

ВЗАИМОСВЯЗЬ НЕОТЕКТОНИКИ И ТЕКТОНОФИЗИКИ

Л. А. Сим

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, Москва, e-mail: sim@ifz.ru

Главными задачами тектонофизики М. В. Гзовский считал классификацию и изучение различных механизмов генерации напряжений в литосфере. Большое разнообразие теоретических представлений о генезисе напряжений в земной коре требовало разработки собственных – тектонофизических методов изучения природных напряжений в горных массивах в их естественном состоянии. Первым из таких методов стал метод сопряженных пар сколов [Гзовский, 1954]. Кроме предложенного метода к числу важнейших достижений М. В. Гзовского следует отнести построение новой физической теории формирования и развития тектонических разрывов, заложение основ количественной неотектоники (градиент скорости неотектонических процессов), создание классификации различных механизмов генерации напряжений.

Из этого краткого перечня достижений следует, что изучение тектонических разрывов является важнейшим для определения движущей силы в формировании неотектонических структур, т.к. они служат одними из главных индикаторов тектонических напряжений. В предлагаемой работе рассматриваются основные положения неотектоники и результаты изучения неотектонических напряжений в различных частях Северной Евразии с целью решения вопросов о распространении различных типов влияния глобального тектогенеза в новейший этап на указанной территории, а также для решения практических задач, которым М. В. Гзовский уделял значительное внимание.

Необходимо отметить, что на преобладающей площади обсуждаемой территории реконструкция неотектонических напряжений произведена структурно-геоморфологическим (СГ) методом реконструкции сдвиговых тектонических напряжений, обоснованием которого служили данные о развитии оперяющих разрывов в зоне сдвига, обобщенные М. В. Гзовским [1975].

Неотектоника

Понятие «неотектоника» введено С. С. Шульцем; под этим понятием подразумевалось, что в этот этап созданы основные черты современного рельефа Джунгарского Ала-Тау [Шульц, 1932]. При этом С. С. Шульц подчеркивал, что нет единой нижней возрастной границы новейших тектонических движений для Земли в целом. Она является скользящей и не опускается ниже рубежа верхнего олигоцена-нижнего миоцена. В. А. Обручев понимал под неотектоникой движения позднекайнозойского (третичного и послетретичного возраста); в этом мнении прочитывается стремление рассматривать новейшие движения как один из циклов тектогенеза Ала-Тау [Обручев, 1948]. Н. И. Николаев в 1950 г. выделил неоген-четвертичный этап усиления тектонических движений под названием новейший (неотектонический) этап развития Земли [Николаев, 1962]. С самого начала развития неотектоники отмечался разный возраст начала неотектонического этапа (или скользящий график активизации неотектонических движений). А. Ф. Грачев выделил два типа неотектоники на земном шаре: атлантический и тихоокеанский, граница между которыми проходит по хребту Гаккеля (зона спрединга в Арктике), далее – по Момскому и Байкальскому рифтам, Алтае-Саянам и т.д. Эти типы отличаются началом неотектонического этапа: для атлантического типа – олигоцен-миоцен, для тихоокеанского – миоцен-плиоцен; последний отличается от атлантического более высоким уровнем вулканизма и сейсмичности [Грачев, 1996].

Специфика неотектоники заключается в методах изучения новейших движений, активно использующих результаты анализа современного рельефа. Такой анализ позволяет получать непрерывно по всей площади земной поверхности характерные особенности ее современной морфологии и изучать развитие новейших структур. При составлении неотектонических карт используются практически все данные о строении земной коры: геофизические, геотермические, данные бурения, батиметрические и т.д. Неотектоника является тем связующим звеном между тектоникой древних комплексов и современной геодинамикой, которая позволяет не только решать проблемы современной сути явлений, но и перейти к прогнозу реализации этих явлений во времени. Разработка теоретических вопросов неотектоники тесно связана с решением практических задач: проектированием долговременных инженерных сооружений (АЭС и ГЭС, плотин, карьеров и др.), водоснабжением, сооружением нефте- и газопроводов, поисками нефтяных, газовых и россыпных месторождений, прогнозом землетрясений. В свою очередь, при решении практических задач необходимо изучение неотектонических и современных напряжений. Особое значение приобретает

изучение неотектонических напряжений на обширных и наиболее густонаселенных и практически асейсмичных платформенных территориях, на которых единичны определения механизмов очагов землетрясений – источников информации о современных напряжениях. Крупнейшими достижениями неотектоники является серия неотектонических карт территории СССР (1959, 1964, 1978), Европы (1973), юга Азии и сопредельных областей (1981), мира (1984) под ред. Н.И. Николаева с соавторами (1959-1984) и последняя карта новейшей тектоники Северной Евразии под ред. А.Ф. Грачева (1997). На картах неотектоники 1959-1984 гг. районирование новейших структур производилось с учетом предыстории неотектонической активизации крупнейших структур как Северной Евразии, так и мира, в то время как на последней карте неотектоники Северной Евразии принцип отражения новейших структур базировался исключительно на учении о рифтогенезе, которое стало заменой старых представлений о геосинклиналях. В результате возникло понятие о предрифтовом режиме в ранге самостоятельной геоструктурной области и было потеряно понятие о закономерности распределения напряжений, «связанных с развитием различных структурных элементов земной коры» [Гзовский, 1975, с. 111]. Принципиально новым в изучении неотектоники является выделение экзогенно-активного слоя (ЭАС). Он рассчитывается по разнице величин между базисной и вершинной поверхностями, которые отстраиваются по гипсометрической карте [Леви, 2008, устное сообщение; Леви и др., 2016]. Анализ карты толщины ЭАС показывает интенсивность неотектонических деформаций и объем горных масс, который будет удален с континентальных массивов по завершении текущего неотектонического цикла. Это позволило К.Г. Леви с соавторами выполнить построения по оценке мощности континентальной литосферы и установить закономерности проявления неотектонических движений и сейсмичности. Значительный вклад в изучение неотектоники Евразии внесла монография В.Г. Трифонова [Трифонов, 1999]. В этой работе выявлены общие черты континентальной и океанической неотектоники на фоне преобладания сжатия континентов и растяжения океанов, показана глобальная квазисинхронность фаз и главных эпизодов неотектонической активизации, обоснована неотектоническая расслоенность литосферы и структурно-динамическая дисгармония между ее слоями. В.Г. Трифонов показал, что разнообразные новейшие структуры возникли в результате сложного взаимодействия процессов в рамках глобальной и локальной неотектонических открытых систем. Глобальная система, по мнению автора, является развитием плейт-тектонической модели, отличаясь от нее признанием тектонической расслоенности литосферы. При этом локальные системы возбуждаются процессами в глобальной системе.

Тектонофизика

Для изучения новейшей тектоники принципиально важна информация о современных и неотектонических напряжениях. Первые схемы тектонических напряжений СССР были составлены [Гзовский, 1975]. Им была представлена схема расположения районов древних тектонических напряжений на территории СССР, на которой разными значками показаны механизмы формирования структур. Достоинством 1-й мелкомасштабной схемы расположения древних тектонических напряжений на территории СССР является то, что на ней показаны не только механизмы формирования разновозрастных структур, но и время действия тектонических напряжений, разделенные согласно общему тектоническому районированию, приведенному на схеме на докембрий, палеозой, мезозой и кайнозой.

На схеме отражены следующие виды полей напряжений: поперечного сжатия, поперечного изгиба, продольного сжатия, горизонтального сжатия при продольнозональном удлинении, горизонтального растяжения при продольнозональном укорочении, горизонтального продольнозонального сдвига, вертикального продольнозонального сдвига. Определения перечисленных механизмов актуальны и в современных тектонофизических исследованиях.

Помимо того, что М.В. Гзовский построил новую физическую теорию формирования и развития тектонических разрывов, он представил, как было указано выше, обобщение разрывов, формирующихся в зонах сдвигов в разных геодинамических условиях [Гзовский, 1975]. В этой работе показаны различные варианты взаимных ориентировок триады R , R^1 сколов и отрывов как между собой, так и по отношению к зоне сдвига, в которой они формируются. При этом триада оперяющих разрывов разворачивается в зависимости от приложенных по отношению к плоскости сдвига дополнительного растяжения (транстенсия) или сжатия (трансперессия). Это обобщение позволило предложить структурно-геоморфологический (СГ) метод реконструкции сдвиговых тектонических напряжений [Сим, 1991; Sim, Sergeev, 1996; Ребецкий и др., 2017]. В методе предусматривается дешифрирование по топокартам и фотоснимкам возможных разрывов-

линеаментов, вдоль которых дешифрируются мелкие прямолинейные элементы рельефа (мегатрещины) – возможные разрывы оперения. Если взаимные ориентировки мегатрещин между собой и по отношению к предполагаемому разрыву соответствуют одному из вариантов ориентировки оперяющих разрывов в зоне сдвига в обобщении М.В. Гзовского, то принимается, что линеамент и мегатрещины имеют разломную природу, определяется ориентация осей сжатия и растяжения в горизонтальной плоскости, направление сдвига (правый-левый) и геодинамическая обстановка формирования сдвига (транстенсия или транспрессия). Особо следует отметить, что метод оказался весьма продуктивным для характеристики неотектонических напряжений платформ Северной Евразии, практически представлявших собой «белое пятно», например, на карте напряженного состояния верхней части литосферы Земли, составленной С.И. Шерманом и О.В. Луниной с использованием материалов М.А. Зобак, 1992 и серии карт и публикаций по отдельным регионам [Актуальные вопросы..., 2005]. Преобладание сдвиговых тектонических напряжений во многих регионах объясняется тем, что горизонтальные движения блоков литосферы энергетически более выгодны. «Если реальные вертикальные перемещения блоков земной коры ограничены 9-ю км (иначе горный массив просто раздавит собственное основание), то горизонтальные перемещения по своей амплитуде просто не ограничены ничем. Это утверждение подтверждает факт соотношения горизонтальной и вертикальной компонент движения в очагах землетрясений и в сейсмогенных трещинах на дневной поверхности» [Леви, 2008, устное сообщение].

По топографическим картам масштаба от 1:50 000 до 1:1 000 000 произведена реконструкция сдвиговых тектонических напряжений для решения различных задач.

Необходимо отметить, что одна из двух горизонтальных осей главных нормальных напряжений (ось сжатия σ_3 и ось растяжения σ_1), восстановленных СГ методом, может быть промежуточной осью σ_2 . В условиях, когда на горизонтальной поверхности действуют напряжения, близкие к одноосному растяжению (т.е. $\sigma_3 \approx \sigma_2$), за счет разницы абсолютных величин между горизонтальными осями σ_1 и σ_2 могут возникать парагенезы вторичных присдвиговых нарушений, т.е. на горизонтальной плоскости реконструированы промежуточная ось σ_2 и ось растяжения σ_1 . Соответственно, в случаях, когда напряженное состояние на земной поверхности близко к одноосному сжатию (т.е. $\sigma_1 \approx \sigma_2$), то из-за разницы величин между σ_3 и σ_2 возможна реконструкция оси сжатия σ_3 и промежуточной оси σ_2 главных нормальных напряжений на горизонтальной плоскости. Каждый такой случай требует проверки дополнительными методами, например, сопоставления с механизмами очагов землетрясений, тщательным анализом неотектонических структур и т.д.

На рис. 1 представлена схема неотектонических напряжений Северной Евразии [Сим и др., 2018]. На территории Северной Евразии преобладают по площади неотектонические напряжения, восстановленные СГ методом в масштабе 1:1 000 000. К ним относятся: Западно-Европейская, Скифско-Туранская, Западно-Сибирская молодые плиты преимущественно с эпигерцинским фундаментом, Тимано-Печорская – с эпибайкальским, а Восточно-Европейская (ВЕП) и Сибирская платформа – с архей-протерозойским фундаментом. Следуя примеру М.В.Гзовского, который нанес виды различных тектонических напряжений на тектоническую схему, оси неотектонических напряжений наносились нами на тектоническую карту России, сопредельных территорий и акваторий под редакцией Е.Е. Милановского [Тектоническая карта..., 2006].

В пределах перечисленных плит/платформ СГ методом были восстановлены неотектонические напряжения в разных масштабах – от 1:50 000 и 1:1 000 000 на отдельных участках, которые выделены на схеме под номерами в кружочках, до 1:1 000 000. К участкам с детальной реконструкцией тектонических напряжений относятся площади нефтегазоносных структур, районы строительства крупных гражданских сооружений и др., подчеркивающих актуальность изучения неотектонических напряжений для решения практических задач, на что указывалось выше.

На многие районы были составлены неотектонические и структурно-геоморфологические схемы Г.В. Брянцевой, автором и Н.А. Гордеевым [Сим, Брянцева, 2011; Гордеев, Сим, 2019 и др.]; разломы, выраженные в рельефе, далее использовались для реконструкции сдвиговых тектонических напряжений, а также способствовали оценке унаследованного развития разломов в новейший этап при сопоставлении с разломами, выделенными в разные годы по комплексу геологических и геофизических данных. Этому вопросу в работах М.В. Гзовского, а также при составлении неотектонических карт под ред. Н.И. Николаева уделялось повышенное внимание.

К областям, в которых произведено картирование новейших структур, относятся: север Западно-Сибирской плиты и Полярный Урал [Сим, Брянцева, Чекмарев, 20086], Полярный Урал и Пай-Хой [Сим, Брянцева, 2011], Иркиннеево-Чадобецкий прогиб [Сим и др., 2016], Сахалин [Сим и

др., 2017], Чукотка [Сим и др., 2019] и др. районы. Изучение неотектоники совместно с реконструкцией тектонических напряжений уточняло вопросы унаследованности развития новейших структур, а также способствовало оценке вертикальных составляющих перемещений по новейшим сдвигам, которые достаточно часто оказывались сбросо/взбросо-сдвигами. При выделении поясного распределения трещин в зонах разломов [Данилович, 1966] было уточнено, что вертикальная составляющая перемещений на новейшем этапе была минимальной с углами наклона к горизонту около 10-15 градусов. Тем не менее эта вертикальная составляющая вычитывалась в современном рельефе, что давало возможность в отдельных случаях оценить амплитуду горизонтального перемещения. Кроме этого, исследование новейшей тектоники оказалось необходимым для подтверждения геодинамической обстановки формирования сдвигов. Например, зоны сдвигов, восстановленных СГ методом в обстановках транстенсии, часто разрабатывались реками с высоким меандрированием русел (Иркинеево-Чадобецкий прогиб), а сдвиги, формирующиеся в обстановке транспрессии, картировались по исключительно прямолинейным участкам речных долин и прямолинейными уступами в рельефе (Пай-Хой и др. районы). На севере Западно-Сибирской плиты была установлена перестройка новейшего структурного плана под влиянием неотектонических напряжений: субмеридиональные структуры мезозойского этапа приобрели относительно изометричные очертания на неотектоническом этапе под воздействием субширотного растяжения. На Сахалине новейшие разломы, выделенные на схеме неотектоники, послужили границами областей с разными геодинамическими типами напряженного состояния на геодинамической схеме острова [Сим и др., 2017].

На остальных территориях реконструкция неотектонических напряжений СГ методом произведена в масштабе 1:1 000 000, за исключением Вилуйской синеклизы, Центрального и Северного Сахалина, в пределах которых использовались топографические карты масштаба 1:500 000 и космические снимки. Трапециями выделены области, в которых тектонические напряжения восстановлены комплексом полевых методов: кинематическим [Гущенко, 1979], статистическим [Николаев, 1977] методами и методом выделения сколовых сопряженных трещин [Гзовский, 1954, 1975]. В этих областях активно использовалась методика выделения поясного распределения трещин в зонах разломов [Данилович, 1961].

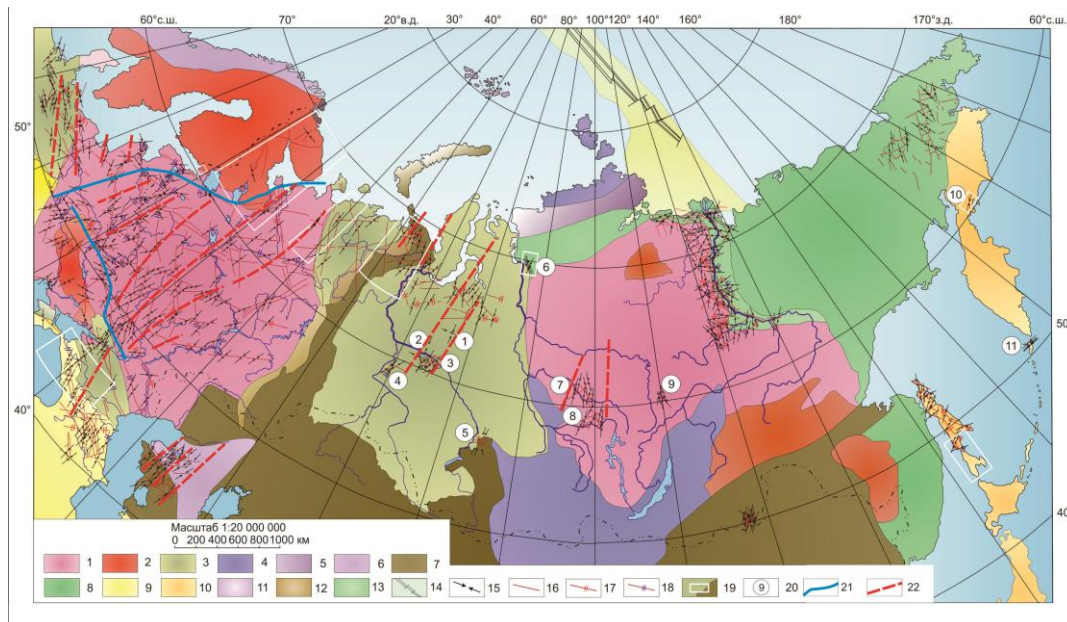
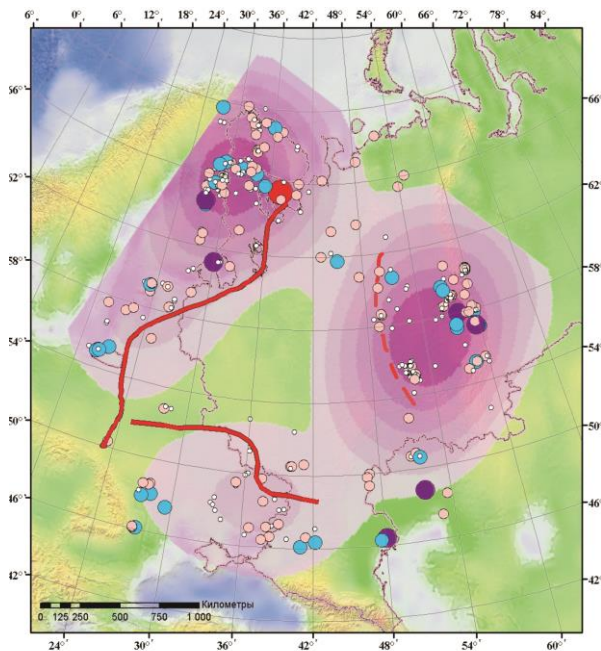


Рис. 1. Схема неотектонических напряжений Северной Евразии.

1-13 – Тектоническая карта России, сопредельных территорий и акваторий по: [Милановский Е.Е., 2007г с упрощениями]. 1-2 – древние структуры: 1 -платформы; 2 – щиты и выступы фундамента; 3 – метаплатформенные области; 4-10 – складчатые пояса: 4 – байкальский, 5 – салаирский, 6 – каледонский, 7 – герцинский, 8 – киммерийский, 9 – альпийский, 10 – кайнозойский; 11- 13 – области развития крупных прогибов: 11 – каледонский, 12 – герцинский, 13 – киммерийский. 14 - Область развития Арктического спрединга. 15-18 – Неотектонические напряжения, восстановленные структурно-геоморфологическим (СГ) методом Сим Л.А.: 15 – ориентировки осей максимального сжатия в горизонтальной плоскости, 16 – новейшие сдвиги, 17-18 – геодинамические обстановки: 17 – транспрессии, 18 - транстенсии. 19 – Области с результатами реконструкции тектонических напряжений полевыми методами. 20 – Участки с результатами детального изучения неотектонических напряжений СГ методом. 21 – Граница между областями с разными типами ориентировок осей главных нормальных напряжений. 22 – Траектории осей сжатия регионального уровня. Остальное – в тексте

В результате изучения неотектонических напряжений Северной Евразии удалось установить влияние глобальных тектонических процессов на распределение неотектонических напряжений. Так, в Европе была определена сложная граница между западным и восточным типами новейшего напряженного состояния, которые обусловлены влиянием спрединга в Северной Атлантике (западный) и в Арктическом бассейне (восточный) типы [Сим, 2000; Sim L. et al, 1999₂]. Сдвиговое поле напряжений западного типа характеризуется ЗСЗ и субширотными, а восточный – субмеридиональными ориентировками осей сжатия в горизонтальной плоскости. По определению в западном типе оси растяжения субмеридионального и ССВ простирания, а в восточном – субширотные; они не показаны для разгрузки схемы. Граница между разными типами напряженного состояния в Европе проходит достаточно неожиданно не по линии ТТ – границе плит с разновозрастным фундаментом, а по западному склону палеозойской Белорусской антеклизы. В целом эта граница со сложной морфологией имеет ССВ простирание. В северной половине этой границы выделена специфическая область неустойчивых ориентировок неотектонических напряжений, захватывающая структуры вблизи побережья Балтийского моря. Она характеризуется уверенно восстанавливаемыми ориентировками осей главных нормальных напряжений, допускающих то правый, то левый сдвиги по одним и тем же разломам [Сим, 2000, Sim L., 1999₁]. Объяснением этому феномену предположительно может служить попеременное развитие широтного Финского и меридионального Ботнического заливов, обуславливающих то меридиональное, то широтное сжатие. Подтверждением этой версии служат механизмы Осмуссаарского и Калининградских землетрясений – очаг первого характеризуется широтным, а вторых – меридиональным сжатием.

На ВЕП выделена еще одна граница между южной частью Русской плиты и с меридиональной ориентацией оси сжатия в горизонтальной плоскости и расположенной южнее ее области, захватывающей южный склон Воронежской антеклизы и Украинский щит. Эта граница с ломаной конфигурацией в целом субширотна. Оказалось, что обе выделенные границы между новейшим напряженным состоянием ВЕП служат границами распространения на Русскую плиту сейсмичности (рис. 2), что подчеркивает связь между неотектоникой, неотектоническими и современными напряжениями.



Карта плотности эпицентров землетрясений ВЕП



Рис. 2. Влияние границ с разным типом напряженного состояния на распространение сейсмичности на Восточно-Европейской платформе

Реконструкция неотектонических напряжений на севере Русской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской плит, а также на Пай-Хое и Полярном Урале позволила установить во всех перечисленных регионах доминирование регионального сдвигового поля неотектонических напряжений с субмеридиональной ориентацией оси сжатия. Такое поле напряжений обусловлено влиянием процессов рифтогенеза в Арктике [Сим, 2000]. При продвижении на восток предпринята попытка определить влияние спрединга в Арктическом бассейне на напряженное состояние северо-востока Сибирской платформы. Выяснилось, что на запад и на восток от устья р. Лены (место вхождения зоны Арктического рифта на континент) неотектонические напряжения не зависят от процессов рифтогенеза в Арктике [Гордеев, Сим, 2019]. Вероятнее всего это связано с близостью полюса вращения Северо-Американской и Евразийской плит именно к СВ окончанию Сибирской платформы, который по данным [Hindle D. and Maskey K., 2011] находится вблизи исследованного Оленекского массива.

Еще одной проблемой глобальных тектонических процессов, решенной с помощью реконструкции неотектонических напряжений, является вопрос о проведении границы между Амурской и Охотской микроплитами, выделенными в зоне конвергенции крупнейших литосферных плит: Евразийской, Северо-Американской и Тихоокеанской, к которой приурочена широкая полоса самостоятельно вращающихся микроплит. Границу между указанными микроплитами многие авторы проводят по Центрально-Сахалинскому разлому. Неотектонические напряжения, восстановленные по комплексу полевых методов на Южном и юге Центрального Сахалина, а также СГ методом на Центральном и Северном Сахалине убедительно показали, что граница между Амурской и Охотской микроплитами проходит по Западно-Сахалинскому разлому, проходящему по Татарскому проливу [Сим и др., 2017]. Далее на север она представляет собой дугу, которая заходит на Северный Сахалин; наиболее предпочтителен вариант проведения этой границы, которая была предложена в работе [Савостин и др., 1982]

О применении результатов более детальных тектонофизических исследований на территории Северной Евразии для решения практических задач. Автором впервые было предложено учитывать для оценки проницаемости для углеводородов секторов сжатия и растяжения на местах пересечения разнонаправленных сдвигов – установлено, что в секторах растяжения и вблизи разломов, формирующихся в новейший этап в условиях трансенсии дебиты нефти и газа существенно выше, чем в секторах транспрессии [Сим и др., 2002; Сим и др., (Постников) 2016]; то же самое наблюдается и с дебитами газа в Иркинеево-Чадобецком прогибе [Сим и др., 2016]. Исследование мест постоянных аварий на железнодорожных путях на отрезке Москва – Смоленск показало, что эти неблагоприятные участки приурочены также к участкам локального растяжения на местах пересечения разнонаправленных сдвигов. К таким же секторам приурочены постоянные карстовые просадки в г. Дзержинск, приводящие к разрушению домов, транспортных магистралей и т.д. [Сим и др., 2008а]; вопросы безопасности горнопроходческих работ решались с помощью реконструкции неотектонических напряжений в Приаргунье [Петров и др., 2009]. Изучение тектонических напряжений в хрусталеносной Приполярно-Уральской провинции позволило определить новый вид напряженного состояния, названный вариацией вида напряженного состояния (ВВНС) и сформулировать тектонофизический критерий хрусталеносности [Сим, 2009]. Таким образом, разномасштабное изучение неотектонических напряжений на территории Северной Евразии способствовало решению поставленных М.В. Гзовским задач:

1) определить механизм генерации тектонических напряжений на значительной территории Северной Евразии, которые испытывают влияние глобальных тектонических процессов перемещения тектонических плит; этот вывод совпадает с выводом о том, что разнообразные новейшие структуры возникли в результате сложного взаимодействия процессов в рамках глобальной и локальной неотектонических открытых систем [Трифонов, 1999];

2) подтвердить предложенные им закономерности развития оперяющих/вторичных нарушений в зонах сдвигов, которые позволили разработать структурно-геоморфологический метод реконструкции сдвиговых напряжений. Определение сдвиговых напряжений дало возможность решить целый ряд практических задач, связанных с прогнозом устойчивости гражданских сооружений на Русской плите и установлением причин разных дебитов скважин, добывающих углеводороды. Также реконструкция тектонических напряжений способствовала установлению нового вида напряженного состояния (ВВНС), на местах возникновения которых формируются месторождения горного хрусталя и, вероятно, других гидротермальных месторождений. К местам с ВВНС по данным В.А. Корчемагина приурочены выбросы газа в Донецком угольном бассейне и гидротермальных вод во Вьетнаме [Сим и др., 2008а].

Благодарности. Автор искренне благодарит коллег и соавторов совместных публикаций, которые позволили представить настоящую работу: Л.М. Богомолова, Г.В. Брянцеву, Н.А. Гордеева, Д.А. Жирова, П.А. Каменева, А.В. Маринина, Ю.Л. Ребецкого, Н.А. Сычеву, В.А. Сычева, К.В. Чекмарева, Ф.Л. Яковлева, без участия которых невозможно было бы проделать представленную работу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные вопросы современной геодинамики Центральной Азии. Новосибирск: Изд. СО РАН. 2005. С. 296.
2. *Гзовский М.В.* Тектонические поля напряжений // Изв. АН СССР, серия геофиз. 1954. № 5. С. 390–410.
3. *Гзовский М.В.* Основы тектонофизики. М.: Наука. 1975. 535 с.
4. Гордеев Н.А., Сим Л.А. Новейшая геодинамика Северо-Востока Сибирской платформы и взаимосвязь с полезными ископаемыми // Тез. Докл. XIV Междунар. конф. «Новые идеи в науках о Земле 2-5 апреля, 2019. М.: МГРИ-РГГРУ. Т. 1. С. 27–29.
5. *Грачев А.Ф.* Основные проблемы новейшей тектоники и геодинамики Северной Евразии // Физика Земли. 1996. № 12. С. 5–36.
6. *Гущенко О.И.* Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. М.: Наука. 1979. С. 7–25.
7. *Данилович В.Н.* Метод поясов при исследовании трещиноватости, связанной с разрывными смещениями. Иркутск: ИПИ. 1967. 47 с.
8. *Леви К. Г., Мирошниченко А.И., Козырева Е.А. и др.* Погодно-климатические изменения в Байкало-Монгольском регионе: анализ и прогноз до 2050 г. // Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры. 2016. № 5. С. 28–37.
9. *Николаев Н.И.* Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР: (Вопросы региональной и теорет. неотектоники). Москва: Госгеолотехиздат. 1962. 392 с.
10. *Николаев П.Н.* Методика тектоно-динамического анализа. М.: Недра. 1992. 263 с.
11. *Обручев В.А.* Основные черты кинетики и пластики неотектоники // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1948. № 5.
12. *Петров В.А., Сим Л.А., Насимов Р.А.* Новейшее напряженное состояние и разломная тектоника южного Приаргуны в связи с решением вопросов безопасности горнопроходческих работ // Геологические опасности. Мат-лы XV Всероссийской конференции с международным участием. Архангельск, Ин-т экологических проблем Севера АН УрО РАН. 2009. С. 356–358.
13. *Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В.* От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методики и алгоритмы. М.: ГЕОС. 2017.
14. *Савостин Л.А., Вержбицкая А.И., Баранов Б.В.* Современная тектоника плит Охотоморского региона // ДАН СССР. 1982. Т. 266, (4). С. 961–965.
15. *Сим Л.А.* Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации). Изв. ВУЗов. геол. и разв. 1991. № 10. С. 3–22.
16. *Сим Л.А.* Влияние глобального тектогенеза на новейшее напряженное состояние платформ Европы. // М.В.Гзовский и развитие тектонофизики. М.: Наука. 2000. С. 326–350.
17. *Сим Л.А., Фурсов А.Я., Постников Е.А., Постников А.В.* Влияние неотектонических напряжений на распределение нефтегазоносности платформенных областей. // Тектонофизика сегодня. М.: ОИФЗ РАН. 2002. С. 244–247.
18. *Сим Л.А.* Разноранговые тектонические напряжения Северного-Полярного Урала // Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы, вып.4. Сб. М-лов четвертого междунар. Симп 15-20 июня 2008. Бишкек, научная станция РАН. 2009. С. 401–405.
19. *Сим Л.А., Корчемагин В.А., Беседа А.П.* Тектонофизическое изучение разломной тектоники в связи с решением практических задач // Проблемы тектонофизики. К 40-летию создания М.В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН. М.: Изд. ИФЗ. 2008а. С. 349–357.
20. *Сим Л.А., Брянцева Г.В., Чекмарев К.Г.* О перестройке структурного плана севера Западно-Сибирской плиты и Полярного Урала в новейший этап // Проблемы тектонофизики. К 40-летию создания М.В.Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН. М.: Изд. ИФЗ. 2008б. С. 301–318.

21. *Сим Л.А., Брянцева Г.В.* Новейшие структуры и напряженное состояние северных частей Урала и Пай-Хоя // Бюлл. МОИП, отдел геол. Т. 86, (5), 2011. С. 12–20.
22. *Сим Л.А., Постников А.В., Постникова О.В., Пошибаев В.В.* Влияние новейшей геодинамики на газоносность Иркинеево-Чадобецкого рифтогенного прогиба // экспозиция нефть газ. № 6 (52). октябрь 2016. С. 8–12.
23. *Сим Л.А., Богомолов Л.М., Брянцева Г.В., Саввичев П.А.* Неотектоника и тектонические напряжения острова Сахалин // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т.8, (1). С. 181–202. doi:10.5800/GT-2017-8-1-0237.
24. *Сим Л.А., Маринин А.В., Брянцева Г.В., Гордеев Н.А.* Результаты изучения тектонических напряжений в регионах Северной Евразии // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9, (3). С. 771–800. <https://doi.org/10.5800/GT-2018-9-3-0371>
25. *Сим Л.А., Селиванов Д.А., Брянцева Г.В.* Новейшая геодинамика Центральной Чукотки // Сб. Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы. М-лы Всерос. симп., посвящ. 90-летию академика Н.А.Логачева. Иркутск. 2019. С. 192–195.
26. Тектоническая карта России, сопредельных территорий и акваторий // Ред. Е.Е. Милановский. МГУ. 2006.
27. *Трифонов В.Г.* Неотектоника Евразии. М.: Научный мир. 1999. 252 с.
28. *Шульц С.С.* Отчет о работах Джаркентской геологической партии летом 1930 г. (в Джунгарском Алатау) // Изв. Всесоюз. Геол.- разв. объединения. 1932. Т. LI. (3). С. 69–80.
29. *Hindle D. and Mackey K.* Earthquake recurrence and magnitude and seismic deformation of the northwestern Okhotsk plate, northeast Russia // Journ. of Geophysical Research. V. 116, (B02301). doi:10.1029/2010JB007409, 2011
30. *Sim L., Sergeev A.A.* Eine strukturell-geomorphologische Methode zur Analyse aktiver Bruche mit dem Ziel der bestimmung neotectonischer Spannungen in Tafelgebieten // Ztschr. Geol. Wiss. 1996. № 20. P. 369–375
31. *Sim L.* Neotectonic stress field of platform structures in the Baltic region // Technica Technica Poszukiwan Geol. Geosynoptica I Geotermia. Warszawa. 1999. № 1. P. 96–101.
32. *Sim L.A., Korcemagin V., Frischbutter A., Bankwitz P.* The neotectonic stress field pattern of the East European Platform. Z. geol. Wiss. V. 27, (3/4). P. 161–181.