

## АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ВДОЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ «БИТУМ–1988», ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПЛИТА

© 2025 А. Ахметов, И.Ю. Смолин

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия, 634055;  
e-mail: akhmetov.a.zh@ispms.ru*

Поступила в редакцию 24.12.2024; после доработки 18.04.2025; принята в печать 25.06.2025

Статья посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния участков литосферы на территории Западно-Сибирской плиты. В качестве объекта исследования выбраны участки Западно-Сибирской плиты, содержащие нефтегазовые области и через которые проложен геологический профиль «Битум–1988». На основе геолого-геофизических данных созданы компьютерные двумерные модели участков литосферы разной мощности, рассчитано напряженно-деформированное состояние участков литосферы и верхних слоев земной коры. Выявлено, что в результате растяжения-сжатия в районах Ярсомовского прогиба, Северной антеклизы, Тазовского поднятия и Худосейского прогиба появились области пластической деформации и зоны положительных горизонтальных напряжений в земной коре, соответствующие местоположениям ловушек углеводородов и залежей нефти и газа. При более подробном анализе Северной антеклизы, Ярсомовского прогиба и Тазовского поднятия обнаружено, что очаги положительных горизонтальных напряжений в осадочном чехле совпадают с областью локализации неупругой деформации, что свидетельствует о возможном зарождении разломной структуры осадочного чехла, и наличии в нем ловушек углеводородов или нефтегазовых залежей.

*Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, модель литосферы, Западно-Сибирская плита, численное моделирование.*

### ВВЕДЕНИЕ

Следствием деформационных процессов в литосфере являются возникновение землетрясений, оползней, обвалов и т.д., а также образование месторождений полезных ископаемых (Turcotte, Schubert, 2014). На восстановлении напряженно-деформированного состояния (НДС) земной коры основаны понимание условий образования ловушек углеводородов, а также прогноз опасных геодинамических процессов с целью возможного предотвращения их губительных последствий (Леонов, 2020а; Стефанов и др., 2015).

Современный уровень развития вычислительной техники, численных методов, физических представлений и моделей сред сделал возможным исследовать НДС участков литосферы разного масштаба с помощью компьютерного моделирования. На основе численного исследо-

вания НДС земной коры на разных масштабных уровнях исследованы эволюции полей пластической деформации и напряжений в слоях земной коры, выполнено сопоставление зон локализации неупругой деформации и пониженного горного давления с местами расположения залежей нефти, газа и золота, и тем самым представлены подтверждения одного из механизмов зарождения полезных ископаемых в слоях консолидированной земной коры (Леонов и др., 2019, 2020). С накоплением экспериментальных данных на основе геолого-геофизических изысканий удалось создать теоретические представления о строении литосферы, выявить механизмы возникновения и процессы развития геотектонических процессов. Активная компьютеризация получения численных и экспериментальных данных позволила детально оценить физико-химические изменения структуры литосферы

в ходе глобальных и локальных геодинамических процессов (Будков, Кочарян, 2024; Ружич и др., 2024; Artemieva et al., 2019; Koptev et al., 2022).

Согласно современным представлениям, наиболее вероятными местами для поиска залегающих нефти и газа являются зоны разломов в верхних слоях земной коры (Леонов и др., 2020б). Для выявления месторождений углеводородов необходимо, по нашему мнению, скомбинировать знания геологии, геофизики, тектонофизики и механики деформируемого твердого тела. Так, в работах (Леонов и др., 2020а, 2020б; Ребецкий, 2020; Стефанов, Татаурова, 2018) представлены результаты исследования возникновения крупных семейств разломов в разных участках земной коры, в которых с течением времени могут сосредоточиться полезные ископаемые в силу наличия пустот и ловушек. В условиях геодинамической ситуации на территории Западно-Сибирской плиты выявлены крупные залежи нефти и газа. Среди таких областей особое место занимает баженовская свита, которая в настоящее время рассматривается как главный потенциальный источник трудноизвлекаемых нефтегазовых запасов (Конторович, Эдер, 2015). Однако численных исследований НДС литосферы в этом регионе до сих пор не было проведено. В связи с этим в качестве объекта исследования в настоящей работе были выбраны регионы, относящиеся к баженовской свите на территории Западно-Сибирской плиты.

Баженовская свита была выделена в 1959 г. Ф.Г. Гурари (1959), который позже высказал предположение о наличии в баженовской свите трещинных коллекторов и возможности обнаружения в них залежей нефти. В дальнейшем, предположение о промышленной нефтеносности баженовской свиты подтвердили Ф.К. Салманов, Г.Р. Новиков и А.В. Тянь (Конторович, Эдер, 2015; Конторович и др., 2018).

Помимо работ научной группы во главе с А.Э. Конторовичем, также стоит выделить работы других ученых, которые изучали баженовскую свиту и особенности механизмов накопления полезных ископаемых. В частности, как сообщает Е.А. Мануилова (2021а, 2021б) на основе построения новейшего структурного плана Западно-Сибирской плиты были исследованы нефтегазоносные области региона. Путем оценки и сопоставления новейших разломов с древними разломами были найдены унаследованные и новообразованные разрывные нарушения, которые можно рассматривать как перспективные места для поиска залежей нефти и газа. На всей территории Западно-Сибирской плиты месторождения нефти и газа связаны с областями новейших региональных унаследованных впадин, разломов со сдвиговой составляющей

северо-западного и северо-восточного простирания, участками с высокой и низкой плотностью линеаментов, со впадинами, разделяющими новейшие региональные и локальные структуры, границами локальных поднятий и впадин, а также сводами локальных поднятий.

В статье Н.В. Первухиной с соавторами (2017) описана история формирования антиклинальных нефтеловушек и залежей нефти и газа в юрских отложениях северной части Западно-Сибирской плиты. Показано, что в районе Тазовского поднятия залежи нефти и газа сформировались в период от позднего мела до настоящего времени и имеются очаги нефтеловушек в данной области.

Согласно карте нефтегазоносного районирования Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (ЗСНГП) (Нефтегеологическое районирование ЗСНГП. URL: <http://gis.crru.ru:8080/resource/901/display?panel=layers>) основные нефтегазоносные районы на Западно-Сибирской плите включают в себя Верхне-Казымскую, Надымскую и Танловскую впадины, Тазовское поднятие и Ярсомовский прогиб. В силу трудностей по дальнейшему освоению трудноизвлекаемых залежей нефти и газа, в настоящее время проводятся активные экспериментальные и теоретические изыскания по поиску новых месторождений нефти и газа и выявлению нефтеловушек в указанных областях (Захрямина, Константинова, 2014; Мануилова, 2021а, 2021б).

На основе представленного анализа статей можно констатировать, что в силу особенности геологической структуры, на территории Западно-Сибирской плиты имеется большое количество ловушек углеводородов и перспективные нефтегазовые месторождения. При этом анализ современного НДС в этих регионах остается недостаточно подробно изученным. Для восполнения указанного пробела была поставлена цель настоящей работы — численное исследование НДС участков литосферы разного масштаба на территориях Верхне-Казымской, Надымской и Танловской впадин, Тазовского поднятия и Ярсомовского прогиба.

#### СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

В 1980-х – 1990-х гг. на территории Западно-Сибирской плиты были проведены геологические и геофизические исследования недр Земли в ходе выполнения проекта «Комплексное освоения земных недр СССР» (Егоркин и др., 1981, Cherepanova et al., 2013).

На интересующих нас территориях был отработан профиль глубинного сейсмического

зондирования (ГСЗ) «оз. Тенгиз – г. Норильск – море Лаптевых» («Битум–1988») (рис. 1), а на основе полученных результатов была получена информация о слоисто-блочной структуре литосферы, позволяющая создать структурные модели исследуемых областей.

Данные профиля ГСЗ представлены в виде значений скоростей продольных и поперечных волн и условных обозначений, позволяющих построить границы слоев и блоков земной коры, включая границу Мохоровичича (Мохо) (рис. 2а, 3а) (Атлас..., 2013). С использованием этих данных были созданы компьютерные структурные модели участков литосферы (рис. 2б, 3б).

Компьютерная структурная модель района А охватывает области Северной антеклизы, Уренгойского прогиба, Тазовского поднятия и Худосейского прогиба (рис. 2б), а модель района Б – Ярсомовского прогиба и Северной антеклизы (рис. 3б). Для детального исследования напряженно-деформированного состояния земной коры были также созданы более подробные структурные модели участков верхних слоев земной коры, глубиной порядка 15–20 км, в которых наблюдается высокая концентрация месторождений нефти и газа (рис. 2в, 3в). В представленных моделях (рис. 2в, 3в) отражена неоднородность земной коры в виде осадочных слоев и блоков кристаллического фундамента.

Как блоки, так и слои отличаются физико-механическими свойствами. Упругие свойства каждого из слоев земной коры представлены в таблицах (табл. 1, 2). Они были определены по данным профиля ГСЗ «Битум–1988».

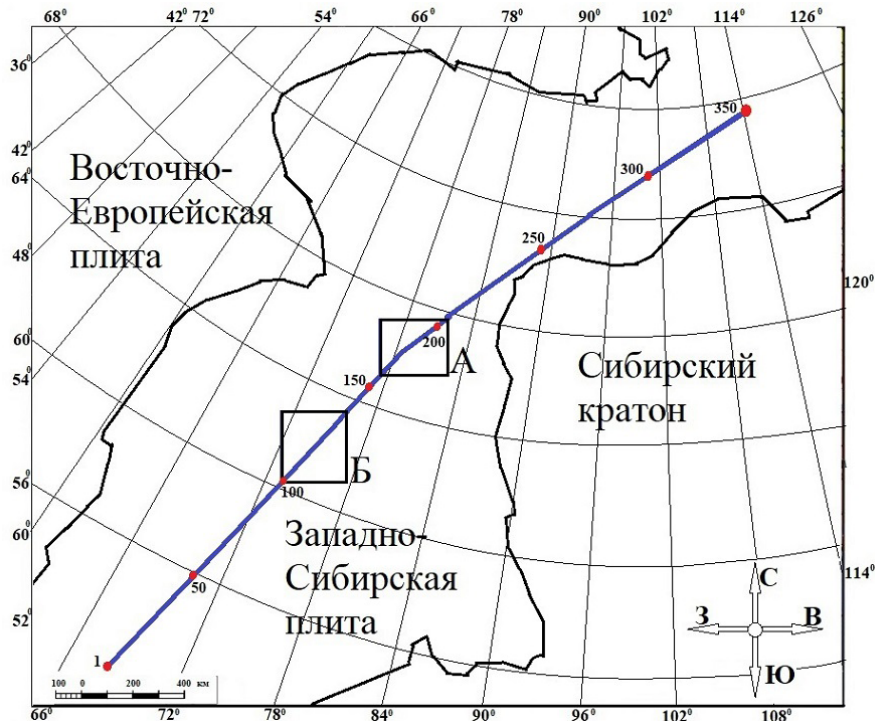
### МЕТОДОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Для численного моделирования и оценки НДС участков литосферы и верхних слоев земной коры были использованы уравнения механики деформируемого твердого тела, включающие базовые уравнения сохранения и определяющие соотношения упругопластической среды (Макаров и др., 2008). Для описания неупругого деформирования элементов литосферы принята модель Друкера – Прагера – Николаевского, которая позволяет независимо описать процессы дилатансии и внутреннего трения (Макаров и др., 2008). Условие текучести и пластический потенциал представлены формулами (1) и (2), соответственно:

$$f(\sigma_{ij}) = -\alpha P + (J_2)^{1/2} - Y = 0, \quad (1)$$

$$g(\sigma_{ij}) = J_2 - \Lambda P(2Y + \alpha P) + \text{const}, \quad (2)$$

где  $J_2$  – второй инвариант девиатора тензора напряжений,  $Y$  – когезия (сдвиговая прочность при нулевом давлении),  $\alpha$  – коэффициент внутреннего трения,  $P$  – давление,  $\Lambda$  – коэффициент дилатансии.



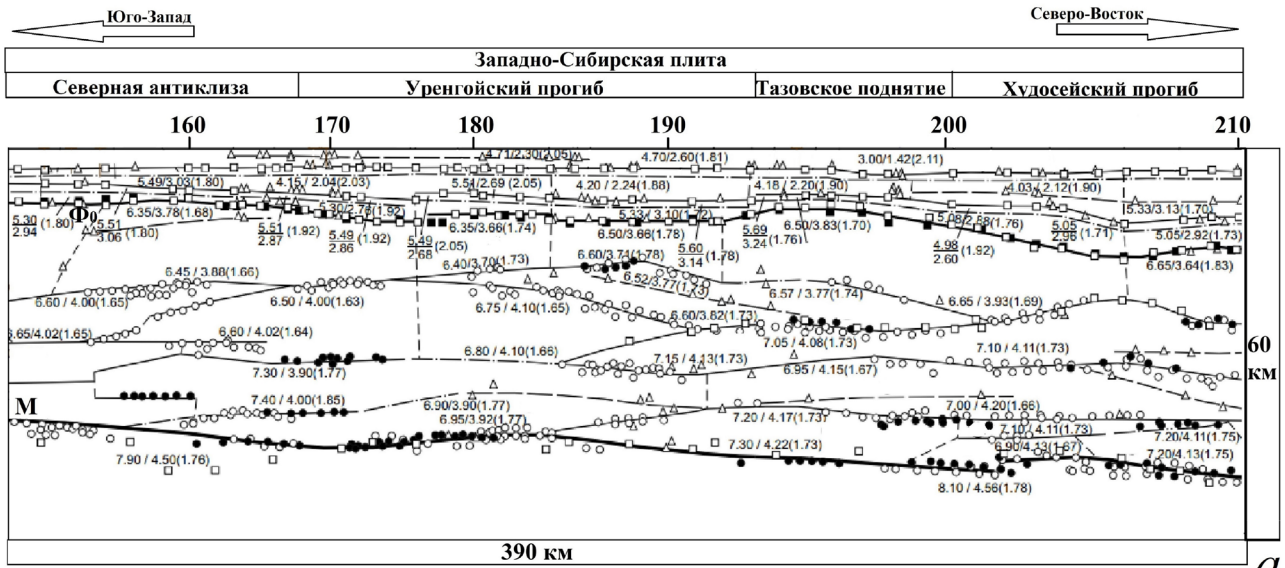
**Рис. 1.** Положение геологического профиля ГСЗ «Битум–1988» на территории Западно-Сибирской плиты, и выделенные для исследования районы А и Б (Атлас..., 2013). Красными точками обозначены пикеты, вдоль которых проложен профиль, рядом указаны их номера.

**Fig. 1.** Location of the geological profile «Bitum–1988» in the West Siberian plate and areas A and B selected for the study (Atlas..., 2013). Red dots indicate the stakes along which the profile is laid together with their numbers.

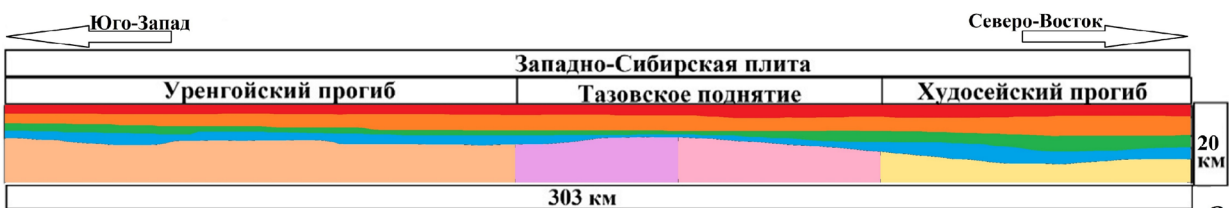
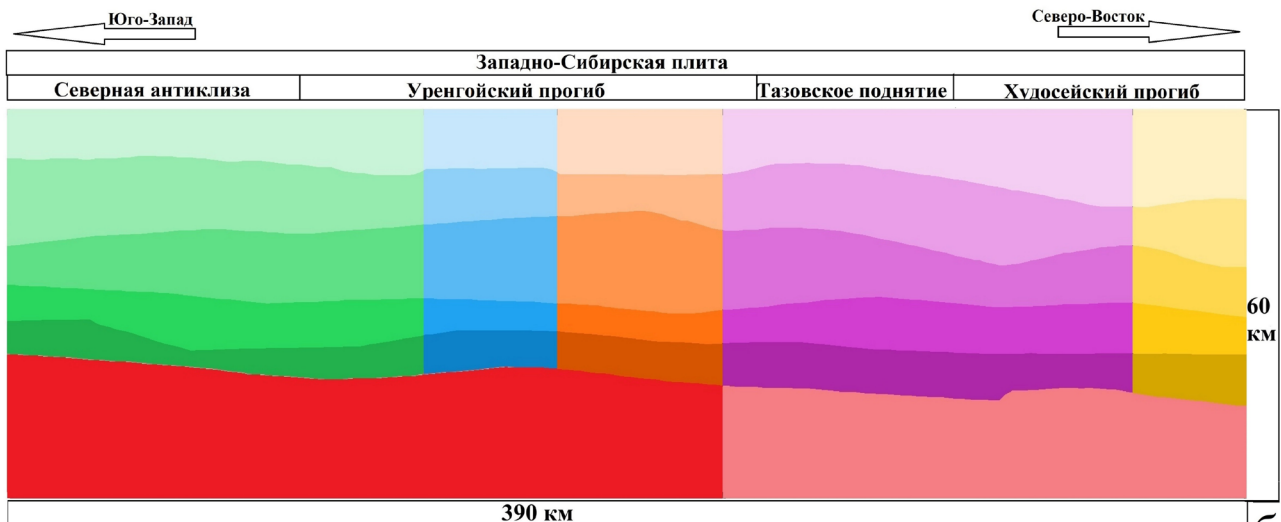
АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

На сегодняшний день, в силу активного развития мощностей вычислительных машин стало возможным учитывать много параметров, необходимых для описания физических свойств геосреды, и моделирования геодинамических процессов. В связи с этим обратим внимание на модели, использующие такое понятие, как разность главных нормальных напряжений, позволяющие учитывать неявным способом

влияния нескольких параметров и физико-химических превращений на прочностные свойства горных пород. В настоящей работе выбрана одна из теоретических моделей, называемая *cratonic jelly sandwich*, которая подходит для описания прочности горных пород в континентальной коре (Виров, 2011). Она определяет разность главных нормальных напряжений в литосфере с ростом глубины залегания слоев.



- 1  $\Phi_0$  — 2 М — 3 — 4 — 5 — 6 — 7  $\square^a$   $\blacksquare^b$  8  $\circ^a$   $\bullet^b$   
 9  $\triangle^a$   $\blacktriangle^b$  10  $\frac{7.10}{4.11}(1.73)$  11  $\frac{5.71}{3.26}(1.75)$



Как справедливо указывает Е.В. Вуров (2011), в отличие от океанических плит, для континентов и континентальных окраин отмечается недостаток данных экспериментальных наблюдений из-за сложной структуры и истории континентальных плит. Из-за этого шире и набор моделей континентальной реологии, получивших общее название «jelly sandwich». В одних из них прочные слои встречаются в коре и мантии, в то время как в других мантия слаба, а прочной является верхняя часть коры. Для выбора адекватных вариантов модели Е.В. Вуров (2011) предлагает учитывать данные по механике горных пород, об эффективной упругой толщине при изгибе плит  $T_e$ , толщине сейсмогенного слоя  $T_s$  и долгосрочных наблюдений, например, по складкообразованию и проседанию. При смене параметра  $T_e$  (эффективная упругая толщина плиты), который лежит в промежутке 0–10 км для молодых плит и до 110–120 км в кратонах, в двух семействах моделей jelly sandwich и *crème brûlée* распределение прочностных свойств с глубиной

сильно изменяются. Данный параметр определяется из гравитационного и топографического анализа, а именно, сравнения наблюдаемых гравитационных аномалий и рельефа поверхности. На основе анализа результатов термомеханических моделей и данных наиболее надежных вариантов изгибных моделей, Е.В. Вуров (2011) делает вывод, что модели континентальных плит с  $T_e$  порядка 20–60 км должны характеризоваться слабой нижней корой, обеспечивающей механическое разделение между корой и мантией. Более старые плиты, такие как кратоны, должны обеспечить прочное сцепление коры с мантией.

Е.В. Вуров (2011) указывает, что предложенные им законы реологии нуждаются в проверке и уточнении параметров для разных геологических временных и пространственных масштабов. Один из недостатков модели *cratonic jelly sandwich* заключается в том, что данная модель плохо согласуется с сейсмическими данными, в которых не проявляются слабые слои нижней части земной коры и верхней мантии.

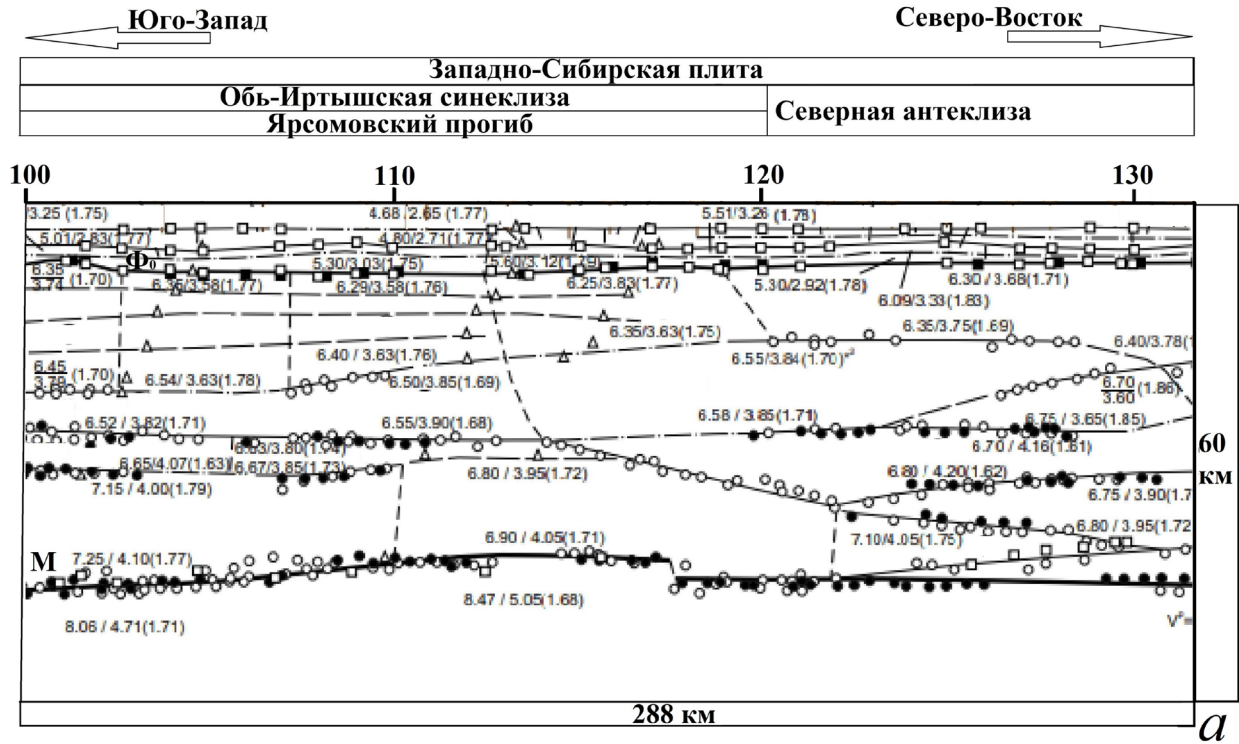
**Рис. 2.** Часть профиля ГСЗ «оз. Тенгиз – г. Норильск – море Лаптевых» («Битум–1988») (а) и созданные на базе него компьютерные структурные модели литосферы (б) и верхних слоев земной коры (в) для района А. Условные обозначения: 1 – граница кристаллического фундамента ( $\Phi_0$ ); 2 – граница Мохо (М); сейсмические границы, построенные по монотипным волнам: 3 – которым соответствуют теоретические годографы; 4 – по обменным волнам; 5 – введенные в разрез для наилучшего совпадения теоретических годографов с наблюдаемыми; 6 – границы блоков с разными скоростными характеристиками; 7 – отметки глубин преломляющих границ по продольным (а) и поперечным (б) волнам; 8 – отметки глубин отражающих границ по волнам продольным (а) и поперечным (б); 9 – отметки глубин границ обмена по взрывам (а), землетрясениям (б); 10 – значения пластовых скоростей распространения продольных (числитель) ( $V_p$ ) и поперечных (знаменатель) ( $V_s$ ) сейсмических волн (км/с) и их отношение ( $V_p/V_s$ ); 11 – средние скорости в консолидированной коре для продольных (числитель) и поперечных (знаменатель) волн (км/с) и их отношение ( $V_p/V_s$ ). Цифрами обозначены номера пикетов, вдоль которых проложен профиль. На рис. 2б и 2в разными цветами выделены блоки земной коры и верхней мантии, и слои осадочного чехла с разными физическими свойствами (табл. 1).

**Fig. 2.** Part of the DSS profile «Lake Tengiz – Norilsk – Laptev Sea» («Bitum–1988») (a) and the computer structural models (b) of the lithosphere and (v) of the upper layers of the earth's crust for area A created on its basis. Notations: 1 – crystalline basement boundary ( $\Phi_0$ ); 2 – Moho boundary (M); seismic boundaries constructed by monotypic waves: 3 – to which theoretical hodographs correspond; 4 – by exchange waves; 5 – introduced into the section for the best match between theoretical and observed hodographs; 6 – boundaries of blocks with different velocity characteristics; 7 – depth marks of the refracting boundaries by (a) longitudinal and (b) transverse waves; 8 – depth marks of reflecting boundaries by (a) longitudinal and (b) transverse waves; 9 – depth marks of exchange boundaries for (a) explosions, (b) earthquakes; 10 – values of layer propagation velocities of longitudinal (numerator) ( $V_p$ ) and transverse (denominator) ( $V_s$ ) seismic waves (km/s) and their ratio ( $V_p/V_s$ ); 11 – average velocities in the consolidated crust for longitudinal (numerator) and transverse (denominator) waves (km/s) and their ratio ( $V_p/V_s$ ). Numbers indicate the station numbers along which the profile is routed. In Figures 2b and 2v, crustal and upper mantle blocks and sedimentary cover layers with different physical properties are identified in different colors (Table 1).

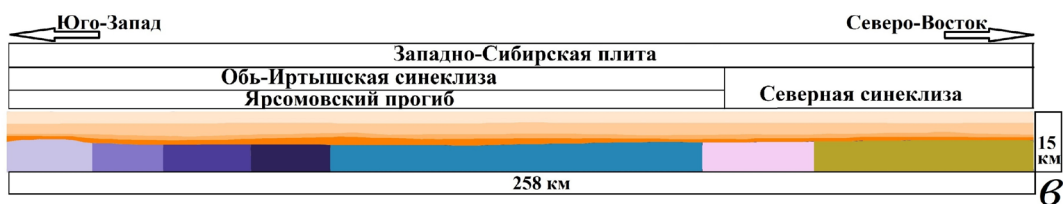
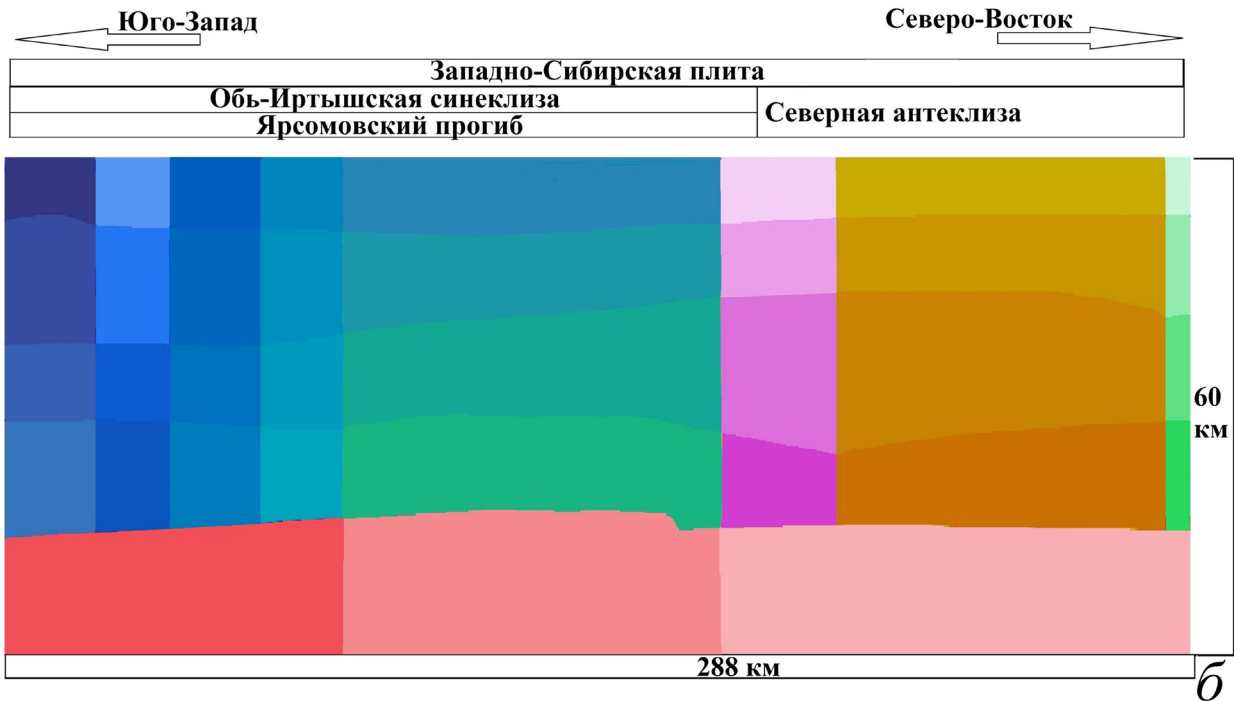
**Рис. 3.** Часть профиля ГСЗ «оз. Тенгиз – г. Норильск – море Лаптевых» («Битум–1988») (а) и созданные на базе него компьютерные структурные модели литосферы (б) и верхних слоев земной коры (в) для района Б. Цифрами обозначены номера пикетов, вдоль которых проложен профиль. На рис. 3б и 3в разными цветами выделены блоки земной коры и верхней мантии, и слои осадочного чехла с разными физическими свойствами (табл. 2). Остальные условные обозначения представлены на рис. 2.

**Fig. 3.** Part of the DSS profile «Lake Tengiz – Norilsk – Laptev Sea» («Bitum–1988») (a) and the computer structural models (b) of the lithosphere and (v) of the upper layers of the earth's crust for area B created on its basis. Numbers indicate the station numbers along which the profile is routed. In Figures 3b and 3v, crustal and upper mantle blocks and sedimentary cover layers with different physical properties are identified in different colors (Table 2). Other symbols are shown in Fig. 2.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ



- 1  $\Phi_0$  — 2 M — 3 — 4 — 5 — 6 — 7  $\square^a$   $\blacksquare^b$
- 8  $\circ^a$   $\bullet^b$  9  $\triangle$  10  $\frac{7.10}{4.11} (1.73)$  11  $\frac{5.71}{3.26} (1.75)$














**Таблица 1.** Плотность и упругие свойства элементов структурной модели (рис. 2б).

**Table 1.** The density and elastic properties of structural model elements (Fig. 2б).

								
$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	2.38	2.38	2.38	2.38	2.70	2.70	2.70	2.70
$G$ , ГПа	3.07	15.4	16.5	22.4	34.0	36.6	33.1	34.9
$K$ , ГПа	8.36	26.1	30.5	34.0	63.6	61.0	81.0	70.2

**Таблица 2.** Плотность и упругие свойства элементов структурной модели (рис. 3б).

**Table 2.** The density and elastic properties of structural model elements (Fig. 3б).

											
$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	2.38	2.38	2.36	2.39	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
$G$ , ГПа	36.0	37.2	40.0	43.5	38.3	35.1	35.1	35.1	35.1	23.0	31.6
$K$ , ГПа	21.2	20.1	21.0	23.0	59.6	65.4	65.4	62.0	60.4	45.2	55.4

Другим недостатком является то, что данная модель не может объяснить долгосрочную устойчивость литосферы, т.к. слабая нижняя кора или мантия должны бы привести к деформации в геологических масштабах времени, чего не наблюдается. Поскольку мы анализируем современное НДС литосферы, а не его эволюцию, то указанные недостатки не являются для нас критическими. Исходя из близости географического местоположения Западно-Сибирской плиты к Сибирскому кратону (Тектоническая..., 2007) был выбран вариант модели «jelly sandwich» для более старых плит при  $T_e = 65$ . Это обеспечивает повышенный уровень напряжений вблизи подошвы коры. Чтобы определить значения параметров модели Друкера – Прагера – Николаевского для разных слоев литосферы, нужно связать их с разностью главных нормальных напряжений.

На основе связи второго инварианта девиатора тензора напряжений с максимальными касательными напряжениями (3), и связи последних с разностью главных нормальных напряжений (4)

$$J_2 = (1 - (\mu_\sigma)^2 / 3) \tau^2, \quad (3)$$

$$\tau = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 = \Delta\sigma / 2, \quad (4)$$

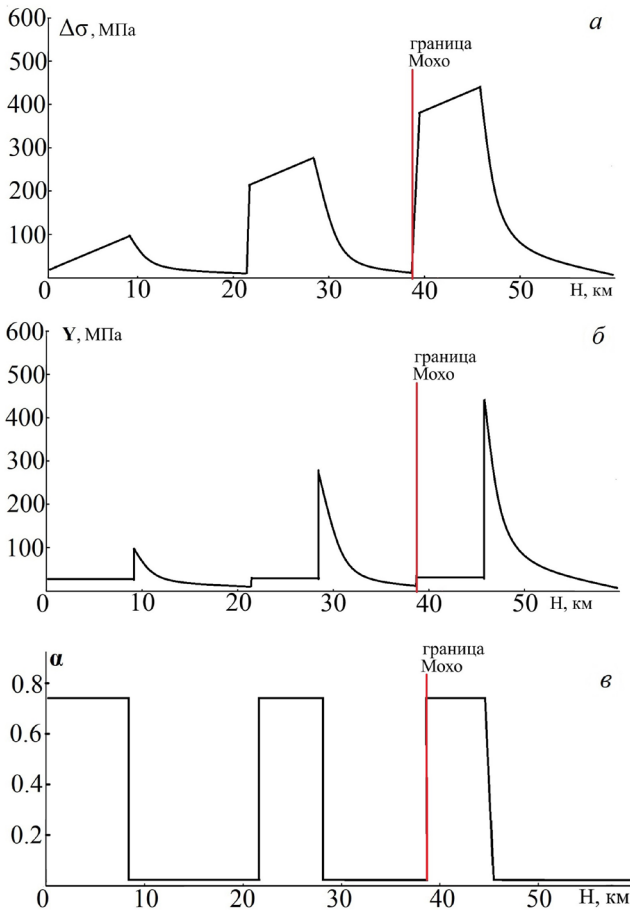
получаем следующее выражение:

$$\Delta\sigma = 2(Y + \alpha P)(1 - (\mu_\sigma)^2 / 3)^{-1/2}, \quad (5)$$

представляющее собой искомую связь разности главных нормальных напряжений с параметрами модели Друкера – Прагера – Николаевского (когезией и коэффициентом внутреннего трения). Здесь  $\mu_\sigma = 2(\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3) - 1$  — параметр Лоде – Надаи.

Формула (5) позволяет адаптировать выбранную упругопластическую модель для решения задач о распределении напряжений и деформаций в элементах литосферы.

Для выбора значений прочностных параметров модели Друкера – Прагера – Николаевского были использованы работы Ю.П. Стефанова с соавторами (2015, 2018) и В.Д. Суворова с соавторами (2017), в которых анализируются распределения напряжений и деформаций в участках литосферы разного масштаба. Диапазон изменения когезии в цитируемых работах составляет от 5 до 20 МПа, а коэффициента внутреннего трения — от 0.1 до 0.65. Значения из нижней части указанных диапазонов были приняты в опубликованных статьях авторов (Ахметов, Смолин, 2021, 2022) для прочных слоев земной коры и мантии. В мягких слоях литосферы значения коэффициента внутреннего трения было снижено, а когезию уменьшали с глубиной по квадратичному закону в соответствии с моделью «cratonic jelly sandwich». Заниженные значения прочностных параметров в этих работах были обусловлены тем, что в исследуемых областях по геологическим данным из статей (Ismail-Zadeh et al., 1997; Polyansky et al., 2017) наблюдается главный очаг возникновения мантийного плюма, который подогревает и деформирует земную кору, а также способствует возникновению синеклиз. В настоящем исследовании для прочных слоев земной коры и верхней мантии выбраны более высокие значения указанных параметров  $Y = 17.5$  МПа,  $\alpha = 0.75$  (рис. 4а–в) в связи с тем, что изучаемые области Западно-Сибирской плиты испытывают слабое влияние мантийного плюма (Добрецов и др., 2003, 2005). Для мягких слоев литосферы выбор значений параметров был сделан такой же, как в статьях (Ахметов, Смолин, 2021, 2022). На рисунках 4а–в представлены распределения дифференциальных напряжений, когезии и коэффициента внутреннего трения для участков литосферы глубиной 60 км.



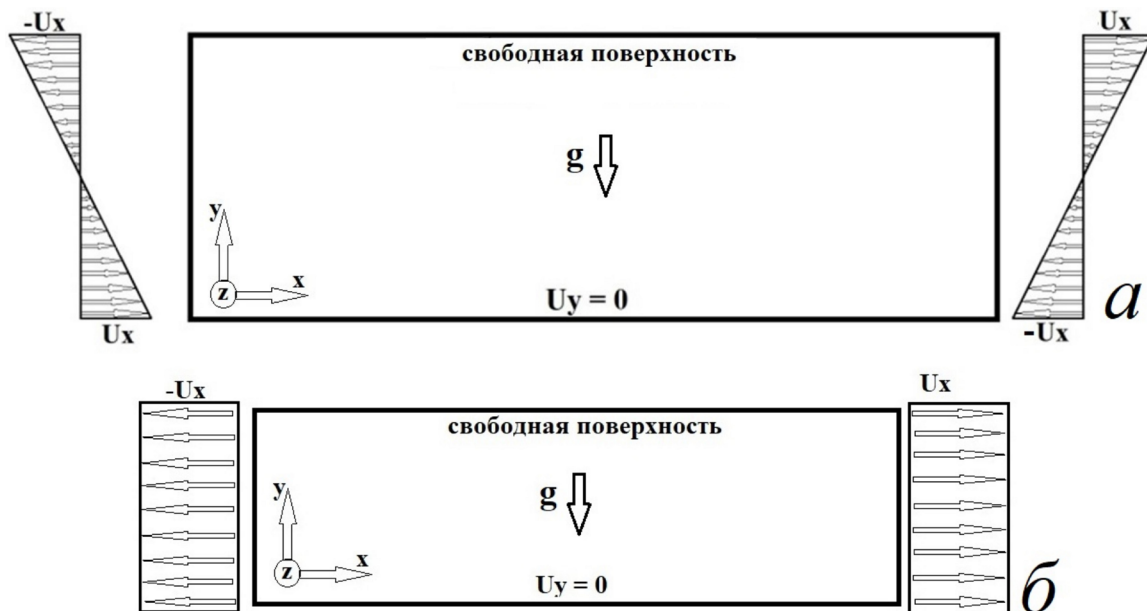
**Рис. 4.** Графики изменения дифференциальных напряжений  $\Delta\sigma$  (а), когезии  $Y$  (б) и коэффициента внутреннего трения  $\alpha$  в слоях литосферы.

**Fig. 4.** The graphs of variation of (a) differential stress  $\Delta\sigma$ , (б) cohesion  $Y$ , and (в) internal friction coefficient  $\alpha$  in lithosphere layers.

Соответствующие части этих зависимостей были использованы при моделировании НДС верхних слоев земной коры глубинами 15 и 20 км.

В опубликованных статьях (Ахметов, Смолин, 2021, 2022) представлен способ численного решения подобных задач, основанный на конечно-разностном методе, описанном в книге М. Уилкинса (Wilkins, 1999).

При задании граничных условий на вертикальных границах расчетных областей для глубинных слоев литосферы следует учесть движения в мантии, литосферных плит и другие геодинамические процессы, влияющие на напряженное состояние земной коры. В силу сложившегося напряженного состояния Западно-Сибирской плиты вдоль геологического профиля «Битум–1988» наблюдается комбинированный процесс сжатия-растяжения по глубине литосферы (рис. 5а), и растяжение для верхних слоев земной коры (рис. 5б) (Буслов, 2014; Ребецкий, 2020).



**Рис. 5.** Схема граничных условий для численных экспериментов для слоев земной коры и верхней мантии (а) и верхних слоев земной коры (б).  $U_y$  — вертикальные перемещения,  $U_x$  — горизонтальные перемещения,  $g$  — ускорение свободного падения. Направления стрелок соответствует заданию перемещений в разных точках на вертикальных границах расчетной области, действию силы тяжести и ориентации осей координат.

**Fig. 5.** The diagram of boundary conditions for numerical experiments for (a) layers of the earth’s crust and upper mantle and (б) upper layers of the earth’s crust.  $U_y$  is the vertical displacements,  $U_x$  is the horizontal displacements,  $g$  is the gravity acceleration. The arrow directions correspond to the specified displacements at different points on the vertical boundaries of the calculation domain, the effect of gravity and the orientation of the coordinate axes.

Вычислительные расчеты в настоящей работе выполнены на основе компьютерной программы, написанной авторами на языке Fortran, и позволяющей провести численный анализ НДС участков литосферы с помощью конечно-разностного метода М. Уилкинса (Wilkins, 1999).

### РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Был проведен анализ НДС литосферы вдоль геологического профиля «Битум–1988» в центральной части Западно-Сибирской плиты. Полученные результаты сравнивались с данными нефтегеологического районирования ЗСНГП (Нефтегеологическое районирование ЗСНГП. URL: <http://gis.crru.ru:8080/resource/901/display?panel=layers>) (рис. 6–9). В качестве основных параметров НДС рассматривались распределения интенсивности пластических деформаций и горизонтальных напряжений.

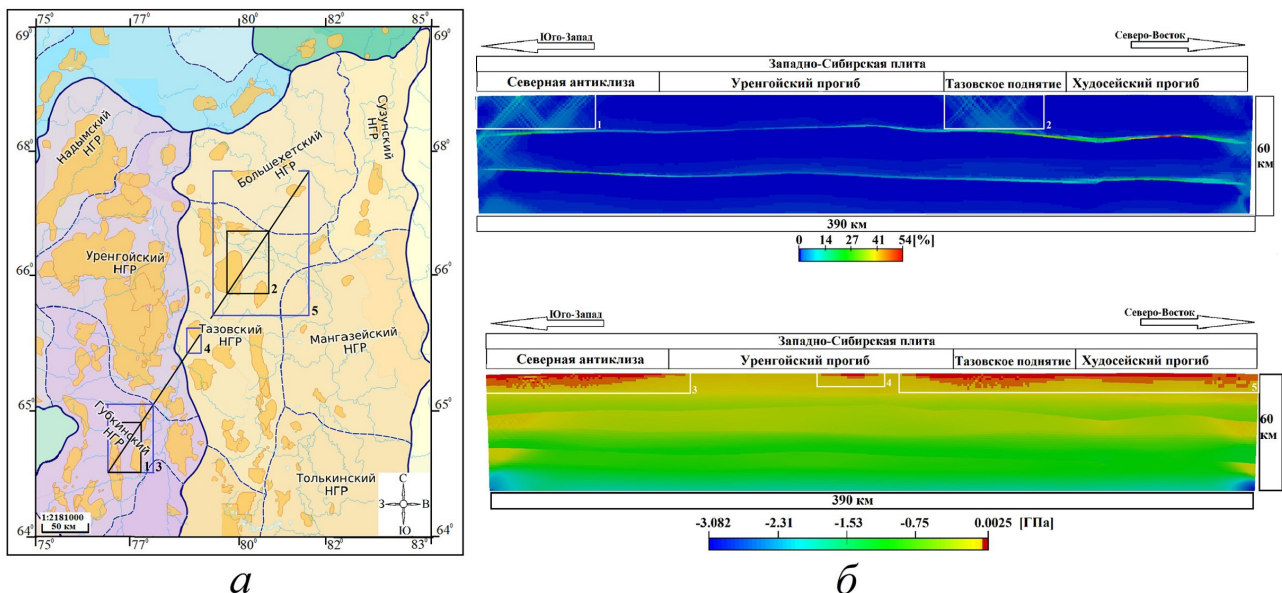
Для структурной модели района А отмечается локализация пластических деформаций в верхнем слое земной коры в районах Северной антеклизы и Тазовского поднятия (рис. 6). Выявленные области локализации совпадают с расположением залежей нефти и газа. Зоны положительных значений горизонтальных напряжений расположены на территориях Северной антеклизы, Тазовского поднятия и Худосейского прогиба (рис. 6), что свидетельствует о возможности образования зоны разломов в верхних слоях

земной коры. Представленные зоны совпадают с местоположениями залежей нефти и газа, и, по нашему мнению, являются возможными местами нефтеловушек в указанных областях.

В рамках многоуровневого подхода была проведена оценка НДС участков земной коры глубиной 20 км на территориях Уренгойского прогиба, Тазовского поднятия и Худосейского прогиба. По результатам расчетов проанализированы распределения интенсивности пластической деформации и горизонтальных напряжений (рис. 7). Пластические деформации приурочены к границе осадочного чехла и кристаллического фундамента. Зоны неупругой деформации распространены также во всем осадочном чехле в районе Тазовского поднятия. Частично они проявляются в районе Уренгейского прогиба.

Зоны положительных горизонтальных напряжений сосредоточены в районах Тазовского поднятия и Уренгойского прогиба (рис. 7), что совпадает с областями локализации пластической деформации и местоположениями залежей нефти и газа.

Рассмотрим полученные в результате моделирования распределения интенсивности пластической деформации и горизонтальных напряжений для структурной модели района Б (рис. 8). Представленная область охватывает всю территорию Ярсомовского прогиба и часть Северной антеклизы. Зоны локализации пластической деформации определяются блочной структурой литосферы и сосредоточены в подошве



**Рис. 6.** Сопоставление карты нефтегеологического районирования ЗСНГП (а) с результатами моделирования (б) для участка литосферы, район А. На карте желтым цветом обозначены местоположения залежей нефти и газа. Расположение района А представлено на рис. 1. НГР — нефтегазовый район.

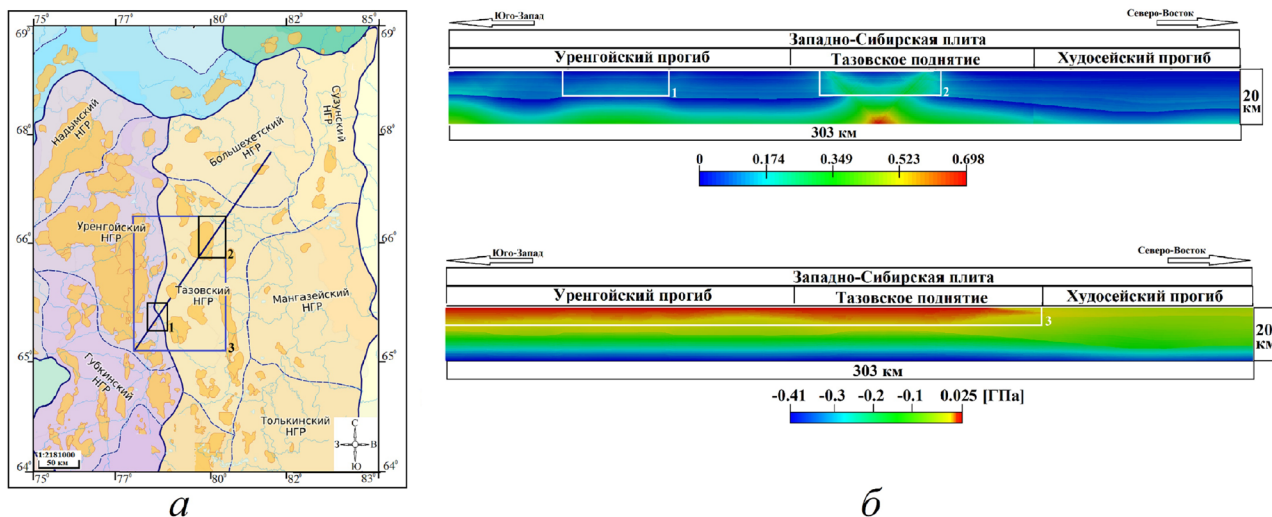
**Fig. 6.** Comparison of (a) a map of oil and gas deposit zoning of the West Siberian oil and gas bearing province with (б) results of modeling for lithosphere section, area A. The locations of oil and gas deposits are highlighted in yellow on the map. The location of area A is shown in Fig. 1. НГР is an oil and gas field.

земной коры. В осадочном чехле полосы локализации деформации наблюдаются в южных частях Яромовского прогиба и Северной антеклизы с местами расположения залежей нефти и газа (рис. 8). Места локализации пластической деформации совпадают с зонами положительных значений горизонтальных напряжений (рис. 8).

Зоны положительных значений горизонтальных напряжений в структурной модели глубиной

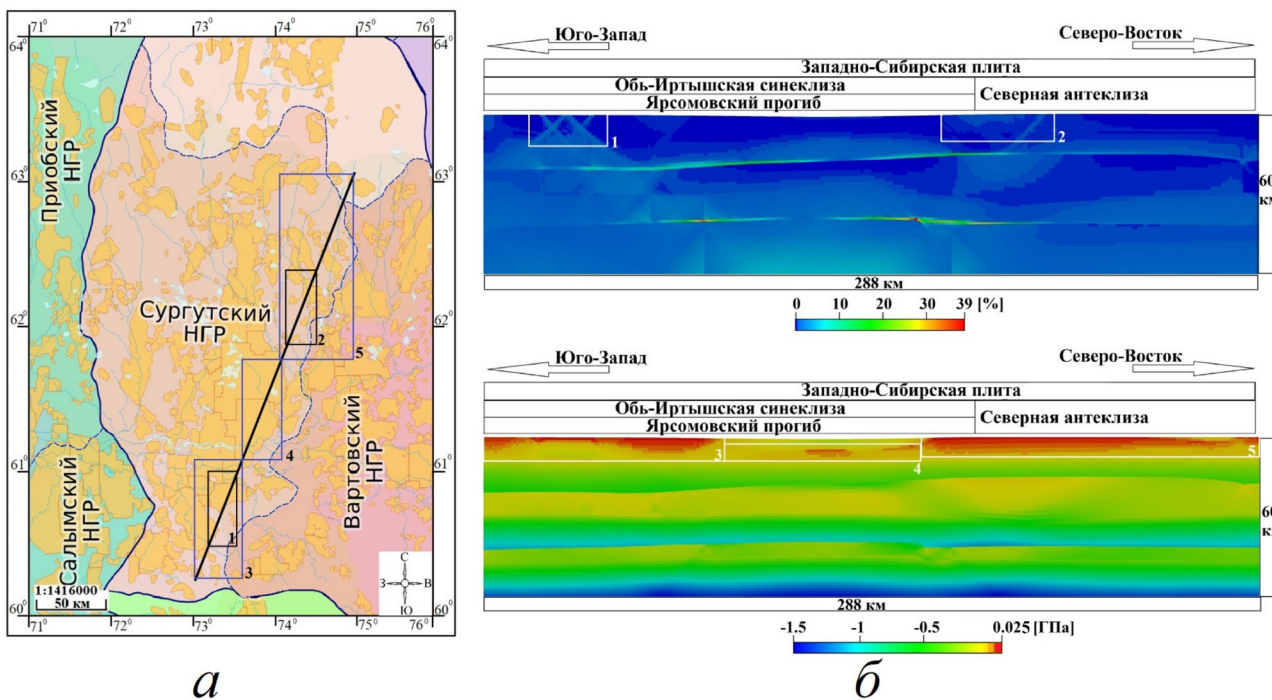
15 км расположены как вблизи земной поверхности, так и на глубине 2–3 км на территориях Яромовского прогиба и на границе Северной антеклизы и Яромовского прогиба (рис. 9).

Полученные результаты соотносятся с геологическими данными, представленными в статье (Захрямина, Константинова, 2014), в которой утверждается, что в районе Яромовского прогиба в силу разных локальных геологических



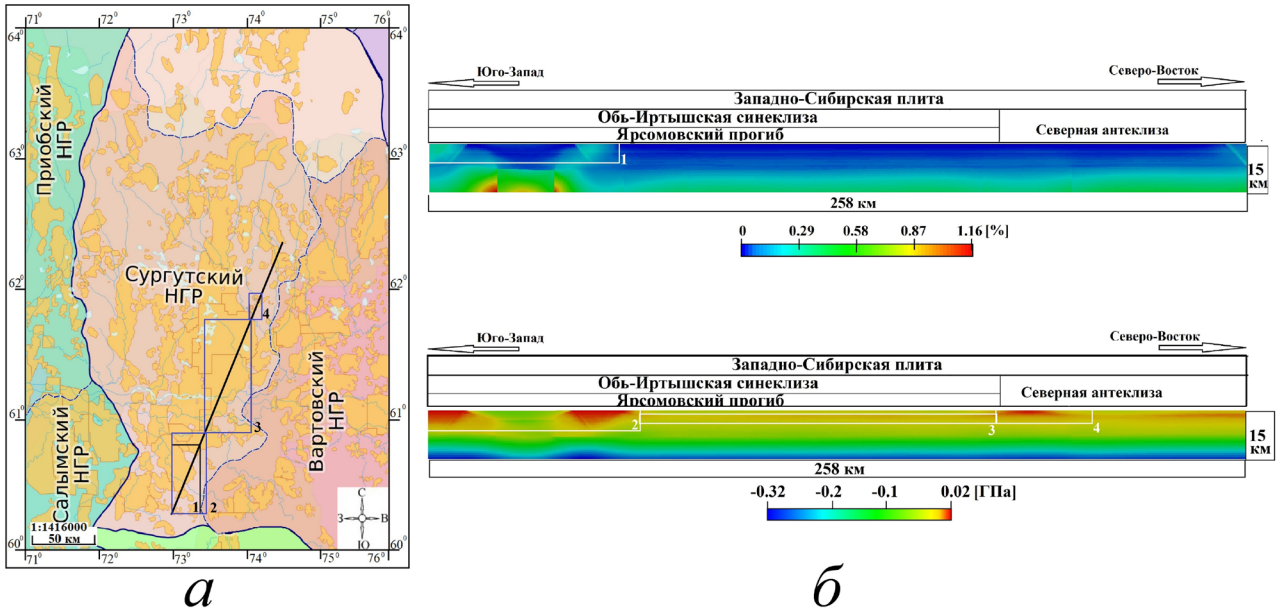
**Рис. 7.** Сопоставление карты нефтегеологического районирования ЗСНГП (а) с результатами моделирования (б) для верхних слоев земной коры, район А. Пояснения даны на рис. 6.

**Fig. 7.** Comparison of (a) a map of oil and gas deposit zoning of the West Siberian oil and gas bearing province with (b) results of modeling for upper layers of earth's crust, region A. Explanations are given in Fig. 6.



**Рис. 8.** Сопоставление карты нефтегеологического районирования ЗСНГП (а) с результатами моделирования (б) для участка литосферы, район Б. Пояснения даны на рис. 6

**Fig. 8.** Comparison of (a) a map of oil and gas deposit zoning of the West Siberian oil and gas bearing province with (b) results of modeling for lithosphere section, area B. Explanations are given in Fig. 6.



**Рис. 9.** Сопоставление карты нефтегеологического районирования ЗСНГП (а) с результатами моделирования (б) для верхних слоев земной коры, район Б. Пояснения даны на рис. 6.

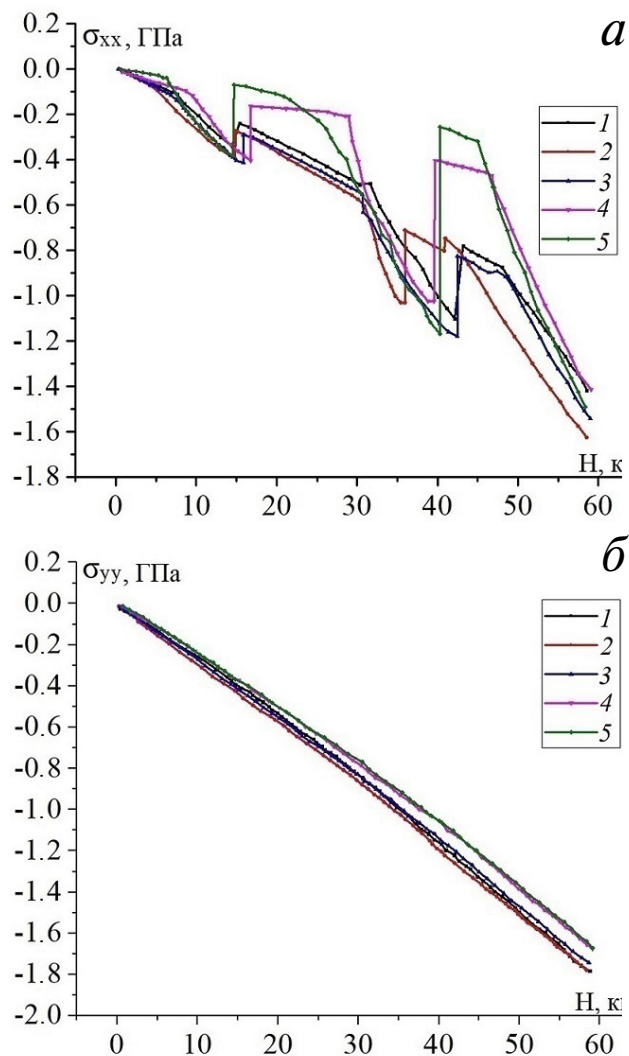
**Fig. 9.** Comparison of (a) a map of oil and gas deposit zoning of the West Siberian oil and gas bearing province with (б) results of modeling for upper layers of earth's crust, region Б. Explanations are given in Fig. 6.

особенностей геоструктуры имеется большое количество ловушек и коллекторов углеводородов.

Для проверки полученных результатов сравним результаты компьютерного моделирования, полученные в данной работе, с результатами из статей (Ахметов, Смолин, 2020, 2021). В результате моделирования НДС участков литосферы глубиной 60 км в Якутско-Вилуйской крупной изверженной провинции (КИП), Тунгусской синеклизе и участке Западно-Сибирской плиты вдоль профиля «Битум–1988» нами получены и сопоставлены распределения горизонтальных и вертикальных напряжений с глубиной (рис. 10).

**Рис. 10.** Распределения горизонтальных (а) и вертикальных (б) напряжений в участках литосферы глубиной 60 км на территориях: северной части Якутско-Вилуйской КИП вдоль профиля «Кратон–1980» (1), южной части Якутско-Вилуйской КИП вдоль профиля «Кимберлит–1981» (2), Тунгусской синеклизе вдоль профиля «Кимберлит–1981» (3) и северо-восточной (район А) (4) и юго-западной (район Б) (5) частях профиля «Битум–1988» на территории Западно-Сибирской плиты.

**Fig. 10.** Distribution of (a) horizontal and (б) vertical stresses in the lithosphere sections 60 km deep in the areas: (1) the northern part of the Yakutsk-Vilyui LIP along the «Craton–1980» profile, (2) the southern part of the Yakutsk-Vilyui LIP along the «Kimberlite–1981» profile, (3) the Tunguska syncline along the profile «Kimberlite–1981» profile, and (4) the northeastern (region А) and (5) southwestern (region Б) parts of the profile «Bitum–1988» profile on the West Siberian Plate.



Оценивая полученные результаты, можно сделать вывод, что распределения горизонтальных и вертикальных напряжений в верхних слоях земной коры глубиной до 15–18 км не имеют сильных различий. С увеличением глубины, на фоне влияния повышающегося давления, отличия увеличиваются. Наиболее сильно различия в напряжениях проявляются в прочных слоях литосферы, а также в зависимости от географического положения региона (близость к мантийному плюму). Более высокие вертикальные, и в особенности горизонтальные напряжения, отмечаются в Западно-Сибирской плите.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненного крупномасштабного моделирования НДС участков литосферы показано, что в результате растяжения-сжатия в районах Яромовского прогиба, Северной антеклизы, Тазовского поднятия и Худосейского прогиба выделены области локализации неупругой деформации и зоны положительных горизонтальных напряжений. На основе выполненных исследований с использованием структурных моделей участков верхних слоев земной коры были точнее определены места локализации пластической деформации на территориях Яромовского прогиба, Северной антеклизы, Тазовского поднятия, которые были выявлены в расчетах на более крупномасштабных моделях. Показано, что очаги положительных горизонтальных напряжений и локализации пластической деформации в верхних слоях земной коры расположены в районах Яромовского прогиба, Северной антеклизы, Тазовского поднятия, что свидетельствует о возможном наличии в них ловушек углеводородов или нефтегазовых залежей. И действительно, в представленных областях активно разведываются крупные залежи нефти и газа.

По результатам данного анализа была выделена область для дальнейшего исследования, в которой проявились совпадения полученных результатов с местоположениями нефти и газа.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-71-01086 (<https://rscf.ru/project/23-71-01086/>).

### Список литературы [References]

Атлас «Опорные геолого-геофизические профили России». Глубинные сейсмические разрезы по профилям ГСЗ, отработанным в период с 1972 по 1995 год [Электронный ресурс] / СПб, ВСЕГЕИ, 2013. С. 42–44. URL: <https://webftp.vsegei.ru/glubgeoph/seism42.pdf> [Atlas «Base geological and geophysical profiles of Russia». Deep seismic sections along the DSS profiles developed in the period from

1972 to 1995 [Electronic resource] / SPb, VSEGEI, 2013. P. 42–44. URL: <https://webftp.vsegei.ru/glubgeoph/seism42.pdf>.

*Ахметов А.Ж., Смолин И.Ю.* Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния Тунгусской синеклизы и Якутско-Вилюйской крупной изверженной провинции // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2022. № 75. С. 52–66. <https://doi.org/10.17223/19988621/75/5> [Akhmetov A.Zh., Smolin I.Yu. Computer modelling of the state of stress and strain of the Tunguska and Vilyui syneclicises // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika. 2022. № 75. P. 52–66 (in Russian)].

*Ахметов А.Ж., Смолин И.Ю.* Численное моделирование напряженно-деформированного состояния Якутско-Вилюйской изверженной провинции для анализа геотектонических процессов в Сибирском кратоне // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2021. № 69. С. 53–68. <https://doi.org/10.17223/19988621/69/5> [Akhmetov A.Zh., Smolin I.Yu. Numerical modeling the state of stress and strain of the Yakutsk-Vilyui large igneous province for the analysis of geotectonic processes in the Siberian craton // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika. 2021. № 69. P. 53–68 (in Russian)].

*Будков А.М., Кочарян Г.Г.* Формирование зоны нарушенного материала в окрестности динамического сдвига по разлому в кристаллическом массиве горных пород // Физическая мезомеханика. 2024. Т. 27. № 1. С. 102–116. [https://doi.org/10.55652/1683-805X\\_2024\\_27\\_1\\_102-116](https://doi.org/10.55652/1683-805X_2024_27_1_102-116) [Budkov A.M., Kocharyan G.G. Formation of the near-fault damage zone during dynamic rupture in a crystalline rock mass // Physical Mesomechanics. 2024. V. 27. P. 303–316. <https://doi.org/10.1134/S102995992403007X>].

*Буслов М.М.* Террейновая тектоника Центрально-Азиатского складчатого пояса // Геодинамика и тектонофизика. 2014. Т. 5. № 3. С. 641–665. <https://doi.org/10.5800/GT-2014-5-3-0147> [Buslov M.M. Terrain tectonics of the Central Asian folded belt // Geodinamika i tektonofizika. 2014. V. 5. № 3. P. 641–665 (in Russian)].

*Гурари Ф.Г.* Геология и перспективы нефтегазоносности Обь-Иртышского междуречья. Л.: Гостехиздат, 1959. 174 с. [Gurari F.G. Geologiya i perspektivy neftegazonosnosti Ob'-Irtyszhskogo mezhdurech'ya. Leningrad: Gostekhizdat, 1959. 174 p. (in Russian)].

*Добрецов Н.Л.* Мантийные плюмы и их роль в формировании анорогенных гранитоидов // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 12. С. 1243–1261 [Dobretsov N.L. Mantle plumes and their role in the formation of anorogenic granitoids // Geologiya i geofizika. 2003. V. 44. № 12. P. 1243–1261 (in Russian)].

*Добрецов Н.Л., Владимиров А.Г., Крук Н.Н.* Пермско-триасовый магматизм Алтае-Саянской области как отражение сибирского суперплюма // Доклады Академии наук. 2005. Т. 400. № 4. С. 505–509 [Dobretsov N.L., Vladimirov A.G., Kruk N.N. Permian-triassic magmatism in the Altai-Sayan fold system as a reflection of the siberian superplume // Doklady Earth Sciences. 2005. V. 5. Iss. 1. P. 40–43].

- Егоркин А.В., Кун В.В., Чернышев Н.М.* Поглощение продольных и поперечных волн и верхней мантии Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы // *Известия АН СССР. Физика Земли*. 1981. № 2. С. 37–50 [Egorikin A.V., Kun V.V., Chernyshev N.M. Absorption of longitudinal and transverse waves and the upper mantle of the West Siberian plate and Siberian platform // *Izvestiya AN SSSR. Fizika Zemli*. 1981. № 2. P. 37–50 (in Russian)].
- Захрямина М.О., Константинова Л.Н.* Прогноз распространения песчаников Васюганской свиты на северном склоне Нижневартовского свода // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2014. № 4. С. 22–29 [Zakhraymina M.O., Konstantinova L.N. The forecast of spreading of Vasuygan suite sandstones on the northern slope of Nizhnevartovsk arch // *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij*. 2014. № 4. P. 22–29 (in Russian)].
- Конторович А.Э., Пономарева Е.В., Бурштейн Л.М. и др.* Распределение органического вещества в породах баженовского горизонта (Западная Сибирь) // *Геология и геофизика*. 2018. Т. 59. № 3. С. 357–371. <https://doi.org/10.15372/GiG20180307> [Kontorovich A.E., Ponomareva E.V., Burshtein L.M. et al. Distribution of organic matter in rocks of the bazhenov horizon (West Siberia) // *Russian Geology and Geophysics*. 2018. V. 59. Iss. 3. P. 285–298. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2018.03.007>].
- Конторович А.Э., Эдер Л.В.* Новая парадигма стратегии развития сырьевой базы нефтедобывающей промышленности Российской Федерации // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. 2015. № 2. С. 6–17 [Kontorovich A.E., Eder L.V. New paradigm of the strategy for developing the raw material base of the oil-producing industry of the Russian Federation // *Mineral'nyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye*. 2015. № 2. P. 6–17 (in Russian)].
- Леонов М.Г., Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Ву Нам Хай.* К вопросу о природе и механизме формирования залежей углеводородов на шельфе Вьетнама // *Тихоокеанская геология*. 2020. Т. 39, № 5. С. 3–16. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2020-59-5-3-16> [Leonov M.G., Kerimov V.Y., Mustaev R.N., Vu Nam Hai. The origin and mechanism of formation of hydrocarbon deposits of the Vietnamese shelf // *Russian Journal of Pacific Geology*. 2020. V. 14. Iss. 5. P. 387–398. <https://doi.org/10.1134/S1819714020050036>].
- Леонов М.Г., Морозов Ю.А., Пржиялговский Е.С. и др.* Тектоническая эволюция системы «фундамент–чехол» и морфоструктурная дифференциация осадочных бассейнов // *Геотектоника*. 2020. № 2. С. 3–31. <https://doi.org/10.31857/S0016853X20020083> [Leonov M.G., Morozov Y.A., Przhiyalgovskii E.S. et al. Tectonic evolution of the basement–sedimentary cover system and morphostructural differentiation of sedimentary basins // *Geotectonics*. 2020. V. 54. Iss. 2. P. 147–172. <https://doi.org/10.1134/S0016852120020089>].
- Макаров П.В., Смолин И.Ю., Стефанов Ю.П. и др.* Нелинейная механика геоматериалов и геосред. Новосибирск: Академич. изд-во «Гео», 2007. 240 с. [Makarov P.V., Smolin I.Yu., Stefanov Yu.P. et al. *Nelineynaya mekhanika geomaterialov i geosred*. Novosibirsk: Academic Publishing House «Geo», 2007. 240 p. (in Russian)].
- Мануилова Е.А.* Взаимосвязь дислокаций фундамента и осадочного чехла с новейшим структурным планом Западно-Сибирской плиты // *Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология*. 2021. № 4. С. 23–31 [Manuilova E.A. The interconnection of platform's dislocations and sediment cover with the latest structure plan of the west Siberian plate // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 4. Geologiya*. 2021. № 4. P. 23–31 (in Russian)].
- Мануилова Е.А.* Локализация месторождений нефти и газа в зависимости от типов новейших структур на территории Западно-Сибирской плиты // *Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология*. 2021. № 6. С. 10–19 [Manuilova E.A. Localization of oil and gas deposits depending on the types of new structures on the territory of the West Siberian plate // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 4. Geologiya*. 2021. № 6. P. 10–19 (in Russian)].
- Нефтегеологическое районирование ЗСНГП. [Электронный ресурс]. URL: <http://gis.crru.ru:8080/resource/901/display?panel=layers> (дата обращения: 6.12.2024) [Map of oil and gas zoning of ZSNGP. [Electronic resource]. URL: <http://gis.crru.ru:8080/resource/901/display?panel=layers> (accessed: 6.12.2024)].
- Первухина Н.В., Шемин Г.Г., Москвин В.И.* История формирования антиклинальных ловушек и залежей нефти и газа в юрских отложениях севера Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции // *Геология и геофизика*. 2017. Т. 58. № 3–4. С. 472–483. <https://doi.org/10.15372/GiG20170310> [Pervukhina N.V., Shemin G.G., Moskvina V.I. History of anticlinal traps and oil and gas fields in jurassic reservoirs in the northern West Siberian basin // *Russian Geology and Geophysics*. 2017. V. 58. Iss. 3–4. P. 382–392. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.09.013>].
- Ребецкий Ю.Л.* Поле глобальных коровых напряжений Земли // *Геотектоника*. 2020. № 6. С. 3–24. <https://doi.org/10.31857/S0016853X20060119> [Rebetskiy Yu.L. Pattern of global crustal stresses of the Earth // *Geotectonics*. 2020. V. 56. Iss. 6. P. 723–740. <https://doi.org/10.1134/S0016852120060114>].
- Ружич В.В., Кочарян Г.Г., Остапчук А.А., Шилько Е.В.* Разномасштабные неоднородности в сегментах сейсмоактивных разломов и их влияние на режимы скольжения // *Физическая мезомеханика*. 2024. Т. 27. № 1. С. 5–19. [https://doi.org/10.55652/1683-805X\\_2024\\_27\\_1\\_5-19](https://doi.org/10.55652/1683-805X_2024_27_1_5-19) [Ruzhich V.V., Kocharyan G.G., Ostapchuk A.A., Shilko E.V. Different-scale heterogeneities in segments of active faults and their influence on slip modes // *Physical Mesomechanics*. 2024. V. 27. P. 217–228. <https://doi.org/10.1134/S1029959924030019>].
- Стефанов Ю.П., Бакеев Р.А.* Формирование цветковых структур нарушений в слое геосреды при разрывном горизонтальном сдвиге основания // *Физика Земли*. 2015. № 4. С. 81–93. <https://doi.org/10.7868/S0002333715040110> [Stefanov Yu.P., Bakeev R.A. Formation of flower structures in a geological layer at a strike-slip displacement in the basement // *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. 2015. V. 51. Iss. 4. P. 535–547. <https://doi.org/10.1134/S1069351315040114>].

- Стефанов Ю.П., Татаурова А.А.* Влияние трения и прочностных свойств среды на формирование зон локализации деформации в надвиговых структурах // Физическая мезомеханика. 2018. Т. 21. № 5. С. 46–55. <https://doi.org/10.24411/1683-805X-2018-15005> [*Stefanov Yu.P., Tataurova A.A.* Effect of friction and strength properties of the medium on the formation of strain localization zones in thrust structures // *Physical Mesomechanics*. 2019. V. 22. Iss. 6. P. 46–55. <https://doi.org/10.24411/1683-805X-2018-15005>].
- Суворов В.Д., Стефанов Ю.П., Павлов Е.В. и др.* Геомеханические условия роста Тянь-Шаня и Алтая // Доклады академии наук. 2017. Т. 476. № 5. С. 562–566. <https://doi.org/10.7868/S0869565217290187> [*Suvorov V.D., Stefanov Y.P., Pavlov E.V. et al.* Geomechanical conditions of the Tien Shan and Altai orogeny // *Doklady Earth Sciences*. 2017. V. 476. № 2. P. 1195–1199. <https://doi.org/10.1134/S1028334X17100191>].
- Тектоническая карта России, сопредельных территорий и акваторий. Масштаб 1: 4000000. (ред. Е.Е. Милановский) ФГУП «ПКО «Картография», 2007. [Tectonic map of Russia, adjacent regions and water areas on scale of 1:4000000. E.E. Milanovsky. FSUE «PCA «Cartography», 2007 (in Russian)]
- Burov E.B.* Rheology and strength of the lithosphere // *Marine and Petroleum Geology*. 2011. V. 28. № 8. P. 1402–1443. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.05.008>
- Cherepanova Yu., Artemieva I.M., Thybo H., Chemia Z.* Crustal structure of the Siberian craton and the West Siberian basin: An appraisal of existing seismic data // *Tectonophysics*. 2013. V. 609. P. 154–183. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.05.004>
- Ismail-Zadeh A.T., Naimark B.M., Kostyuchenko S.L.* Quantitative modelling of the Tunguska basin evolution in the palaeozoic: a role of eclogitization within the uppermost mantle // *Journal of Geodynamics*. 1997. V. 23. № 1. P. 47–64. [https://doi.org/10.1016/S0264-3707\(96\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0264-3707(96)00019-1)
- Polyansky O.P., Prokopiev A.V., Koroleva O.V. et al.* Temporal correlation between dyke swarms and crustal extension in the middle Palaeozoic Vilyui rift basin, Siberian Platform // *Lithos*. 2017. V. 282–283. P. 45–64. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2017.02.020>
- Turcotte D., Schubert G.* *Geodynamics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. 657 p.
- Wilkins M.L.* *Computer Simulation of Dynamic Phenomena*. Berlin: Springer Verlag, 1999. 246 p.

**ANALYSIS OF STATE OF STRESS AND STRAIN  
OF THE EARTH'S CRUST AND UPPER MANTLE  
ALONG THE GEOLOGICAL PROFILE «BITUM–1988»,  
WEST SIBERIAN PLATE**

**A. Akhmetov, I.Yu. Smolin**

*Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, Russia, 634055  
e-mail: akhmetov.a.zh@ispms.ru*

Received December 24, 2024; revised April 18, 2025; accepted June 25, 2025

The article is devoted to the study of the stress and strain state of the lithospheric sections of the West Siberian plate. The regions of the West Siberian plate containing oil and gas fields, through which the geological profile «Bitum-1988» is laid, are chosen as the object of research. On the basis of geological and geophysical data, two-dimensional computer models of lithospheric sections of different thickness were created, and the state of stress and strain of lithospheric sections and upper crustal layers was calculated. It was found that as a result of lithospheric stretching-compression, areas of plastic strain localization and zones of positive horizontal stress in the earth's crust, corresponding to the locations of hydrocarbon traps and oil and gas reservoirs, appeared in the regions of the Yarsomovsky trough, the Severnaya anticline, the Taz swell, and the Khudosei trough. A more detailed analysis of the Severnaya anticline, the Yarsomovsky trough and the Taz swell reveals that the foci of positive horizontal stresses in the sedimentary cover coincide with the zone of inelastic strain localization, which indicates the possible origin of the fault structure of the sedimentary cover and the presence of hydrocarbon traps or oil and gas deposits in it.

*Keywords: state of stress and strain, lithosphere model, West Siberian plate, numerical simulation.*