordovician-Silurian; 8 – hyperbasites; 9 – microcontinent boundary; 10 – boundaries of rift-like structures; 11 – zone of contact between the Siberian continent and Central Asian Paleozoic belt; 12 – other faults.

Хубсугульская, Дархатская и Бусийнгольская субмеридиональные впадины–

«подвески» (по Н.А. Флоренсову) представляют собой радиальные структуры

поперечного растяжения во фронте ядра Хангайского орогена. Сжатие вызвано его правосторонним смещением относительно Восточного Хангая и Орхон-Селенгинской седловины. Вулканизм квазипериодически мигрирует от Байкала к Восточному Хангаю и в противоположном направлении вдоль ядра Хангайского орогена. Горячая трансенсия маркируется вдоль Чулутынской зоны вулканической деятельностью во временном интервале 9.6–2.1 млн лет назад на Верхнечулутынском и Тарят-Чулутынском вулканических полях. Сжатие коры севернее радиальных впадин выражается в поднятии субширотного хр. Мунку-Сардык в последние 10 млн лет. Надвигание северных отрогов этого

хребта на Окинское плоскогорье после 2.6 млн лет ведет к прекращению вулканизма на плоскогорье около 2.1 млн лет назад. Сильные землетрясения 2020–2021 гг. (Быстринское, Кударинское и Хубсугульское) распределяются вдоль Южно-Байкальской впадины и Тункинской долины по механизму компенсации растяжения тонкой коры (35 км) Среднего Байкала сжатием толстой коры (54 км) Северного Прихубсугулья. Сильные и умеренные землетрясения конца 2024 г. (Хара-Хужирское, Чулутынское и Мондинское) распределяются вдоль ядра Хангайского орогена и вызываются механизмом его правостороннего сдвига с фронтальным сжатием (рис. 14).

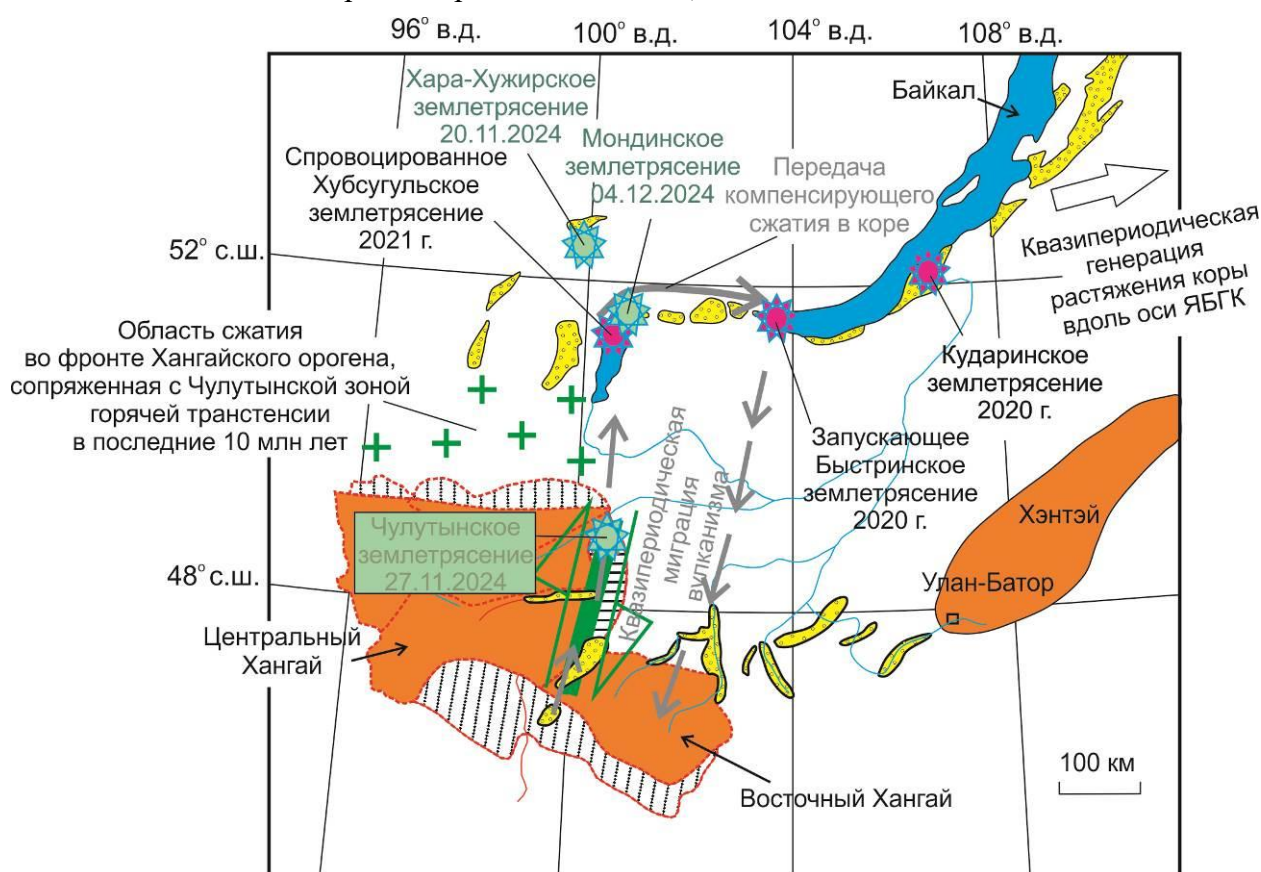


Рис. 14. Схема геодинамики орогенных и рифтовых структур по распределению вулканизма в юго-западной части БРС с распространением интерпретации на сейсмические процессы 2020–2024 гг. Показаны впадины рифтовых сегментов и контуры орогенных провинций Хангая. Для хангайских морфоструктур использована геоморфологическая схема из работы (Корина, 1982). Эпицентры землетрясений 2020–2021 гг. и конца 2024 г. показаны по данным (Карта..., 2024).

Fig. 14. Scheme of geodynamics of orogenic and rift structures based on the distribution of volcanism in the southwestern part of the BRS with the extension of interpretation to seismic activity in 2020–2024. Basins of rift segments and contours of orogenic provinces of Hangay are shown. For the Hangay morphostructures, the geomorphological scheme from (Korina, 1982) is used. Earthquake epicenters of 2020–2021 and fall of 2024 are shown after (Map..., 2024).

Мы приходим к заключению, что полноценное изучение геологической эволюции юга Сибири фактически возможно только с анализом структур и геологических событий сопредельных территорий Монголии. Особенно важен такой анализ для оценки угрозы землетрясений в БРС. Состояние коры, реализовавшееся в землетрясениях 2020–2021 гг. центральной части рифтовой системы от Байкала до Хубсугула, сменяется в конце 2024 г. (т. е. во время подготовки статьи) состоянием, обеспечивающим сильные землетрясения на окончаниях этой структуры. Такое состояние отозвалось в Мондинском, Муйском и Гоби-Алтайском землетрясениях 1950-х гг. Последствия последнего из них изучались на юге Монголии Н.А. Флоренсовым и др. (Гоби-Алтайское землетрясение, 1963). Сильное Чулутынское землетрясение ($K=13.9$) случилось 27 ноября 2024 г. в субмеридиональной зоне, для которой сильные землетрясения не характерны, но проявлен вулканизм из ОИВ-подобных источников около 50 и 0.9 тыс. лет назад (Чувашова и др., 2022). Возможно, сейчас наблюдается общее перераспределение сейсмогенных деформаций от центра к окончаниям БРС. Мониторинговые гидрогеохимические наблюдения за состоянием коры центральной части БРС теряют на какое-то время актуальность. Требуется перенос наблюдений на северо-восточное и западное окончания рифтовой системы.

В этой связи нельзя не отметить извержение вулкана Кар-ер-дарси в хр. Кунь-Лунь, произошедшее в 1951 г., через год после Мондинского и за 6 лет до Гоби-Алтайского землетрясения. В центральной части БРС вулканизм завершился около 0.6 млн лет назад и распространился позже только на западном и северо-восточном окончаниях БРС. Если в конце 2024 г. действительно наблюдается перестройка сейсмогенных деформаций БРС, вероятность проявления вулканических извержений в связи с реализацией сильных землетрясений в ближайшем будущем существенно возрастет.

Заключение

Мы подчеркиваем значение исследований на территории Монголии, выполненные

преподавателями геологического факультета ИГУ. В 1957–1958 гг. Н.А. Флоренсов и В.П. Солоненко изучали последствия Гоби-Алтайского землетрясения, произошедшего 4 декабря 1957 г., в 1970-х гг. А.Г. Кузнецов, В.А. Сульдин и др. участвовали в работе Советско-Монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции, в 2001–2024 гг. авторы настоящей статьи проводили исследования кайнозойского вулканизма. Эти результаты имели в свое время (и продолжают иметь) резонанс для развития представлений о геологической эволюции Внутренней Азии и ее современном тектоническом состоянии.

Благодарности

Авторы благодарят директора Института астрономии и геофизики Монгольской академии наук, академика С. Демберела за помощь в организации систематических исследований источников вулканизма новейшего геодинамического этапа на территории Монголии.

Литература

Атлас озера Хубсугул. Москва: Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР, 1989. 118 с.

Белоус И.П. и др. Советско-Монгольская комплексная Хубсугульская экспедиция: к 50-летию со дня организации. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2020. 183 с.

Беличенко В.Г., Боос Р.Г. Боксон-Хубсугул-Дзабханский палеомикроконтинент в структуре Центрально-Азиатских палеозойд // Геология и геофизика. 1988, № 12. С. 20–27.

Бессолицын А.Е. Бокситоносность юго-восточной части Восточного Саяна. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. геол.-мин. наук. Иркут. гос. ун-т. Иркутск, 1975. 20 с.

Бямба Ж., Бажин Ю.М., Осокин П.В. Перспективы территории МНР на выявление фосфоритовых месторождений // Геология и полезн. ископ. МНР. Вып. 11. Недра, М., 1984. С. 184–189.

Виктор Прокопьевич Солоненко. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 183 с.

Виноградов В.И., Кулешов В.Н., Осокин П.В. Изотопный состав неодима и стронция в фосфоритах Монголии и Каратау как показатель среды

фосфатонакопления в венд-кембрийское время // Литология и полезные ископаемые, 1994. № 6. С. 51–62.

Гоби-Алтайское землетрясение / ред. Н.А. Флоренсов, В.П. Солоненко. М.: 1963. 291 с.

Геншафт Ю.С., Салтыковский А.Я. Каталог включений глубинных пород и минералов базальтов Монголии. Труды Совместной советско-монгольской исследовательской геологической экспедиции. Вып. 46. М.: Наука, 1990. 71 с.

Гофман А.М., Перевалов А.В., Осокин П.В. Особенности эксхалляции радона в рудных полях месторождений фосфоритов (на примерах Хубсугульского фосфоритоносного бассейна) // Геохимические исследования и поиски радиоактивных и благородных элементов в Забайкалье. Улан-Удэ БШ СО АН СССР. 1991. С. 97–123.

Диденко А.Н., Моссаковский А.А., Печерский Д.М. и др. Геодинамика палеозойских океанов Центральной Азии // Геология и геофизика. 1994. № 7–8. С. 59–75.

Иваненко В.В., Карпенко М.И., Яшина Р.М., Андреева Е.Д., Ашихмина Н.А. Новые данные о калий-аргоновом возрасте базальтов западного борта Хубсугульского рифта (МНР) // Доклады АН СССР. 1989. Т № 4. С. 925–930.

Ильин А.В. О Тувино-Монгольском массиве // Мат-лы по региональной геологии Африки и зарубежной Азии. М. Недра, 1971а. С. 67–73. (Тр. НИИ «Зарубежгеология», вып. 22).

Ильин А.В. Хубсугульский фосфоритоносный бассейн. Автореф. дис. на соиск. учен. степени докт. геол.-минерал. наук. М., 1971б.

Ильин А.В. Хубсугульский фосфоритоносный бассейн // Труды Совместной Советско-Монгольской научно-исследовательской экспедиции. М.: Наука, 1973. Вып. 6. 167 с.

Карта геологических формаций Монгольской народной республики. Масштаб 1:1500000. Главный редактор А.Л. Яншин. Совместная Советско-Монгольская научно-исследовательская экспедиция, 1989.

Карта эпицентров землетрясений. Иркутск: Байкальский Филиал Геофизической Службы, 2024. <http://www.seis-bykl.ru>

Кепежинская В.В. Кайнозойские щелочные базальтоиды Монголии и их глубинные включения. Совместная советско-монгольская научно-исследовательская геологическая экспедиция. М.: Наука, 1979. 312 с.

Корина Н.А. Хангайское нагорье // Геоморфология Монгольской народной республики. Труды Совместной Советско-Монгольской научно-исследовательской экспедиции. Вып. 28. М.: Наука, 1982. С. 87–108.

Кузнецов Г.А., Сульдин В.А., Бессолицин А.Е. Геология и минеральные ресурсы района // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1972. С. 19–26.

Кузнецов Г.А., Кулаков В.С., Сульдин В.А. и др. Структура впадины озера Хубсугул // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья (МНР), вып. 2. Иркутск-Улан-Батор, 1973. С. 19–33.

Кулешов В.Н., Зайцев Н.С., Осокин П.В., Доржнамжа Д., Очир А. Происхождение карбонатного вещества в фосфоритах Хубсугульского бассейна МНР (по данным изотопного состава углерода и кислорода) // Литология и полезные ископаемые. 1991. № 3. С. 79–88.

Мартынова Н.А. Реализация литогенной матричности почвообразования в фосфоритоносных ландшафтах горного Прихубсугулья на юге Байкальской рифтовой зоны // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». 2017. Т. 22. С. 79–95.

Музалевский М.М. Геологическое строение и основные типы фосфоритов Хубсугульского месторождения МНР. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. геол.-минерал. наук. Волгоград, Люберцы, 1970. 16 с.

Никифоров К.А., Осокин П.В., Амгалан Ж., Тоголдор Н. Хубсугульский фосфоритоносный бассейн (геология, геохимия, технология) // БИЕН СО РАН, ИХИ АН Монголии. Улан-Удэ, 1995. 64 с.

Николай Александрович Флоренсов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. 171 с.

Осокин П.В. Фосфоритоносность кембрийских отложений Прихубсугульского прогиба // Мат-лы к геологической конференции, посвященной 50-летию Советского государства и 10-летию Бургеолоуправления. БГУ, Бур. филиал СО АН СССР. Улан-Удэ, 1967. С. 175–178.

Осокин П.В. Структурно-тектоническое размещение фосфоритовых месторождений в Окино-Хубсугульском фосфоритоносном бассейне // Тектонические структуры и закономерности размещения полезн. ископ. на территории Забайкалья. БФ ГИН СО АН СССР. Улан-Удэ, 1979. С. 11–19.

Осокин П.В. Геологические особенности фосфоритовых месторождений Хубсугульского фосфоритоносного бассейна МНР // Проблемы прогноза, поисков и разведки м-ний неметал, полезн. ископ. ВНИИГеолнеруд, (Тез.докл.) Казань, 1986. С. 105–106.

Осокин П.В. Диагенетические, эпигенетические и метаморфические преобразования фосфоритов Хубсугульского фосфоритоносного бассейна // Рудоносные и рудные формации Забайкалья и смежных регионов. Мат-лы чтений памяти акад. С.С. Смирнова. Заб. филиал ГОБ СССР, ПГО "Читагеология", ЗабНИИ, ЧИПР. Чита, 1988. С. 204–207.

Осокин П.В. Прихубсугулье – район крупных осадочных и интрузивных месторождений полезных ископаемых // Геология и металлогения Вост. Монголии и сопредельных территорий (Тез.докл.) МНР. Улан-Батор, 1991. С. 48–50.

Осокин П.В. Влияние складчато-шарьяжных движений на фосфоритовые месторождения Хубсугульского фосфоритоносного бассейна // Надвиги и шарьяжи платформенных и складчатых областей Сибири и Дальнего Востока и их металлогеническое значение (тез. докл.). Иркутск, 1992. С. 55–57.

Осокин П.В. Геохимические особенности распределения редкоземельных элементов и элементов примесей в фосфоритах Окино-Хубсугульского фосфоритоносного бассейна // IV Объединенный международный симпозиум по проблемам прикладной геохимии (тез. докл.). Иркутск, 1994а. 151 с.

Осокин П.В. О золотоносности фосфоритовых месторождений Хубсугульского бассейна // Тр. БГИ СО РАН. Улан-Удэ, 1994б. С. 49–51.

Осокин П.В. Геодинамические условия образования фосфоритовых месторождений Окино-Хубсугульского фосфоритоносного бассейна // 1-е Всероссийское металлогеническое совещание по проблеме: "Металлогения складчатых систем с позиции тектоники плит" (тез. докл.). Екатеринбург, 1994в. С. 253–254.

Осокин П.В. Центрально-Азиатская фосфоритоносная провинция: стратиграфия и фосфоритоносность. Диссертация доктора геол.-мин. наук в форме науч. докл. Иркутск, ИЗК СО РАН, 1999. 45 с.

Осокин П.В., Тыжинов А.В. Докембрийские тиллоиды Окино-Хубсугульского фосфоритоносного бассейна (Восточный Саян, Северо-

Западная Монголия // Литология и полезные ископаемые. 1998, № 2. С. 162–176.

Осокин П.В., Ильин А.В., Зайцев Н.С. Окино-Хубсугульский фосфоритоносный бассейн на территории СССР и МНР // Сырьевая база фосфатной промышл. СССР: перспективы расширения и рационального использования. М., ВИЭМС, 1973. С. 54–56.

Осокин П.В., Гофман А.М., Миронов А.Г. Радиоактивность фосфоритов Монголии и Вост. Саяна и радиогеохимические критерии их поисков // Геология и металлогения Вост. Монголии и сопредельных территорий МНР. Тезисы докладов. Улан-Батор, 1991. С. 51–53.

Павловский Е. В. Геологическая история и геологическая структура Байкальской горной области. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1948. 175 с.

Парфеев А.В., Саньков В.А. Напряженное состояние земной коры и геодинамика юго-западной части Байкальской рифтовой системы. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2006. 151 с.

Рассказов С.В., Макаров С.А. Об эволюции напряженного состояния верхней части земной коры Прибайкалья в голоцене // Геологическая среда и сейсмический процесс. Мат-лы Всероссийской межрегиональной конференции. Иркутск, 1997. С. 33–35.

Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Фелелов Н.Н., Саранина Е.В. Калиевая и калинатровая вулканические серии в кайнозой Азии. Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО». 2012. 351 с.

Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Саранина Е.В. Корневые структуры Даригангского и Витимского вулканических полей Японско-Байкальского геодинамического коридора: соотношения источников позднекайнозойских магматических расплавов и современных локальных низкоскоростных аномалий в верхней мантии // Геология и окружающая среда. 2024а. Т. 4, № 2. С. 16–78. DOI 10.26516/2541-9641.2024.2.16

Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Саранина Е.В. Эволюция кайнозойского вулканизма и его источники в зоне Дариганга-Чифэн (Дачи): вовлечение в тектоническую активизацию кия Северо-Китайского кратона и глубокой мантии под сопредельными геологическими структурами // Геология и окружающая среда. 2024б. Т. 4, № 2. С. 79–104. DOI 10.26516/2541-9641.2024.2.79

Салтыковский А.Я., Генштафт Ю.С. Мантия и вулканизм юго-востока Монголии (плато Дариганга). М.: Наука, 1984. 201 с.

Салтыковский А.Я., Генштафт Ю.С. Геодинамика кайнозойского вулканизма юго-востока Монголии. Труды Совместной советско-монгольской исследовательской геологической экспедиции Вып. 42. М.: Наука, 1985. 135 с.

Сульдин В.А. Стратиграфия, формации позднего докембрия и раннего палеозоя Прихубсугулья (МНР). Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 1975. 16 с.

Уфлянд А.К., Ильин А.В., Спиркин А.И. Впадины байкальского типа Северной Монголии // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1969. Т. 46, вып. 6. С. 5–22.

Флоренсов Н.А. Геоморфология и новейшая тектоника Забайкалья // Известия АН СССР. Сер. геол. 1948. № 2. С. 3–16.

Флоренсов Н.А. Катастрофическое землетрясение в Гобийском Алтае // Природа. 1958. № 7. С. 73–77.

Флоренсов Н.А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья / Труды Вост.-Сиб. фил. СО АН СССР. Вып. 19. Серия геол. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 258 с.

Хрусталева В.К., Осокин П.В. Основные особенности геодинамики и металлогении Монгольского Алтая, Саяно-Хубсугульского и Дзавханского районов // Известия ВУЗов. Геология и разведка, 1999, № 2. С.28–34.

Чувашова И.С., Рассказов С.В., Ясныгина Т.А. Трассирование потенциальной сейсмической структуры в Тарятской впадине Центральной Монголии вулканическими извержениями из ОИВ-подобного источника 50–9 тыс. лет назад // Геология и окружающая среда. 2022. Т. 2, № 4. С. 80–103. DOI 10.26516/2541-9641.2022.4.80

Ярмолюк В.В., Иванов В.Г., Коваленко В.И., Покровский Б.Г. Магматизм и геодинамика Южно-Байкальской вулканической области (горячей точки мантии) по результатам геохронологических, геохимических и изотопных (Sr, Nd, O) исследований // Петрология. 2003. Т. 11, № 1. С. 3–34.

Ankhtsetseg D., Odonbaatar Ch., Bayasgalan A., Demberel S., Baatarsuren G., Battogtokh D., Bayarsaikhan E., Dembereldulam M., Amarmend A., Dorjdavaa M. The preliminary seismotectonic map of

Mongolia // Геофизик ба Одон Орон судлал. №7. 2020. P. 25–37.

Conference commemorating the 50th anniversary of the 1957 Gobi-Altay earthquake / Proceedings of the Conference commemorating the 50th anniversary of the 1957 Gobi-Altay earthquake, 25 July – 8 August, 2007, Ulaanbaatar, Mongolia: extended abstract volume / Dorjsuren Ankhtsetseg et al. eds. Ulaanbaatar, 2007. 269 p.

Demberel S., Anatoly V.K. Lithospheric stress in Mongolia // Geosci. Front. 2017. Vol. 8. P. 1323–1337.

Geological map of Mongolia scale 1:1000000 (Ed. O. Tomurtogoo). 1999.

Khrustalyev V.K., Osokin P.V., Khrustalyeva A.V. Geodynamics and minerageni of the West Mongolia and south-eastern part of the East Savan // Geodinamics and evolution of the Earth (abstracts). Novosibirsk, 1996.

Lee C.H., Seong Y.B., Oh J.-S. Determining the slip rate and earthquake recurrence interval on the tip of a foreberg in the Gobi-Altai, Mongolia // Russ. Geol. Geophys. 2021. Vol. 62, No. 11.:P. 1296–1307. <https://doi.org/10.2113/RGG20194145>

McCalpin J.P. Application of paleoseismic data to seismic hazard assessment and neotectonic research // International Geophysics. Vol. 95. 2009. 106 p. DOI: 10.1016/S0074-6142(09)95009-4

McCalpin J.P., Khromovskih V.S. Holocene paleoseismicity of the Tunka fault, Baikal rift, Russia // Tectonics. 1995. Vol. 14, No. 3. P. 594–605.

Rasskazov S., Chuvashova I., Yasnygina T., Saranina E. Mantle evolution of Asia inferred from Pb isotopic signatures of sources for Late Phanerozoic volcanic rocks // Minerals. 2020. Vol. 10, No. 9. 739; doi:10.3390/min10090739

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Saranina E.V. Late Cenozoic high and low temperature magma generation from primordial and age-modified mantle materials beneath Dariganga in Southeast Mongolia: Factors of mantle degassing and adiabatic upwelling // Geosystems and Geoenvironment. 2024. Vol. 3, No. 1, 100295. <https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2024.100295>

Rasskazov S.V., Luhr J.F., Bowring S.A. et al. Late Cenozoic volcanism in the Baikal rift system: evidence for formation of the Baikal and Khubsugul basins due to thermal impacts on the lithosphere and collision-derived tectonic stress // Berliner palaobiologische abhandlungen. 2003. V. 4. P. 33–48.

Rizza M., Ritz J.-F., Braucher R., Vassallo R., Prentice C., Mahan S., McGill S., Chauvet A., Marco S., Todbileg M., Demberel S., Bourles D. Slip rate and slip magnitudes of past earthquakes along the Bogd left-lateral strike-slip fault (Mongolia) // *Geophys. J. Int.* 2011. Vol. 186. P. 897–927. doi: 10.1111/j.1365-246X.2011.05075.x

Yanovskaya T.B., Kozhevnikov V.M. 3D S-wave velocity pattern in the upper mantle beneath the continent of Asia from Rayleigh wave data // *Phys. Earth and Planet. Inter.* 2003. Vol. 138. P. 263–278.

References

Atlas of Lake Hovsgol. Moscow: Main directorate of geodesy and cartography under the Council of ministers of the USSR, 1989. 118 p.

Belous I.P. et al. Soviet-Mongolian integrated Hovsgol Expedition: on the 50th anniversary of its organization. Irkutsk: Irkutsk State University Publishing House, 2020. 183 p.

Belichenko V.G., Boos R.G. Bokson-Hovsgol-Dzabkhan paleomicrocontinent in the structure of Central Asian Paleozooids // *Geology and Geophysics*, 1988, No. 12. P. 20–27.

Bessolitsyn A.E. Bauxite content of the south-eastern part of the Eastern Sayans. Abstract of candidate of science (Geology and Mineralogy) dissertation. Irkutsk State University. University. Irkutsk, 1975. 20 p.

Byamba Zh., Bazhin Yu.M., Osokin P.V. Prospects for the territory of the Mongolian People's Republic for identifying phosphorite deposits // *Geology and mineralization of MPR*. Vol. 11. Nedra, M., 1984. P. 184–189.

Chuvashova I.S., Rasskazov S.V., Yasnygina T.A. Tracing of potential seismic structure in the Taryat basin of Central Mongolia by volcanic eruptions from an OIB-like source 50–9 thousand years ago // *Geology and Environment*. 2022. Vol. 2, No. 4. P.80–103. DOI 10.26516/2541-9641.2022.4.80

Geological map of Mongolia scale 1:1000000 (Ed. O. Tomurtogoo). 1999.

Genshaft Yu.S., Saltykovskiy A.Ya. Catalogue of inclusions of deep rocks and minerals of basalts of Mongolia. Proceedings of the Joint Soviet-Mongolian Research Geological Expedition. Issue. 46. Moscow, Nauka, 1990. 71 p.

Gobi-Altai earthquake / ed. N.A. Florensov, V.P. Solonenko. M.: 1963. 291 p.

Goffman A.M., Perevalov A.V., Osokin P.V. Features of radon exhalation in ore fields of phosphorite

deposits (on the example of the Khovsgol phosphorite-bearing basin) // *Geochemical studies and prospecting for radioactive and noble elements in Transbaikalia*. Ulan-Ude BSh SB RAS USSR. 1991. P. 97–123.

Didenko A.N., Mossakovskiy A.A., Pechersky D.M. et al. Geodynamics of the Paleozoic oceans of Central Asia // *Geology and Geophysics*. 1994. No. 7–8. P. 59–75.

Florensov N.A. Geomorphology and recent tectonics of Transbaikalia // *Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Geological Series*. 1948. No. 2. P. 3–16.

Florensov N.A. Catastrophic earthquake in the Gobi Altai // *Nature*. 1958. No. 7. P. 73–77.

Florensov N.A. Mesozoic and Cenozoic basins of the Baikal region / *Transactions of the East Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences*. Issue 19. Geological Series. Moscow–Leningrad: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1960. 258 p.

Ivanenko V.V., Karpenko M.I., Yashina R.M., Andreeva E.D., Ashikhmina N.A. New data on the potassium-argon age of basalts from the western side of the Khovsgol rift (MPR) // *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1989. Vol. No. 4. P. 925–930.

Ilyin A.V. On the Tuva-Mongolian massif // *Materials on regional geology of Africa and foreign Asia*. Moscow Nedra, 1971a. P. 67–73. (Proceedings of the Research Institute "Zarubezhgeologiya", issue 22).

Ilyin A.V. Khovsgol phosphorite-bearing basin. Author's abstract. dissertation doctoral degree. Geol.-mineral. Sci. Moscow, 1971b.

Ilyin A.V. Khovsgol phosphorite-bearing basin // *Proceedings of the Joint Soviet-Mongolian research expedition*. MOSCOW: Nauka, 1973. Issue. 6, 167 pp.

Map of geological formations of the Mongolian People's Republic. Scale 1:1500000. Editor-in-Chief A.L. Yanshin. Joint Soviet-Mongolian scientific research expedition, 1989.

Map of earthquake epicenters. Irkutsk: Baikal Branch of the Geophysical Survey, 2024. <http://www.seis-bykl.ru>

McCalpin J.P. Application of paleoseismic data to seismic hazard assessment and neotectonic research // *International Geophysics*. Vol. 95. 2009. 106 p. DOI: 10.1016/S0074-6142(09)95009-4

- McCalpin J.P., Khromovskih V.S. Holocene paleoseismicity of the Tunka fault, Baikal rift, Russia // *Tectonics*. Vol. 14, No. 3. P. 594–605.
- Kepezhinskas V.V. Cenozoic alkaline basaltoids of Mongolia and their deep inclusions. Joint Soviet-Mongolian scientific research geological expedition. Moscow: Nauka, 1979. 312 p.
- Khrustalev V.K., Osokin P.V. Main features of geodynamics and metallogeny of Mongolian Altai, Sayano-Khovsgol and Dzabkhan regions // *News of Higher Education Institutions. Geology and exploration*, 1999, No. 2. P.28–34.
- Khrustalyev V.K., Osokin P.V., Khrustalyeva A.V. Geodynamics and minerageni of the West Mongolia and south-eastern part of the East Savan // *Geodynamics and evolution of the Earth (abstracts)*. Novosibirsk, 1996.
- Korina N.A. Khangai Highlands // *Geomorphology of the Mongolian People's Republic. Proceedings of the Joint Soviet-Mongolian Research Expedition*. Vol. 28. Moscow: Nauka, 1982. pp. 87–108.
- Kuznetsov G.A., Suldin V.A., Bessolitsin A.E. Geology and mineral resources of the region // *Natural conditions and resources of the Khovsgol region*. Irkutsk: ISU Publishing House, 1972. pp. 19–26.
- Kuznetsov G.A., Kulakov V.S., Suldin V.A. et al. Structure of the Lake Khubsugul basin // *Natural conditions and resources of the Khubsugul region (MPR)*, vol. 2. Irkutsk-Ulaanbaatar, 1973. P. 19–33.
- Kuleshov V.N., Zaitsev N.S., Osokin P.V., Dorzhnamzha D., Ochir A. Origin of carbonate matter in phosphorites of the Khovsgol basin of the Mongolian People's Republic (according to the isotopic composition of carbon and oxygen // *Lithology and minerals*. 1991. No. 3. Pp. 79–88.
- Martynova N.A. Realization of lithogenic matrix soil formation in phosphorite-bearing landscapes of the mountainous Khovsgol region in the south of the Baikal rift zone // *Bulletin of the Irkutsk State University. Series "Biology. Ecology"*. 2017. Vol. 22. Pp. 79–95.
- Muzalevsky M.M. Geological structure and main types of phosphorites of the Khovsgol deposit of the Mongolian People's Republic. Abstract of the dissertation for the degree of Cand. Sci. geol.-mineral. Sci. Volgograd, Lyubertsy, 1970. 16 p.
- Nikiforov K.A., Osokin P.V., Amgalan Zh., Torgodor N. Khovsgol phosphorite-bearing basin (geology, geochemistry, technology) // *BIEN SB RAS, Institute of Chemical Chemistry of the Academy of Sciences of Mongolia*. Ulan-Ude, 1995. 64 p.
- Nikolai Alexandrovich Florensov. Novosibirsk: Publishing house SB RAS, 2003. 171 p.
- Osokin P.V. Phosphorite content of Cambrian deposits of the Khovsgol trough // *Proceedings for the geological conference dedicated to the 50th anniversary of the Soviet state and the 10th anniversary of the Burgeoning Geological Administration*. BSU, Burying branch of the SB RAS USSR. Ulan-Ude, 1967. P. 175–178.
- Osokin P.V. Structural and tectonic distribution of phosphorite deposits in the Okina-Khovsgol phosphorite-bearing basin // *Tectonic structures and patterns of distribution of useful minerals on the territory of Transbaikalia*. BF GIN SB RAS USSR. Ulan-Ude, 1979. P. 11–19.
- Osokin P.V. Geological features of phosphorite deposits of the Khovsgol phosphorite-bearing basin of the Mongolian People's Republic // *Problems of forecasting, prospecting and exploration of non-metallic and useful mineral deposits*. VNIIGeolnerud, (Abstract) Kazan, 1986. P. 105–106.
- Osokin P.V. Diagenetic, epigenetic and metamorphic transformations of phosphorites of the Khovsgol phosphorite-bearing basin // *Ore-bearing and ore formations of Transbaikalia and adjacent regions*. Proceedings of the readings in memory of academician S.S. Smirnov. Zab. branch of the USSR State Oblast, PGO "Chitageologiya", ZabNII, CHIPR. Chita, 1988. P. 204–207.
- Osokin P.V. The Khovsgol region is a region of large sedimentary and intrusive mineral deposits // *Geology and metallogeny of the Eastern Mongolia and adjacent territories (Abstract)*. MPR. Ulaanbaatar, 1991. P. 48–50.
- Osokin P.V. Influence of fold-thrust movements on phosphorite deposits of the Khovsgol phosphorite-bearing basin // *Thrusts and nappes of platform and folded regions of Siberia and the Far East and their metallogenic significance (Abstract)*. Irkutsk, 1992. P. 55–57.
- Osokin P.V. Geochemical features of the distribution of rare earth elements and trace elements in phosphorites of the Oka-Khovsgol phosphorite-bearing basin // *IV Joint international symposium on applied geochemistry (Abstract)*. Irkutsk, 1994a. 151 p.
- Osokin P.V. On the gold content of phosphorite deposits in the Khovsgol basin // *Proc. BGI SB RAS*. Ulan-Ude, 1994b. Pp. Geodynamic conditions for the formation of phosphorite deposits in the Oka-

Khovsgol phosphorite-bearing basin // 1st All-Russian metallogenic conference on the problem: "Metallogeny of folded systems from the standpoint of plate tectonics" (abstract of report). Ekaterinburg, 1994v. Pp. Central Asian phosphorite-bearing province: stratigraphy and phosphorite content. Dissertation of Doctor of Geological and Mineral Sciences in the form of a scientific report. Irkutsk, IZK SB RAS, 1999. 45 p.

Osokin P.V., Tyzhinov A.V. Precambrian tilloids of the Okino-Khovsgol phosphorite-bearing basin (Eastern Sayan, Northwestern Mongolia // Lithology and minerals. 1998, No. 2. P. 162–176.

Osokin P.V., Ilyin A.B., Zaitsev N.S. Okino-Khovsgol phosphorite-bearing basin on the territory of the USSR and Mongolia // Raw materials base of the phosphate industry. USSR: prospects for expansion and rational use. Moscow, VIEMS, 1973. P.54–56.

Osokin P.V., Goffman A.M., Mironov A.G. Radioactivity of phosphorites of Mongolia and Vost. Sayan and radiogeochimical criteria for their searches // Geology and metallogeny Vost. Mongolia and adjacent territories of the Mongolian People's Republic. Abstracts of reports. Ulaanbaatar, 1991. P. 51–53.

Pavlovsky E.V. Geological history and geological structure of the Baikal mountain region. Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1948. 175 p.

Parfeevets A. V., Sankov V. A. Stress state of the earth's crust and geodynamics of the southwestern part of the Baikal rift system. Novosibirsk: Academic Publishing House "Geo", 2006. 151 p.

Rasskazov S. V., Makarov S. A. On the evolution of the stress state of the upper part of the earth's crust in the Baikal region in the Holocene // Geological environment and seismic process. Proceedings of the All-Russian interregional conference. Irkutsk, 1997. P. 33–35.

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Fefelov N.N., Saranina E.V. Potassium and potassium-sodium volcanic series in the Cenozoic of Asia. Novosibirsk: Academic Publishing House "Geo". 2012. 351 p.

Rasskazov S., Chuvashova I., Yasnygina T., Saranina E. Mantle evolution of Asia inferred from Pb isotopic signatures of sources for Late Phanerozoic volcanic rocks // Minerals. 2020. Vol. 10, No. 9. 739; doi:10.3390/min10090739

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Saranina E.V. Late Cenozoic high and low temperature magma generation from primordial and age-

modified mantle materials beneath Dariganga in Southeast Mongolia: Factors of mantle degassing and adiabatic upwelling // Geosystems and Geoenvironment. 2024. Vol. 3, No. 1, 100295. <https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2024.100295>

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Saranina E.V. Root structures of the Dariganga and Vitim volcanic fields of the Japan-Baikal geodynamic corridor: relationships between the sources of late Cenozoic magmatic melts and modern local low-velocity anomalies in the upper mantle // Geology and Environment. 2024a. Vol. 4, No. 2. P. 16–78. DOI 10.26516/2541-9641.2024.2.16

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Saranina E.V. Evolution of Cenozoic volcanism and its sources in the Dariganga-Chifeng (Dachi) zone: involvement in tectonic reactivation of the keel of the North China Craton and the deep mantle beneath adjacent geological structures // Geology and Environment. 2024b. Vol. 4, No. 2. P. 79–104. DOI 10.26516/2541-9641.2024.2.79

Saltykovskiy A.Ya., Genshaft Yu.S. Mantle and volcanism of south-eastern Mongolia (Dariganga plateau). Moscow: Nauka, 1984. 201 p.

Saltykovskiy A.Ya., Genshaft Yu.S. Geodynamics of Cenozoic volcanism of south-eastern Mongolia. Proceedings of the Joint Soviet-Mongolian Research Geological Expedition Issue. 42. Moscow: Nauka, 1985. 135 p.

Sul'din V.A. Stratigraphy, formations of the late Precambrian and early Paleozoic of the Khovsgol region (MPR). Abstract of dissertation for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences. Irkutsk, 1975. 16 p.

Victor Prokopyevich Solonenko. Novosibirsk: Publishing house SB RAS, 2004. 183 p.

Vinogradov V.I., Kuleshov V.N., Osokin P.V. Isotopic composition of neodymium and strontium in phosphorites of Mongolia and Karatau as an indicator of the phosphate accumulation environment in the Vendian-Cambrian time // Lithology and mineral resources, 1994. No. 6. P. 51–62.

Uflyand A.K., Ilyin A.V., Spirkin A.I. Baikal-type depressions of Northern Mongolia // Bulletin of MOIP. Geological section. 1969. Vol. 46, issue 6. P. 5–22.

Yanovskaya T.B., Kozhevnikov V.M. 3D S-wave velocity pattern in the upper mantle beneath the continent of Asia from Rayleigh wave data // Phys. Earth and Planet. Inter. 2003. Vol. 138. P. 263–278.

Yarmolyuk V.V., Ivanov V.G., Kovalenko V.I., Pokrovsky B.G. Magmatism and geodynamics of the South Baikal volcanic region (mantle hot spot) based

on the results of geochronological, geochemical and isotopic (Sr, Nd, O) studies // Petrology. 2003. Vol. 11, No. 1. P. 3–34.

Рассказов Сергей Васильевич,

*доктор геолого-минералогических наук, профессор,
664025, Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
заведующий кафедрой динамической геологии,
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128,
Институт земной коры СО РАН,
заведующий лабораторией изотопии и геохронологии,
тел.: (3952) 51–16–59,
email: rassk@crust.irk.ru.*

Rasskazov Sergei Vasilievich,

*doctor of geological and mineralogical sciences, professor,
664025, Irkutsk, Lenin st., 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
Head of Dynamic Geology Char,
664033, Irkutsk, Lermontov st., 128,
Institute of the Earth's Crust SB RAS,
Head of Laboratory for Isotopic and Geochronological Studies,
tel.: (3952) 51–16–59,
email: rassk@crust.irk.ru.*

Чувашова Ирина Сергеевна,

*кандидат геолого-минералогических наук,
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128,
Институт земной коры СО РАН,
старший научный сотрудник,
тел.: (3952) 51–16–59,
email: chuvashova@crust.irk.ru.*

Chuvashova Irina Sergeevna,

*candidate of geological and mineralogical sciences, Senior Researcher,
664033, Irkutsk, Lermontov st., 128,
Institute of the Earth's Crust SB RAS,
Senior Researcher,
tel.: (3952) 51–16–59,
email: chuvashova@crust.irk.ru.*