

УДК 550.34:551.24:502/504

DOI 10.24411/2227-9490-2018-11071

Гатинский Ю.Г.*,
Прохорова Т.В.**,
Рундквист Д.В.***,
Соловьёв А.А.****



Ю.Г. Гатинский



Т.В. Прохорова



Д.В. Рундквист



А.А. Соловьёв

Современные тектонические движения и землетрясения в северной части Каспийского горнопромышленного региона

Исследование выполнено в рамках Программы 18 Президиума РАН «Природные катастрофы и адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики», начатой в 2015 г. под руководством конвенера академика Н.П. Лавёрова.

*Гатинский Юрий Георгиевич, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7225-7073>

E-mail: yury-g-gatinsky@j-spacetime.com; yug@sgm.ru, gatinsky@gmail.com

**Прохорова Татьяна Викторовна, научный сотрудник Института теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-8829-2081>

E-mail: tatiana-v-prokhorova@j-spacetime.com; tatprokh@mitp.ru

***Рундквист Дмитрий Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, главный научный сотрудник Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-8428-5936>

E-mail: dmitry-v-rundquist@j-spacetime.com; dvr@sgm.ru

****Соловьёв Александр Анатольевич, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, директор Института теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-9359-2775>

E-mail: alexander-a-soloviev@j-spacetime.com; soloviev@mitp.ru

В пределах региона, расположенного на ЮЗ Северо-Евразийской литосферной плиты и в прилегающей части Альпийско-Иранской транзитной зоны, выделены три района: (1) юг Волгоградской области, восток Ставропольского края, Астраханская обл., Республика Калмыкия, север Республики Дагестан, (2) юг Ставропольского края, республики Кабардино-Балкарская, Северная Осетия, Ингушетия, Чеченская, Калмыкия и (3) Дагестан РФ, Южная Осетия, Восточная Грузия и Западный Казахстан. Максимальная сейсмичность с магнитудами землетрясений до 4,0–7,3 и широкое развитие активных разломов приурочены к району (2). Приведены данные о 110 горно-обогатительных и добывающих предприятий в рассмотренных районах с краткой характеристикой их специализации.

Ключевые слова: Каспийский горнопромышленный регион; сейсмическая активность; тектоническая подвижность; землетрясения; зоны возникновения очагов землетрясений; сейсмическая энергия; тепловой поток; безопасность промышленных объектов.

Введение

Большая часть Каспийского горнопромышленного региона, включающего Волгоградскую и Астраханскую обл., восток Ставропольского края, республики Кабардино-Балкария, Северная Осетия, Ингушетия, Чеченская, Калмыкия и Дагестан Российской Федерации, Южную Осетию, Восточную Грузию и Западный Казахстан, характеризуется высокой плотностью населения, развитой инфраструктурой и средствами коммуникации. Здесь расположены крупные разрабатываемые месторождения полезных ископаемых, в том числе, нефти и газа, включая морские платформы в шельфовых зонах Каспийского моря, а также действующие и проектируемые АЭС и крупные ГЭС и ТЭС. Всё это подтверждает актуальность проводимых исследований по оценке и путям снижения последствий современных тектонических движений и землетрясений на рассматриваемой территории.

Регион в целом расположен на юго-западе Северо-Евразийской литосферной плиты и в пределах Альпийско-Иранской транзитной

ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

зоны, отделяющей её от Аравийской плиты (рис. 1). Наряду с упомянутыми выше промышленными объектами в непосредственной близости к региону находятся действующие Ростовская и Ереванская АЭС, а на п-ове Мангышлак в Западном Казахстане расположена недостроенная АЭС Актау (бывшая Шевченковская). На изученной территории в пределах северной части Каспийского региона выделены три горнопромышленных района:

1. Юг Волгоградской области, восток Ставропольского края, Астраханская обл., Республика Калмыкия, север Республики Дагестан;
2. Юг Ставропольского края, республики Кабардино-Балкарская, Северная Осетия, Ингушетия, Чеченская, Калмыкия и Дагестан РФ, Южная Осетия, Восточная Грузия;
3. Западный Казахстан и прилегающая территория Западного Узбекистана.

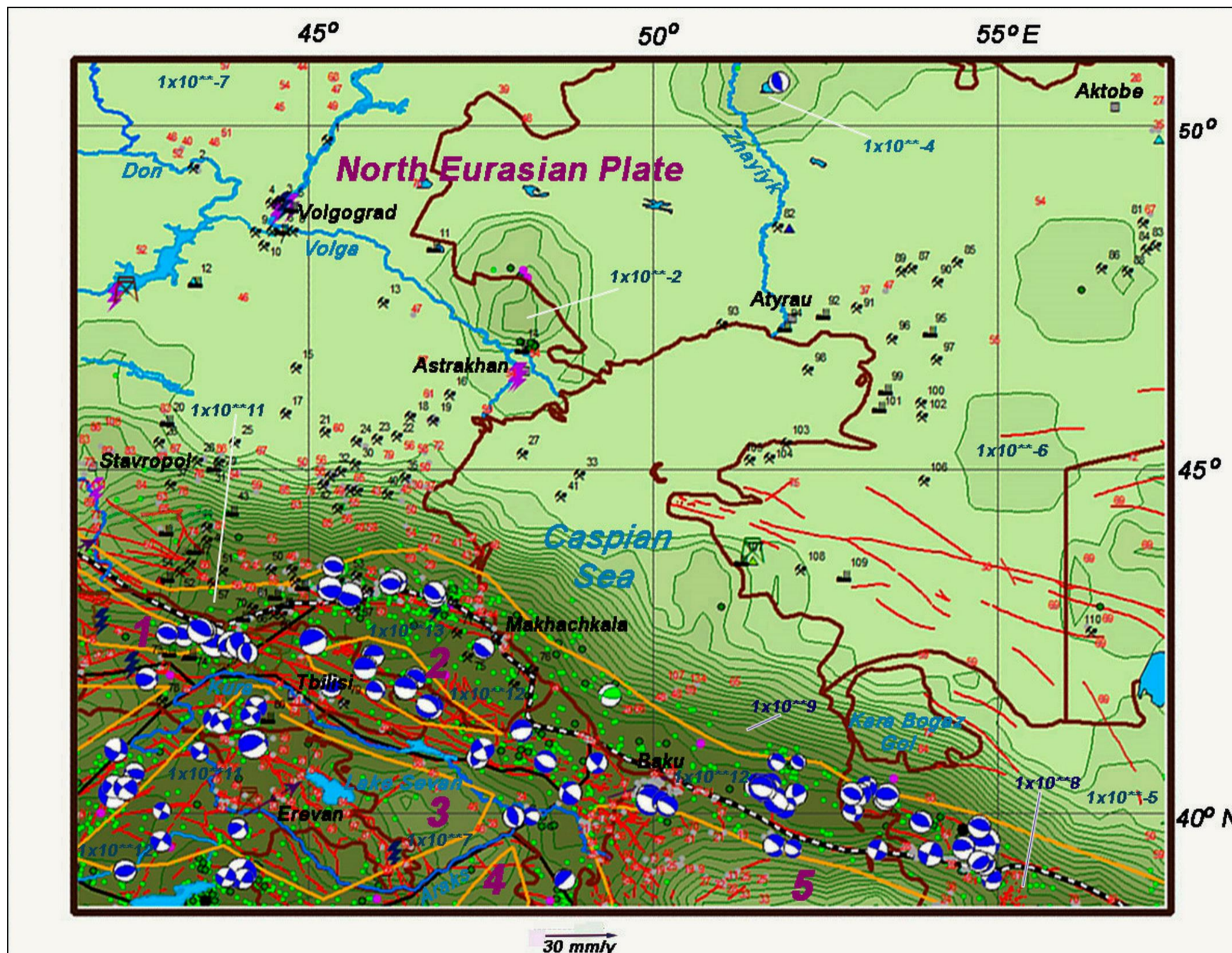


Рис. 1. Схема современной геодинамики и сейсмичности северной части Каспийского горнопромышленного региона, изученной в 2017 г. Приведены механизмы землетрясений, по данным СМТ 2017, и подписаны отдельные значения объёмов высвобождающейся энергии в джоулях. Цифрами обозначены блоки Альпийско-Иранской транзитной зоны между Северо-Евразийской и Аравийской литосферными плитами [Гатинский и др. 2007, 2014; Гатинский, Прохорова 2016]:

- 1 — Западно-Кавказский;
- 2 — Восточно-Кавказский;
- 3 — Малокавказский;
- 4 — Центрально-Иранский;
- 5 — Южно-Каспийский.

Линия с чередованием чёрных и белых отрезков — южная граница Северо-Евразийской плиты. Остальные обозначения см. в сводной легенде на рис. 2.

Исследования проводились на базе детального анализа геологических материалов и космических снимков изучаемых регионов. При этом учитывались данные космогеодезии (векторы горизонтальных и вертикальных перемещений в системе ITRF: <http://itrfr.ensg.ign.fr/2014> и модельные векторы относительно стабильной Евразии в системе NNR_NUVEL_1A 2008), скорости и градиенты новейших и современных движений земной коры, параметры возможных подвижек. Для каждого района построены схемы, на которых показано расположение активных разломов [Трифонов и др., 2002] относительно площадок горнопромышленных предприятий, электростанций и крупных месторождений полезных ископаемых, а также размещение эпицентров по данным NEIC 2017

**ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
 В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

(<http://earthquake.usgs.gov/regional/ncic/>) и CMT 2017 (<http://www.seismology.harvard.edu/>) с магнитудой (M) от 4,0 до 7,9 и площадное распространение объемов высвобождающейся сейсмической энергии по расчетам авторов. Схемы строились в системе ArcGIS на базе Электронного геодинамического глобуса (<http://earth.jscc.ru/>), созданного в ГГМ РАН под руководством Д.В. Рундквиста и Ю.Г. Гатинского. Размер пикселей схем позволяет увеличивать их до масштаба 1:1500000 и крупнее, как и рисунки в данной статье.

Выполненное изучение представляет собой более детальное продолжение исследований по Европейской части России, Уралу, Кавказу и странам ближнего зарубежья, проведенных в 2012 г. в относительно мелком масштабе в рамках Программы 4 Президиума РАН по направлению «Экстремальные процессы в геосферах Земли: адаптационные пути снижения негативных воздействий, обусловленных активизацией сейсмичности в окрестности стратегически значимых промышленных и энергетических комплексов» [Гатинский и др. 2014]. Если в 2012 г. схемы распространения энергии строились с шагом 1°, то в настоящей работе они составлены с шагом 0,5° при одновременно укрупнённом масштабе схем.

Сбор и систематика материалов по горно-обогатительным (ГОКом) и горнодобывающим предприятиям РФ и стран ближнего зарубежья проводились с использованием материалов ГИС-Атласа «Недра России» (<http://atlaspacket.vsegei.ru/>) и работ «Нефтяники РФ...» (<http://www.nftn.ru/oilfields>) и ФГБУ «Росгеолфонд» (<http://www.rfgf.ru/>). Авторами построены два глубинных сейсмических разреза и графики диссипации сейсмической энергии через сейсмоактивные зоны Восточного Кавказа, а также выделены сейсмоопасные участки в наиболее сейсмоактивном районе **2** с построением зон ВОЗ (возникновения очагов землетрясений) и даны рекомендации по возможному снижению негативных последствий повышенной тектонической активности и проявлений сейсмичности в их пределах.

Для схем горнопромышленных районов составлена единая легенда, приведенная на **рис. 2**. Список показанных на схемах 110 горно-обогатительных и добывающих предприятий с краткой характеристикой их специализации дан в **Приложении 1** к статье.

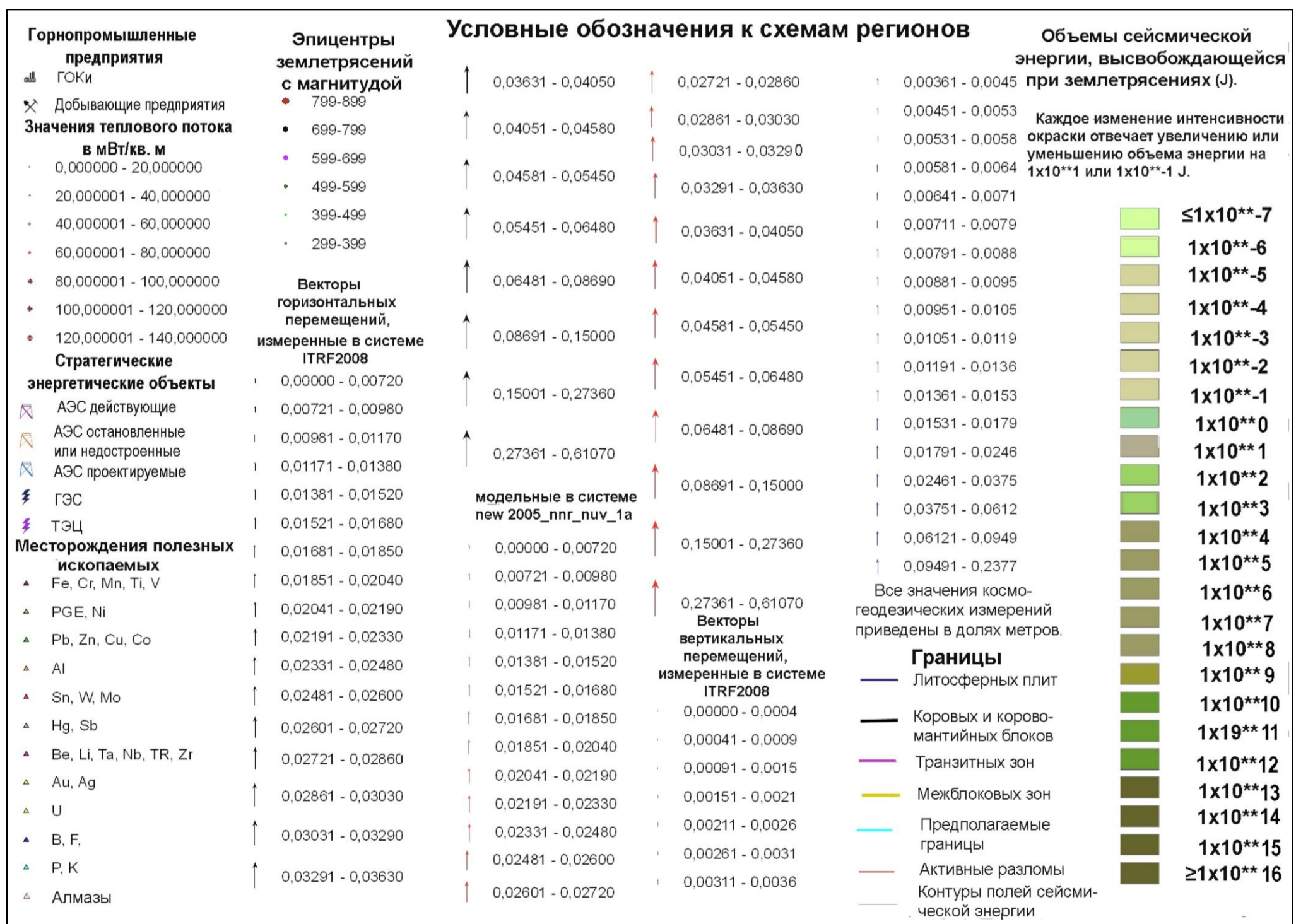


Рис. 2. Условные обозначения к схемам регионов, приведенным на **рис. 1, 3–5**

Регион 1.

Юг Волгоградской области, восток Ставропольского края, Астраханская обл., Республика Калмыкия, север Республики Дагестан

Рассматриваемый в данном разделе район (**рис. 3**) охватывает территорию нижнего Поволжья примерно от Камышина до Астрахани и среднего течения Дона от его резкой излучины до Ростовской АЭС, а также прилегающие территории Ставропольского края, Калмыкии и Дагестана. В тектоническом отношении большая часть района входит в состав Восточно-Европейской древней платформы, а на крайнем юге относится к эпигерцинской Скифской платформе [Kazmin et al. 2011]. Мощность коры под древней плат-

ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

формой достигает 45 км, уменьшаясь до 30–37 км под Скифской платформой [Wilde-Piórko et al. 2010]. Южную часть Восточно-Европейской платформы на глубине пересекает в северо-западном направлении Днепровско-Донецкий авлакоген, под которым мощность коры также уменьшается до 36,2 км.

В геодинамическом плане вся территория района относится к южной окраине Северо-Евразийской литосферной плиты [Гатинский, Рундквист 2004; Гатинский и др., 2005], с чем, по-видимому, связано постепенное возрастание к югу интенсивности сейсмичности и величин теплового потока (ТП). Северная часть территории района характеризуется низким уровнем сейсмической активности. Редкие эпицентры землетрясений с магнитудами (М) 4,9–5,4 приурочены к низовьям Волги около Астрахани и к отдельным районам Зап. Казахстана. По результатам сейсмического районирования, проведённого группой российских ученых под руководством проф. В.И. Уломова, территория южной части района расположена в зоне 0,4–1,6 м/с² ускорения верхней части грунта, измеренного по акселерограммам землетрясений [Комплект карт сейсмического районирования... 2000]. Объёмы высвобождающейся сейсмической энергии, по нашим расчётам, увеличиваются с севера на юг от 10⁻⁷ Дж до 10³ Дж, а в локальной сейсмической структуре к северо-северо-востоку от Астрахани до 10⁻² Дж (см. рис. 3). По краям этой структуры наблюдаются скопления эпицентров с М 4,7–6,0 — тогда как на остальной площади района установлены лишь единичные разрозненные эпицентры с М 5,0–5,9. Не исключено, что слабо повышенная сейсмичность на границе Астраханской обл. и Казахстана частично связана с запусками ракет с расположенного северо-западнее космодрома Капустин Яр.

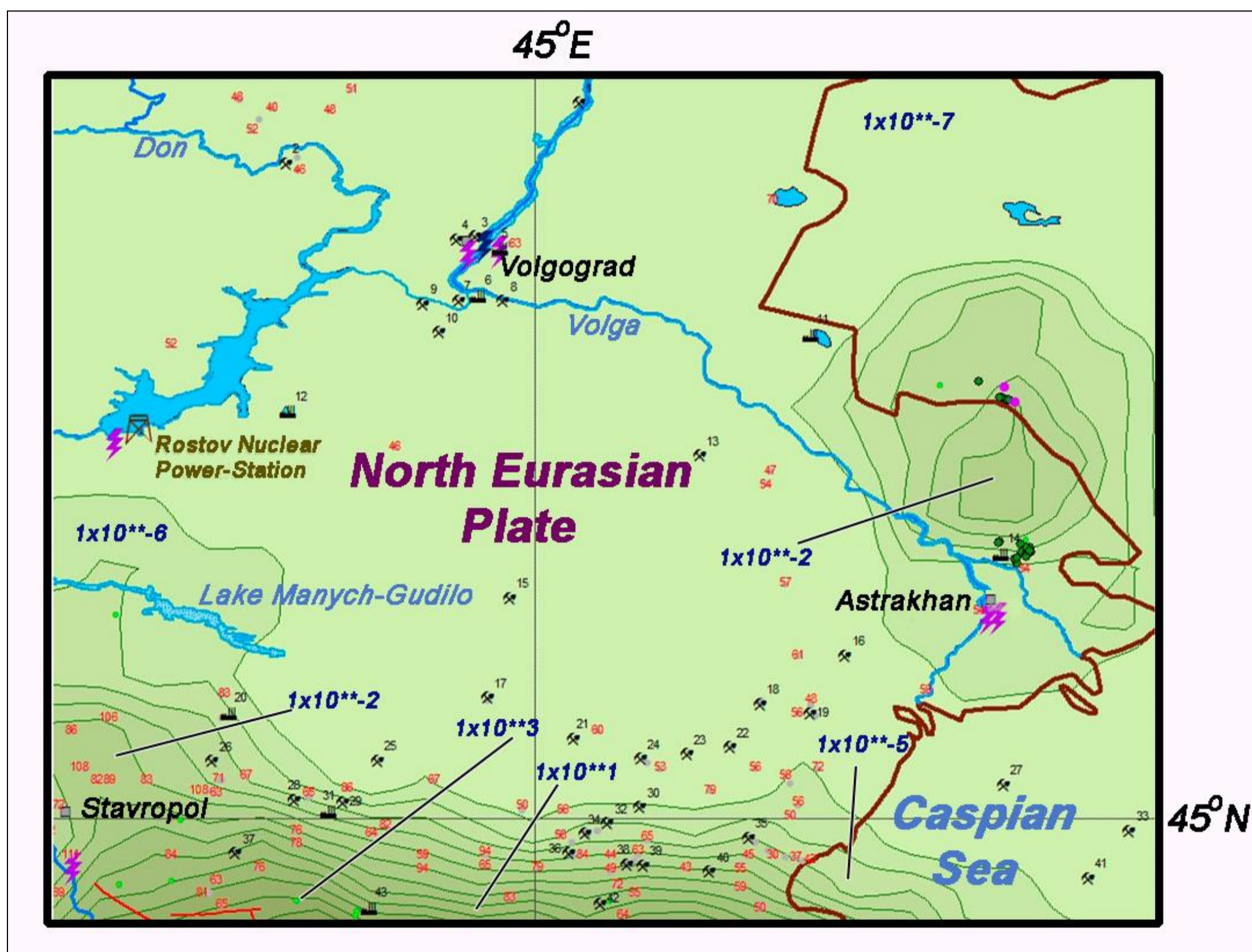


Рис. 3. Схема современной геодинамики горнопромышленного района 1 — юг Волгоградской области, восток Ставропольского края, Астраханская обл., Республика Калмыкия, север Республики Дагестан. Серые точки — места определения теплового потока, значения которого в мВт/м² приведены красными цифрами [Карта теплового... 1980]. Мелкие чёрные цифры — номера горнодобывающих предприятий и ГОКов в Приложении 1 к статье. Остальные обозначения см. на рис. 1 и 2

Значения ТП составляют в северной части района 40–63 мВт/м², возрастая до 79–94 мВт/м² южнее над Днепровско-Донецким авлакогеном [Карта теплового... 1980], что может объясняться, помимо приближения к южной границе плиты, также резким уменьшением мощности коры и повышенной тектонической активностью в пределах авлакогена. Наибольшие значения ТП до 106–111 мВт/м² установлены на юго-западе около Ставрополя. По результатам космогеодезических измерений в системе ITRF 2014 на ближайших к району станциях возле Полтавы и Харькова Северо-Евразийская плита перемещается со скоростью 24,8–

ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

27,1 мм/год по азимутам 60,6—63,4° СВ. Там же отмечено небольшое воздымание поверхности со скоростью 1,07 мм/год. Средняя скорость Р-волн под Скифской платформой определена в 6,44 км/с⁻¹. Скорости поверхностных S-волн южнее под Анатолийским блоком составляют 2,2—3,6 км/с⁻¹, граница Мохо находится здесь на 33 км [Erduran et al. 2007]. Ниже этой границы скорость S-волн возрастает до 4,27 км/с⁻¹. Мощность литосферы под Восточной Европой, к которой относится большая часть района, 200—230 км [Tesauo et al. 2009]. Температура литосферной верхней мантии, по тем же данным, достигает 750° С, возрастая на границе с астеносферой до 1200° С.

В рассматриваемом районе преобладают месторождения углеводородов, нерудных полезных ископаемых и горнопромышленные предприятия по их добыче и переработке. В пределах включённой в этот район части Волгоградской обл. и Ставропольского края работают мелкие предприятия по добыче строительных материалов: песка, глин, известняка, гипса (2—7 и 25—29, 31, 37, 43 на рис. 3), по разработке месторождений каменной и калийной соли, бишофита (8, 9). Соль добывается также в Астраханской обл. (11, 16). Небольшие нефтегазовые месторождения разрабатываются на Ставрополье, в Калмыкии и на севере Дагестана (10, 13, 17, 18, 32, 34—40). Нефтеперерабатывающие заводы действуют в Волгоградской и Астраханской обл. (6, теплового потока). Наиболее крупные месторождения углеводородов осваиваются в Калмыкии (21, 23), где на месторождении «Курганное» (22) компанией «ЕвроСибОйл» добывается до 79 т нефти в сутки. Бóльшими запасами нефти и газа обладает шельфовая зона Каспийского моря, в пределах которой разведываются и эксплуатируются крупные месторождения углеводородов (27, 33), в том числе одно из крупнейших в РФ шельфовое месторождение нефти имени В. Филановского (41) в 190 км от Астрахани, разрабатываемое компанией ПАО «Лукойл» на глубине 7—11 м. Уровень сейсмичности для упомянутых горнопромышленных предприятий не превышает 10⁻²—10¹ Дж.

Ближайшей к рассматриваемому району является действующая Ростовская АЭС к востоку от г. Ростов-на-Дону на берегу Цимлянского водохранилища в среднем течении р. Дон. Тепловые электростанции расположены возле Астрахани и Волгограда, около последнего находится и крупнейшая Волжская ГЭС (см. рис. 3). Районы с различной степенью индивидуального природного и сейсмического риска для населения по шкале R_{st1} образуют на территории ряд полос северо-западного простираения [Осипов и др. 2011]. Рассматриваемый район попадает в наиболее северную и самую широкую (70—75 км) из них, которая проходит через юг Ростовской обл., северную часть Краснодарского и Ставропольского краев от Азовского до Каспийского моря (степень риска ≤ 0,5).

Таким образом, район 1 характеризуется относительно незначительной современной тектонической активностью с невысоким уровнем сейсмичности. Большинство ГОКов и горнодобывающих предприятий находятся в условиях низкого природного риска, хотя экологическая обстановка вызывает там определенные опасения из-за сезонных экзогенных процессов, в первую очередь, крупных наводнений в бассейнах среднего течения Дона, верховьев Кубани, а также засухи и пыльных бурь в Астраханской обл. и Калмыкии.

Регион 2.

Юг Ставропольского края, республики Кабардино-Балкарская, Северная Осетия, Ингушетия, Чеченская, Калмыкия и Дагестан РФ, Южная Осетия, Восточная Грузия

Район расположен к югу от предыдущего, охватывая территорию от северных предгорьев Большого Кавказа до р. Кура и оз. Севан на Малом Кавказе (рис. 4). В тектоническом аспекте бóльшая часть территории района входит в состав Альпийского складчатого пояса, закончившего своё активное развитие в начале – середине неогена. В геодинамическом плане южная граница Северо-Евразийской плиты проходит вдоль северных предгорьев Большого Кавказа, системы активных разломов на дне Каспия и по Копетдагскому разлому в Туркмении (см. рис. 1). Уровень сейсмичности резко возрастает по направлению к этой границе до 10⁶—10¹¹ Дж, широко распространены эпицентры с М 4,0—5,9, единичные — до 7,3. На границе плиты в Туркмении произошло катастрофическое Ашхабадское землетрясение в 1948 г.

Южнее расположена Альпийско-Иранская транзитная зона, разделяющая Северо-Евразийскую и Аравийскую литосферные плиты. Зона включает в Каспийском регионе следующие блоки: Западно-Кавказский, Восточно-Кавказский, Малокавказский, Южно-Каспийский и Центрально-Иранский [Гатинский и др. 2007, 2014]. По результатам сейсмического районирования группы В.И. Уломова территория большей части Восточного Кавказа расположена в зоне 3,2—4,8 м/с² ускорения верхней части грунта, измеренного по акселерограммам землетрясений, а Дагестана — в зоне 4,8—6,0 м/с². Такое же ускорение грунта характеризует большую часть территории Малого Кавказа [Комплект карт сейсмического районирования... 2000]. Большинство эпицентров здесь совпадает с активными разломами на границах блоков, где уровень сейсмичности увеличивается до 10¹¹—10¹³ Дж. По данным механизмов в гипоцентрах (СМТ 2017) среди разломов преобладают надвижки и крупные сдвиги северо-западного простираения (см. рис. 1), развитые в северных и южных предгорьях Большого Кавказа, в меньшей степени на Малом Кавказе. Поперечные северо-восточные левосторонние сдвиги установлены в пределах Малого Кавказа. Растяжения отмечаются в Южно-Каспийской глубоководной впадине и на востоке Куринской впадины в Азербайджане.

Значения ТП составляют 63—84 мВт/м² на южной границе Северо-Евразийской плиты в Ставропольском крае и Дагестане. Максимальные значения до 88—97 мВт/м² отмечены южнее района в юго-западной части Южно-Каспийской глубоководной котловины и в хр. Эльбурс в Иране. В Грузии немногочисленные измерения ТП показывают 28-59 мВт/м², в Азербайджане — 22—96 (максимальные в Куринской впадине), в Армении — от 32 до 92—140 (максимальные у оз. Севан и к северо-западу от него вдоль Севанской зоны разломов). Скорости горизонтального перемещения Северо-Евразийской плиты на прилегающей территории составляют 24,8—27,1 мм/год в Северо-Восточной Украине и 25—26 мм/год около Москвы, векторы GPS в системе ITRF изменяются от 53,0—63,4° СВ на западе до 70—72° на востоке в Предуралье, что отвечает повороту плиты по часовой стрелке. Более сложные и интенсивные перемещения происходят в транзитной зоне, где большинство блоков обладает собственными геокинематическими характеристиками. Так, Центрально-Иранский блок на станции GPS в Тегеране движется на 53,2° СВ со скоростью 32,6 мм/год, результатом чего являются деформации сжатия в хр. Эльбурс. Малокавказский блок на станции в Ере-

ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

ване смещается на 59° СВ со скоростью 33,7 мм/год. Вертикальные поднятия блоков колеблются в транзитной зоне от 0,8 до 2,2 мм/год [Stephenson, and Schellart, 2010].

Песчано-гравийные карьеры, кирпичные заводы и ГОКи по добыче и переработке стройматериалов на юге Ставропольского края, в Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, Ингушетии, Чечне и Дагестане (44–48, 51, 52, 54, 60–63, 67–69, 71, 72, 75–77 на рис. 4) находятся в зонах с уровнем сейсмической энергии 10^3 – 10^{11} Дж. Нефтедобывающие предприятия в Кабардино-Балкарии, Ингушетии и Чеченской Республике (49, 50, 53, 55, 56, 59) расположены в зонах устойчиво повышенной сейсмичности на северном склоне Большого Кавказа (10^{10} – 10^{12} Дж). В ещё более напряженной обстановке с уровнем сейсмичности до 10^{12} – 10^{13} Дж находятся угледобывающие предприятия в Грузии (73, 78), комбинат «Чиатура» (74), проводящий добычу и обогащение марганцевой руды, и ГОК «Маднеули» (80) по добыче и обогащению медной и полиметаллической руды (см. рис. 4 и таблицу в Приложении 1). Подразделения одного из крупнейших в РФ предприятий цветной металлургии ОАО «Электроцинк» в Северной Осетии (64, 65, 70) расположены на границе Восточно-Кавказского блока и Северо-Евразийской плиты с уровнем высвобождающейся сейсмической энергии 10^{12} Дж.

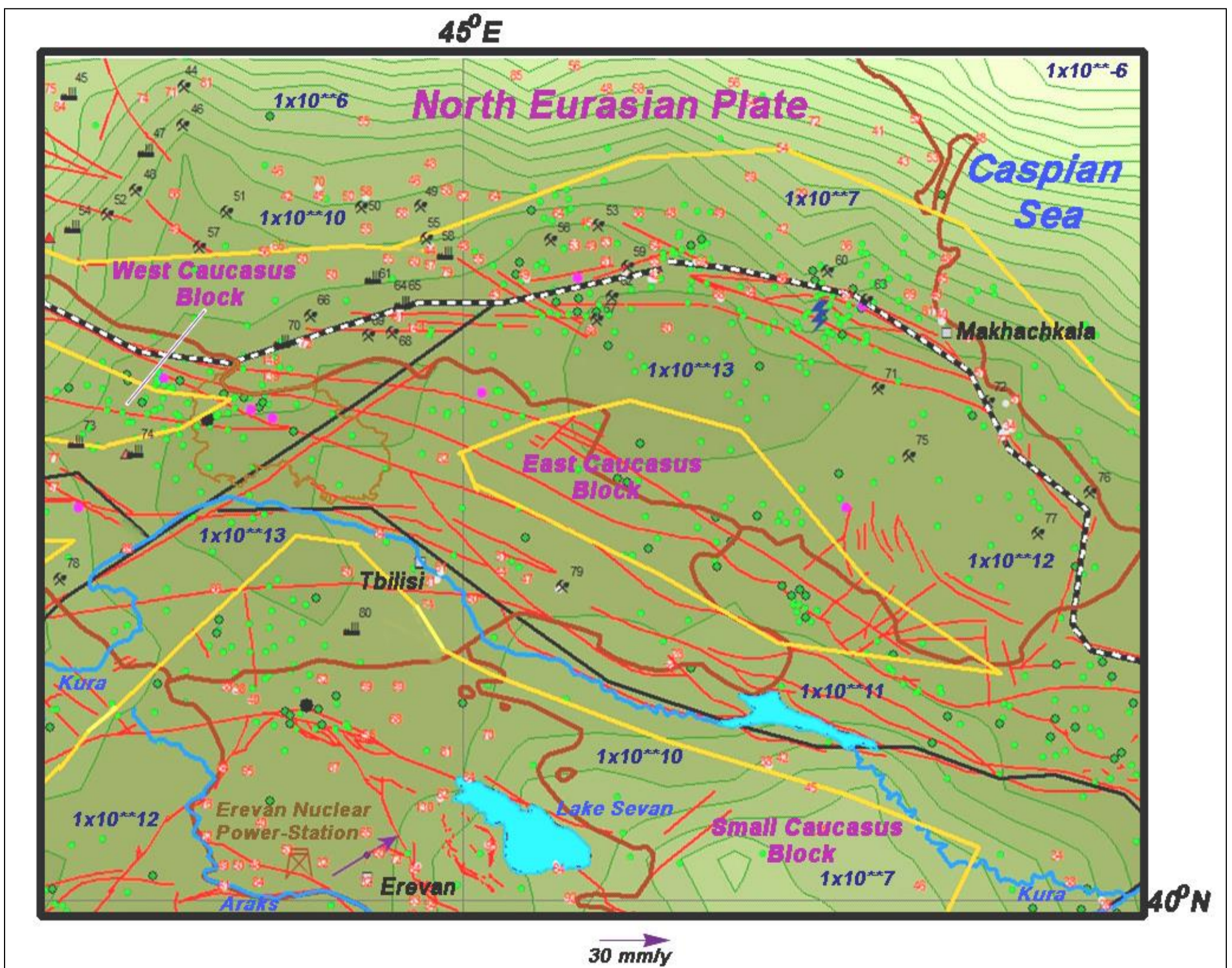


Рис. 4. Схема современной геодинамики горнопромышленного района 2 — юг Ставропольского края, республики Кабардино-Балкарская, Северная Осетия, Ингушетия, Чеченская, Калмыкия и Дагестан РФ, Южная Осетия, Восточная Грузия и прилегающие к ней части Армении и Азербайджана. Условные обозначения см. на рис. 1–3

Степень индивидуального природного риска в Ставропольском крае колеблется от 0,1–1 до 2–5 [Осипов и др. 2011]. На юге Калмыкии и на севере Дагестана она составляет 1–10, резко увеличиваясь к югу до 30–100, а на крайнем юге Дагестана до 100–150. Вдоль северного склона и осевой части Кавказского хребта развиты отдельные небольшие участки со степенью риска >150, особенно на юге Дагестана и на юго-востоке Чеченской Республики.

Как показывает проведенный анализ и более ранние исследования авторов [Gatinsky et al. 2011; Гатинский и др. 2014], в рассматриваемом районе наибольшей опасности подвергаются горнопромышленные предприятия на юге Предкавказья и в республиках Закавказья, находящиеся в высокосейсмичных межблоковых зонах и зонах, разграничивающих блоки и Северо-Евразийскую литосферную плиту. Для действующих и проектируемых здесь АЭС, ГЭС и ТЭС необходимы тщательный контроль

ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

уровня сейсмической активности и соблюдение защитных мер при строительстве энергетических объектов [Бугаев и др. 2001]. Наибольшей опасности подвергаются АЭС в районе Еревана и гидроэлектростанции на западе Грузии, в Армении и Дагестане.

Регион 3.

Западный Казахстан и прилегающая территория Западного Узбекистана

Район на севере охватывает территорию Прикаспийской впадины Восточно-Европейской древней платформы, а южнее — северо-западную часть молодой Туранской платформы. В геодинамическом плане он полностью входит в состав Северо-Евразийской литосферной плиты (рис. 5). Зона активных северо-западных разломов протягивается из низовьев Амударьи на п-ов Мангышлак, пересекая далее акваторию Каспийского моря. Уровень сейсмичности в большей части территории района не превышает 10^{-4} – 10^{-7} Дж, возрастая только на крайнем ЮЗ до 10^9 Дж. ТП в северной части района не превышает 16–67 мВт/м², возрастая до 69–89 на ЮВ около остатков Аральского моря в Узбекистане.

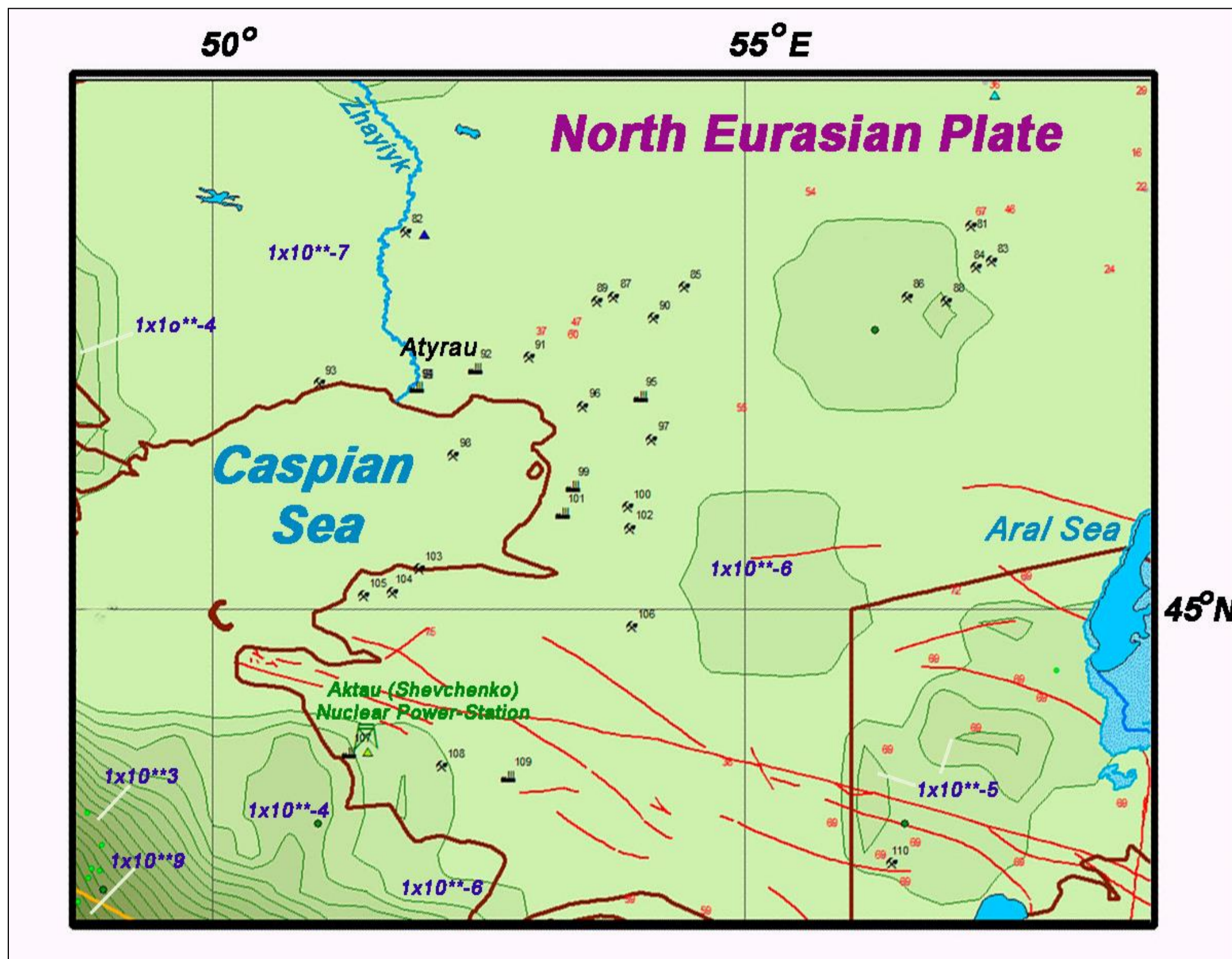


Рис. 5. Схема современной геодинамики горнопромышленного района 3 — запад Казахстана и прилегающая часть Западного Узбекистана. Условные обозначения см. на рис. 1–3

Большинство добывающих предприятий и ГОКов района находится в зонах весьма слабой сейсмичности (не более 1×10^{-6} – 1×10^{-5} Дж). Среди них упомянем добычу самосадочной натриевой соли на оз. Индер (82 на рис. 5) и многочисленные относительно небольшие нефтегазодобывающие предприятия в Атырауской, на западе Актюбинской и на севере Мангистауской областей Казахстана (81, 83, 84, 86, 88, 89, 96). В бассейне р. Жем (Эмбы) разработку месторождений нефти и газа ведёт АО «Эмбаунайгаз» (85, 87, 90, 91, 93, 97). Перекачкой и переработкой нефти здесь занимаются ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод» (94) и ряд других ГОКов (95, 101, 107), в том числе с получением дорожных битумов.

Международное совместное предприятие «Норт Каспиан Оперейтинг Компани Н.В.» (98) ведёт добычу нефти на супергигантском месторождении Кашаган в шельфовой зоне Казахстана. К востоку от г. Атырау расположен нефтеперерабатывающий завод той же компании (92). Южнее на крупнейшем нефтегазовом месторождении Тенгиз (99) и на соседних объектах (100–102) добычные работы выполняет ТОО «Тенгизшевройл». В зоне слабой сейсмичности и развития протяженных активных разломов, пре-

ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

имущественно левосторонних сдвигов, находятся нефтегазодобывающие предприятия, ведущие работу на месторождениях п-ова Мангышлак (103–106, 109). Разработку крупнейшего из них нефтегазоконденсатного месторождения Жетыбай (108) и его спутников проводит АО «Мангистаумнагаз». Суммарные балансовые запасы нефти Жетыбайской группы месторождений составляют около 485.948 миллионов тонн. Упомянем также единственное на территории соседней части Западного Узбекистана газовое месторождение «Шахпахты» (110), освоение которого проводит ПАО «Газпром».

Официальными расчетными данными о степени природного риска в Центрально-Азиатских странах мы не располагаем. На соседней территории РФ в Оренбургской обл. уровень этого риска составляет 2–5 [Осипов и др. 2011]. На территории горнопромышленного района Западного Казахстана находится недостроенная АЭС Актау. В случае введения её в действие необходимо предусмотреть защитные меры, в первую очередь, для нефтегазодобывающих объектов на п-ове Мангышлак.

Выводы и рекомендации

На основании анализа геодинамики и сейсмичности в районах горнопромышленных предприятий и энергетических объектов на территории северной части Каспийского региона в Предкавказье, Восточном Кавказе, прилегающей части Закавказья и на западе Казахстана, проведённого в 2017 г., выделены 4 участка в пределах района 2, находящиеся в наиболее напряженной геодинамической обстановке в сочетании с повышенными значениями природного риска. Как отмечалось выше, горнопромышленные районы 1 и 3 расположены в значительно более спокойной геодинамической обстановке и в условиях низких значений природного риска. Поэтому мы ограничились выделением зон ВОЗ только для района 2 (рис. 6). Они включают большинство высокосейсмичных участков на его территории.

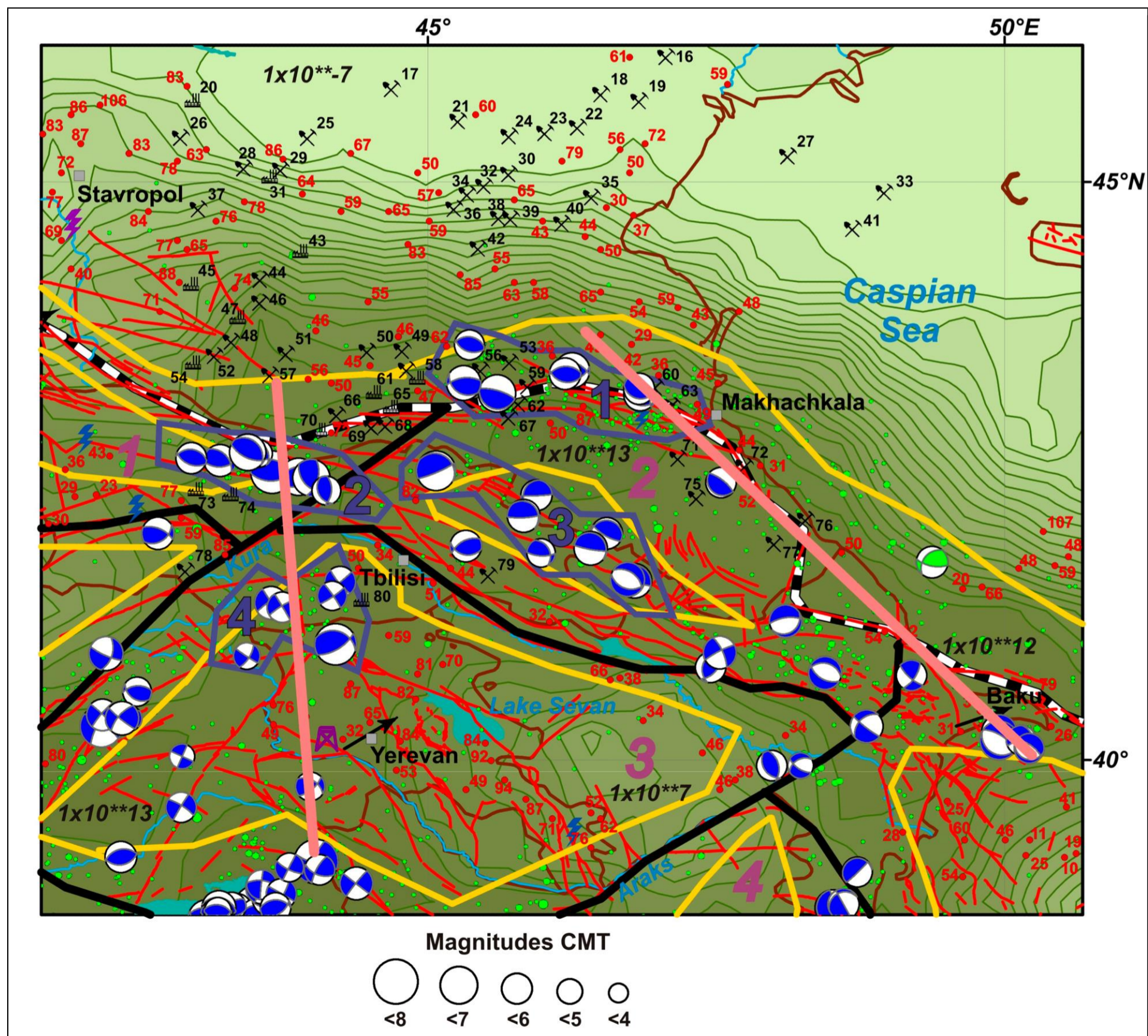


Рис. 6. Зоны возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) в пределах горнопромышленного района 2 (тёмно-синие линии) и сейсмические трансекты через наиболее сейсмоактивные участки территории этого района (толстые розовые линии). Под рисунком шкала магнитуд землетрясений, показанных с решениями их механизмов, по данным СМТ 2017. Остальные условные обозначения см. на рис. 1–3

Для установления интенсивности сейсмичности и глубины гипоцентров землетрясений по данным NEIC 2017 и СМТ 2017 на

ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
 В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

наиболее геодинамически напряженных участках района 2 рассмотрим вначале сейсмические трансекты, пересекающие его. Западный трансект (см. **рис. 6**) проходит в северо-северо-западном направлении от восточного окончания оз. Ван в Восточной Турции через западную Армению, Западную Грузию и Южную Осетию к западу от Цхинвали до столицы Кабардино-Балкарской Республики Нальчика. На юге этого трансекта по механизмам событий (**рис. 7**) устанавливается преобладание правосторонних сдвигов с глубиной гипоцентров от 5 до 75 км, которые севернее в районе границы Армении и Грузии сменяются на левосторонние и относительно неглубокие надвиги (около 10 км). Судя по тому, что они расположены в полосе шириной 60 км или немного более, эти разломы довольно круто наклонены к югу. М в эпицентрах достигает 6,0–7,0. Уровень высвобождающейся энергии 10^{10} – 10^{12} Дж. На этом участке трансект пересекает зону крупнейшего в Малой Азии правостороннего Северо-Анатолийского разлома.

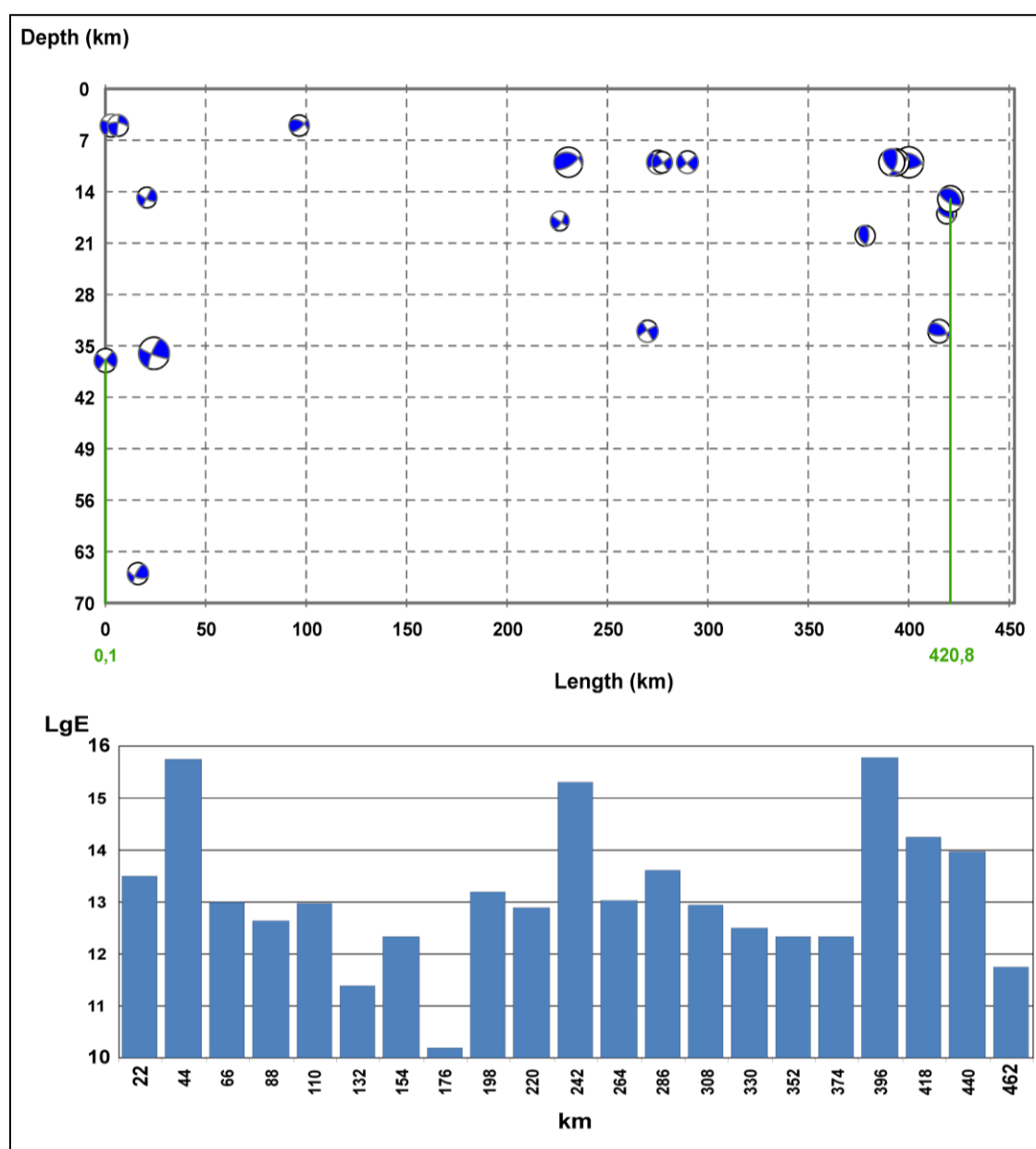


Рис. 7. Западный сейсмический трансект (координаты южной точки $44,066^\circ$ в.д. и $38,914^\circ$ с.ш., северной точки $43,744^\circ$ в.д. и $42,975^\circ$ с.ш.). Вверху глубинный сейсмический разрез вдоль трансекта через Восточную Турцию, Западную Армению и Западную Грузию, Южную и Северную Осетию, Кабардино-Балкарскую Республику (см. **рис. 6**) с механизмами землетрясений в гипоцентрах, по данным СМТ 2017, внизу график диссипации высвобождающейся энергии в джоулях в логарифмическом вертикальном масштабе вдоль того же трансекта, по данным NEIC 2017, в полосе по 30 км в обе стороны от линии трансекта. На всех графиках (**рис. 7, 8**) север находится справа. Обозначения магнитуд см. на **рис. 6**

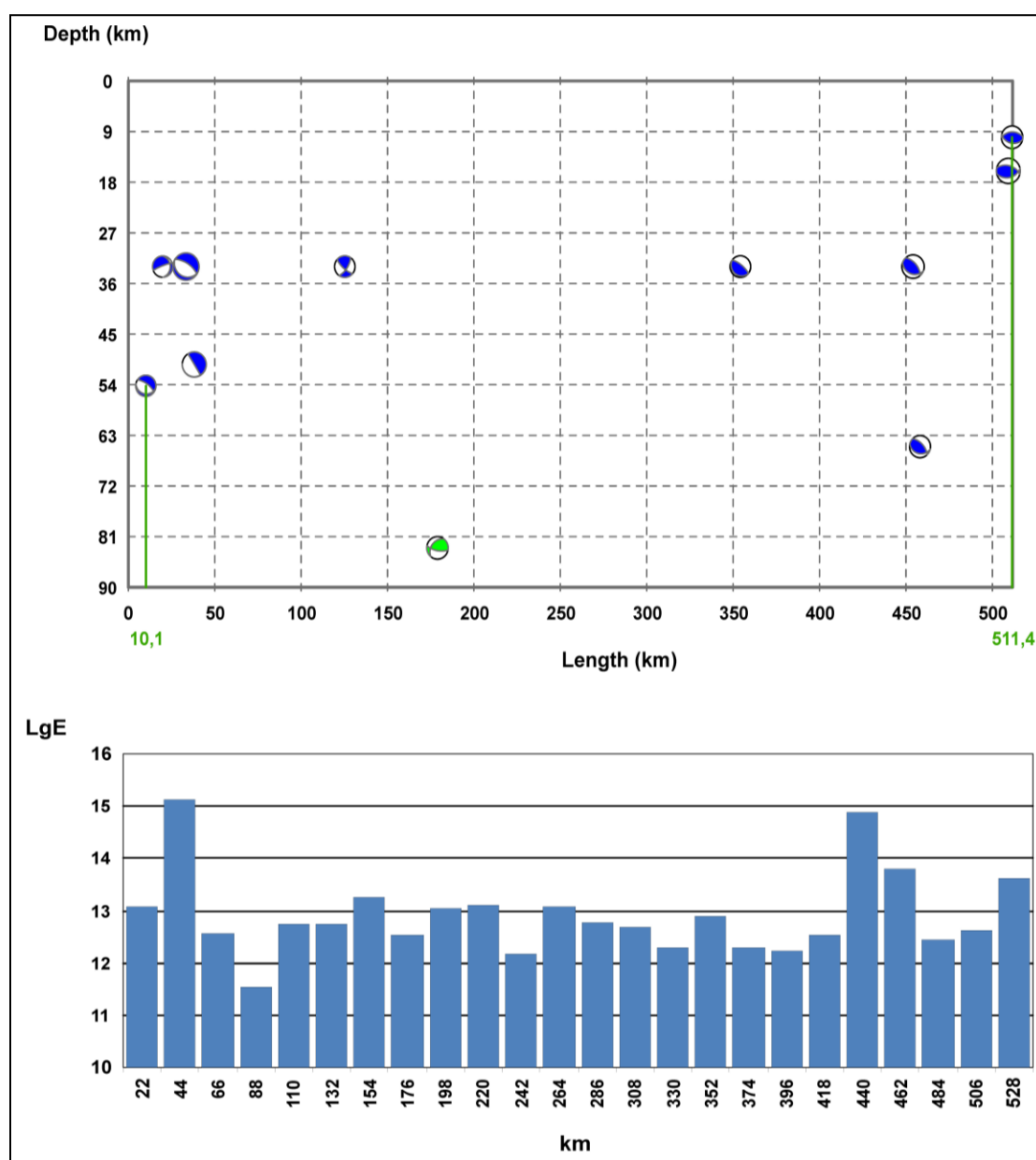


Рис. 8. Восточный сейсмический трансект (координаты южной точки $50,235^\circ$ в.д. и $40,042^\circ$ с.ш., северной точки $46,429^\circ$ в.д. и $43,645^\circ$ с.ш.) вдоль побережья Каспийского моря от г. Баку через складчато-надвиговые структуры Северного Азербайджана и Восточного Дагестана. Вверху глубинный сейсмический разрез вдоль трансекта (см. **рис. 6**) с механизмами землетрясений в гипоцентрах, по данным СМТ 2017, внизу график диссипации высвобождающейся энергии в джоулях в логарифмическом вертикальном масштабе вдоль того же трансекта, по данным NEIC 2017, в полосе по 30 км в обе стороны от линии трансекта

На СЗ в пределах Западной Грузии, обеих Осетий и Кабардино-Балкарской Республики по механизмам событий преобладают сжатия, отвечающие преимущественно надвигам к ССВ. Это пограничная зона Главного Кавказского хребта и Малокавказского блока. Глубина гипоцентров 10–20 км, единичные до 33 км. М в эпицентрах до 6–7 высвобождающаяся энергия до 10^{12} – 10^{13} Дж. На графике диссипации максимумы сейсмической энергии совпадают со сдвигами на границе Турции и Армении, с Северо-Анатолийским разломом и с пограничной зоной Малого и Большого Кавказа.

Восточный трансект (**рис. 6**) начинается вблизи г. Баку, далее пересекает восток Азербайджана вдоль побережья Каспийского моря и заканчивается на границе Северного Дагестана и Чеченской Республики в районе г. Гудермес. Характер сейсмичности вдоль этого трансекта представлен на **рис. 8**. На ЮВ в районе Баку преобладают сбросы с опущенными юго-западными крыльями (М 5,0–6,0), связанные, по-видимому, с северо-восточной границей Куринской впадины. Надвиг к северу с М 5,2 отмечен в акватории Каспия на глубине 83 км. На СЗ в пограничных частях Дагестана и Чечни устанавливаются надвиги северо-западного и запад-северо-западного простирания как к северу, так и к югу на глубинах от 10 до 65 км с М от 5,0 до 6,0. На протяжении всего трансекта отмечается весьма высокий уровень высвобождающейся энергии до 10^{12} – 10^{13} Дж. Максимумы приурочены к северной границе Куринской впадины и к главному кавказскому надвигу в районе Гудермеса.

Вернемся к зонам ВОЗ. Первая из них выделена на севере района 2 в предгорьях Главного Кавказского хр. к ЗСЗ от Махачкалы. Она протягивается в запад-северо-западном направлении через Хасавюрт и Грозный, заканчиваясь к северу от Назрани, частично совпадая с границей Северо-Евразийской плиты и блока Восточного Кавказа (см. **рис. 6**). Длина зоны 200 км, ширина

ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

35–60 км. Максимальные значения высвобождающейся энергии достигают здесь 10^{10} – 10^{13} Дж. В зоне развиты согласные со структурой запад-северо-западные протяженные надвиги к северу, на юге зоны отдельные к югу, с M 4,9–5,9 в эпицентрах и поперечные к ним более короткие северо-восточные сдвиги. Вторая зона ВОЗ выделена нами на границе блоков Западного и Восточного Кавказа в пределах территории Южной Осетии, Грузии и прилегающих районов Северной Осетии и Кабардино-Балкарской Республики. Она начинается к востоку от Цхинвали и проходит примерно в том же направлении, что и предыдущая, заканчиваясь на СЗ Грузии в верховьях р. Риони. Длина её 170 км, ширина в разных пересечениях от 40 до 70 км. Уровень сейсмической энергии 10^{11} – 10^{13} Дж. По результатам построения сейсмических разрезов через западный трансект (**рис. 7**) здесь преобладают надвиги к северу и СВ, реже к западу. M достигают 5,9.

Третья зона ВОЗ проходит от г. Шеки на СЗ Азербайджана в северо-западном направлении через верховья р. Алазань до с. Казбеги на севере Грузии. Длина зоны 230 км, ширина в разных пересечениях 20–50 км. Уровень сейсмической энергии 10^{10} – 10^{13} Дж. На всём своем протяжении эта зона ВОЗ совпадает с системой северо-западных надвигов к северу, отделяющих Главный Кавказский хребет от Малого Кавказа. M в этой зоне достигают 4,0–6,0. Данные СМТ 2017 подтверждают преобладание надвигов. Лишь на крайнем ЮВ в Азербайджане возможно появление сбросов с опущенными в сторону Куринской впадины южными крыльями. Четвёртая зона ВОЗ имеет очертания, близкие к изометричным. Длина её в северо-восточном пересечении 125 км, ширина от 50 до 100 км. В ней преобладают правосторонние сдвиги и надвиги к северу. Уровень высвобождающейся в зоне энергии 10^{10} – 10^{11} Дж, возможные M событий 5,99–7,0.

Отметим, что наряду с анализом интенсивности высвобождающейся сейсмической энергии и кинематики перемещений по активным разломам существуют другие методы определения мест возможного возникновения сильных землетрясений. Одним из них является морфоструктурный анализ территории с выделением путем применения распознавания образов зон пересечений крупных разломов, в которых возможно возникновение эпицентров сильных землетрясений [Gorshkov et al. 2003]. На основе этого подхода был рассмотрен регион Кавказа с пороговым значением магнитуды сильных землетрясений $M = 6$ [Соловьёв и др. 2013, 2016]. В частности, в этих исследованиях впервые использованы данные по литосферным аномалиям магнитного поля, и показана их информативность при решении подобных задач. Распознанные в этих работах места возможного возникновения землетрясений с $M \geq 6$ на Кавказе согласуются с выделенными выше (**рис. 6**) четырьмя зонами ВОЗ.

Проведённое исследование позволяет дать следующие рекомендации.

1. Расположение населенных пунктов и горнопромышленных предприятий в установленных зонах проявления активных современных геодинамических процессов на юге Ставропольского края, в Дагестане и других республиках Предкавказья, а также в Восточной Грузии вызывает необходимость постоянного выполнения мониторинга интенсивности сейсмичности, прослеживание подвижек вдоль активных разломов путем повторных инструментальных замеров, выявление изменений во времени векторов GPS и увеличение плотности сети геофизических наблюдений до достижения уровня, имеющегося в США и развитых европейских странах.

2. При проектировании новых предприятий, АЭС и других электростанций целесообразно избегать межблоковых зон, к которым, как правило, приурочена максимальная сейсмическая активность. Методика их выделения рассмотрена в ряде публикаций [Gatinsky et al. 2009, 2011; Гатинский и др. 2014, 2015]. Объемы энергии в наиболее активных из таких зон, расположенных на рассмотренной территории и вблизи неё, показаны в таблице в **Приложении 2** к статье.

3. Детальный совместный анализ геодинамики и геофизики сейсмоактивных зон Предкавказья, Северо-Восточного Кавказа, прилегающих районов Закавказья и Западного Казахстана с информационной обработкой полученных данных в ArcGIS может многократно снизить степень риска для народного хозяйства и жизни людей, связанного с сейсмогенными природными катастрофами, в том числе для стратегически важных энергетических и горнопромышленных объектов в таких зонах.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Горно-обогатительные и добывающие предприятия северной части Каспийского региона

№ Пп.	Координаты		Тип	Комментарий
	широта	долгота		
1.	49,782	45,299	ДОБ	ТПП "Волгограднефтегаз" АО "РИТЭК" — добыча углеводородов на Антиповско-Балыклейском и Речном нефтегазоносных месторождениях в Волгоградской области
2.	49,379	43,348	ДОБ	ООО "Перекопский известняковый карьер-Задонье" — разработка месторождения карбонатных пород в Волгоградской области
3.	48,889	44,606	ДОБ	ОАО "Волжский абразивный завод" — разработка Орловского-1 месторождения абразивных песков в Волгоградской области
4.	48,871	44,487	ДОБ	ЗАО "Орловский песчаный карьер" — добыча и реализация строительного песка в Волгоградской области. Рядом АО "Спецнефтематериалы" - добыча кварцевого песка
5.	48,810	44,772	ГОК	ОАО "Волжский абразивный завод" — производство карбида кремния, выпуск шлифматериалов и абразивного инструмента в Волгоградской области

Приложение 1 (продолжение)

**ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
 В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

№ Пп.	Координаты		Тип	Комментарий
	широта	долгота		
6.	48,492	44,626	ГОК	ООО "Лукойл-Волгограднефтепереработка" – нефтеперерабатывающий завод в Волгоградской области. Выпуск топлива и компонентов масел путём переработки смеси малосернистых западносибирских и нижневолжских нефтей
7.	48,460	44,502	ДОБ	ОАО "Чапурниковские формопески" в Волгоградской области – разработка карьеров и добыча сухого песка
8.	48,457	44,794	ДОБ	ООО "МагМайн" – рассолопромысел на Светлоярском месторождении каменной соли и бишофита в Волгоградской области. Добыча хлорнатриевых и хлормagneиевых солей методом подземного выщелачивания через скважины
9.	48,439	44,261	ДОБ	ООО "МагМайн" – Наримановское месторождение бишофита в Волгоградской области, подготавливаемое к освоению
10.	48,249	44,368	ДОБ	АО "Российская инновационная топливно-энергетическая компания" (АО РИТЭК, дочерняя компания ПАО "Лукойл") – добыча сырой нефти на Южно-Плодовитенском месторождении в Калмыкии
11.	48,231	46,835	ГОК	ООО "Руссоль" – солефабрика Баскунчакского месторождения самосадочной соли в Астраханской области. Рядом карьер по добыче гипса ЗАО "КНАУФ Гипс Баскунчак" (Нижне-Баскунчакское месторождение)
12.	47,717	43,359	ГОК	ООО "ЕвроХим-ВолгаКалий" – освоение и разработка Гремячинского месторождения калийных солей в Волгоградской области, Ведется строительство шахт и перерабатывающих предприятий
13.	47,426	46,100	ДОБ	АО "Газпром газораспределение Элиста" – добыча газа на Совхозном и Ики-Бурульском месторождениях в Калмыкии
14.	46,764	48,102	ГОК	ООО "Газпром добыча Астрахань" (дочернее предприятие ПАО "Газпром") – единый комплекс по добыче и подготовке пластовой смеси на Астраханском газоконденсатном месторождении с выработкой товарной продукции
15.	46,472	44,838	ДОБ	ООО "Карьер "Чолун Хамур" – добыча пильного камня из известняков-ракушечников в Калмыкии
16.	46,087	47,068	ДОБ	Индивидуальный предприниматель (ИП) Тюмбеев В.П. – разработка месторождения осадочной соли на оз. Малое Басинское в Астраханской области
17.	45,807	44,689	ДОБ	АО "Газпром газораспределение Элиста" – добыча газа на Ики-Бурульском месторождении в Калмыкии
18.	45,762	46,504	ДОБ	Нефтяная компания ООО "ЕвроСибОйл" – добыча нефти на Тенгутинском участке в Калмыкии
19.	45,703	46,835	ДОБ	АО РИТЭК (дочерняя компания ПАО "Лукойл") – добыча сырой нефти на участке Олейниковский в Астраханской области
20.	45,703	42,962	ГОК	АО "Комбинат производственных предприятий Ипатовский" в Ставропольском крае. Производство керамзитового гравия и железобетонных изделий на Центральном участке Ипатовского месторождения керамзитовых глин. Рядом ЗАО "Алеврит" – кирпичный завод, производитель керамических материалов и кирпича
21.	45,530	45,266	ДОБ	ОАО "Саратовнефтегаз" – одно из крупнейших добывающих предприятий компании ПАО "НК Роснефть" (участок Баирский в Калмыкии)
22.	45,473	46,301	ДОБ	Нефтяная компания ООО "ЕвроСибОйл" – добыча нефти на 4-х участках месторождения Курганное в Калмыкии
23.	45,426	46,017	ДОБ	Нефтяная компания ООО "ЕвроСибОйл" является недропользователем 15 месторождений, находящихся в Черноземельском районе Республики Калмыкия. Добыча нефти на Надеждинском участке Дорожного месторождения
24.	45,398	45,708	ДОБ	Нефтяные компании ООО "ЕвроСибОйл" и "КомсомольскНефть" – добыча сырой нефти и попутного газа на Солянковом и Кумо-Маныческом участке в Калмыкии
25.	45,384	43,960	ДОБ	ГУП «Ипатовское ДРСУ» – добыча известняка на месторождении Кондрашенская балка Ставропольского края
26.	45,383	42,861	ДОБ	ООО «Ресурс-26» – разработка гравийных и песчаных карьеров (Петровское месторождение строительных песков Ставропольского края)
27.	45,225	48,121	ДОБ	ООО «Каспийская нефтегазовая компания» – Западно-Ракушечный участок на шельфе Каспийского моря (разведывается)
28.	45,122	43,408	ДОБ	ООО «Агропромэнерго» – добыча, переработка и поставки фракционированных сухих кварцевых песков на карьере Благодарненского месторождения Ставропольского края
29.	45,106	43,727	ДОБ	ООО «Агропромэнерго» – добыча, переработка и поставки фракционированных сухих кварцевых песков на карьере Спасского месторождения Ставропольского края. Рядом ООО "Кристалл" – добыча кварцевых песков в северной части Спасского месторождения
30.	45,073	45,703	ДОБ	Нефтяная компания ООО "ЕвроСибОйл" – добыча нефти на Майли-Харанском участке в Калмыкии
31.	45,046	43,631	ГОК	ООО "Силикс микс продакшн" – добыча известняка на собственном месторождении Бурлацкое Ставропольского края. Рядом ООО "СМ" – завод известняковой муки группы компаний "SILIX"
32.	44,967	45,489	ДОБ	ПАО "НК "Роснефть" – добыча сырой нефти на Плавненском месторождении Ставропольского края
33.	44,914	48,958	ДОБ	ООО "Лукойл – Нижневолжскнефть" (ПАО "Лукойл") – добыча углеводородного сырья на нефтегазоконденсатном месторождении им. Ю. Корчагина, расположенном в российском секторе дна Каспийского моря на глубине 11–13 м
34.	44,896	45,343	ДОБ	ПАО "НК "Роснефть" – добыча сырой нефти на Зимне-Ставкинско-Правобережном месторождении Ставропольского края
35.	44,871	46,424	ДОБ	ООО "Энерго Холдинг" – добыча нефти и попутного газа на участке Хрюгский в Дагестане
36.	44,770	45,231	ДОБ	ПАО "НК "Роснефть" – добыча сырой нефти на Озек-Суатском месторождении Ставропольского края
37.	44,766	43,015	ДОБ	ГУП "Александровское дорожное ремонтно-строительное управление" – добыча песка на месторождении Голубинское-2 Ставропольского края. Рядом ООО "ТехноСтрой" – добыча кирпично-черепичных глин на Александровском месторождении

Приложение 1 (продолжение)

**ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
 В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

№ Пп.	Координаты		Тип	Комментарий
	широта	долгота		
38.	44,692	45,620	ДОБ	ПАО "НК "Роснефть-Дагнефть"" — добыча сырой нефти на Южно-Сухокумском и Восточно-Сухокумском месторождениях в Дагестане
39.	44,682	45,724	ДОБ	ПАО "НК "Роснефть-Дагнефть" — добыча сырой нефти на Мартовском месторождении в Дагестане
40.	44,641	46,166	ДОБ	ПАО "НК "Роснефть-Дагнефть"" — добыча сырой нефти на Южно-Таловском месторождении в Дагестане. Рядом Юбилейное и Центральное месторождения
41.	44,598	48,685	ДОБ	ООО "Лукойл-Нижневожжскнефть" (ПАО "Лукойл") — добыча нефти и попутного газа на месторождении им. В. Филановского на дне Каспийского моря на глубине 7–11 м
42.	44,427	45,440	ДОБ	ПАО "НК "Роснефть — Дагнефть" — добыча сырой нефти на Граничном и Тюбинском месторождениях в Дагестане,
43.	44,399	43,896	ГОК	ООО "Зеленокумский кирпичный завод № 2" — добыча глин на Зеленокумском месторождении в Краснодарском крае
44.	44,156	43,553	ДОБ	ООО "Георгиевский кирпичный завод" — добыча глин в карьере Шаумян-Георгиевского месторождения суглинков Ставропольского края
45.	44,114	42,947	ГОК	ОАО "Гидрометаллургический завод" Ставропольского края. Один из основных производителей минеральных удобрений на Северном Кавказе
46.	43,959	43,548	ДОБ	Зольский балластный карьер ОАО "Севкавдорстрой" — добыча песчано-гравийной смеси на Зольском месторождении в Ставропольском крае
47.	43,829	43,352	ГОК	ООО "Промстройинвест" — разработка Малкинского песчано-гравийного карьера Ставропольского края (крупнейшее в Северо-Кавказском Федеральном округе РФ предприятие по производству строительных нерудных материалов). Рядом ЗАО "Пятигорское карьероуправление" по разработке гравийных и песчаных карьеров
48.	43,624	43,302	ДОБ	ООО "Тутукуь" — разработка Заюковского месторождения пильных камней в Кабардино-Балкарской Республике. Рядом ООО "ЧегемТуф" — Лечинкайское месторождение облицовочных камней
49.	43,542	44,784	ДОБ	ОАО "РН "Ингушнефть" (дочернее предприятие "Роснефти") — добыча нефти на Малгобек-Вознесенском и Карабулак-Ачалукском месторождениях в Ингушетии
50.	43,537	44,475	ДОБ	ОАО "Каббалкнефтетоппром" — разработка Ахловского нефтяного месторождения в Кабардино-Балкарской Республике
51.	43,514	43,772	ДОБ	ОАО "Горняк" — добыча декоративного и строительного камня, известняка, гипса, мела и сланцев (Урванское-1 месторождение) в Кабардино-Балкарской Республике
52.	43,499	43,151	ДОБ	ООО "Каббалкгипс" — разработка Бедыкского месторождения гипса в Кабардино-Балкарской Республике
53.	43,443	45,713	ДОБ	ПАО Нефтяная компания "Роснефть" (ПАО НК "Роснефть") — разработка Горячеисточненского (Ястребиное) нефтегазового месторождения в Чеченской Республике
54.	43,435	42,967	ГОК	ООО "Каббалкгипс" — производство гипса в Кабардино-Балкарской Республике
55.	43,377	44,820	ДОБ	ОАО "РН "Ингушнефть"" — добыча нефти на Карабулак-Ачалукском месторождении в Ингушетии
56.	43,372	45,463	ДОБ	ПАО Нефтяная компания "Роснефть" (ПАО НК "Роснефть") — добыча нефти на Старогрозненском месторождении в Чеченской Республике
57.	43,332	43,635	ДОБ	ООО "НалМин Индастри" — разработка Герпегежского месторождения формовочных материалов в Кабардино-Балкарской Республике
58.	43,305	44,911	ГОК	ГУП "Ингушское карьероуправление" — добыча и переработка нерудных строительных материалов (глина, песок, гравий) на Малгобекском и Карабумском месторождениях в Ингушетии
59.	43,234	45,866	ДОБ	ПАО Нефтяная компания "Роснефть" (ПАО НК "Роснефть") — разработка Гойт-Кортовского нефтегазового месторождения в Чеченской Республике
60.	43,209	46,911	ДОБ	АО "Дагнеруд" — производство нерудных материалов (щебень, песок и другие) на базе Чирюртовского песчано-валуно-галечникового месторождения в Дагестане. Рядом ООО "КизилюртНеруд", ЗАО "Щебзавод-1", ООО "Роснеруд" — 17 карьеров по добыче камня, щебня, песчано-гравийной смеси
61.	43,179	44,532	ГОК	ОАО "Первая нерудная компания" — Бесланский щебеночный завод в Сев. Осетии. Производство щебня на базе Ново-Бесланского месторождения
62.	43,081	45,788	ДОБ	АО "Чеченцемент" — производство строительных материалов на базе Дуба-Юртовского месторождения цементного сырья в Чеченской Республике
63.	43,065	47,114	ДОБ	ОАО "ГОК "Серное" — месторождение кварцевых песчаников Серное в Дагестане. Добыча абразивных материалов, асбеста, кремнеземистой каменной муки, природных графитов, мыльного камня (талька), полевого шпата
64.	43,051	44,687	ГОК	ОАО "Электроцинк" ОАО "Уральская горно-металлургическая компания" (УГМК) в Сев. Осетии — одно из крупнейших предприятий цветной металлургии России
65.	43,045	44,687	ГОК	ОАО "Победит" — одно из ведущих предприятий по производству продукции из вольфрама, молибдена и твердых сплавов
66.	42,984	44,214	ДОБ	ООО "УГМК-Цемент" — разработка Алагирского месторождения цементного сырья в Сев. Осетии
67.	42,964	45,704	ДОБ	АО "Чеченцемент" — производство строительных материалов на базе Черногорского месторождения известняка (цементное сырье — карбонатные компоненты) в Чеченской Республике
68.	42,895	44,636	ДОБ	ОАО "Кавдоломит" — добыча и переработка доломита Боснинского месторождения для стекольной промышленности в Сев. Осетии. Рядом АО "Терский известковый завод" — добыча известняков на Длиннодолинском месторождении

Приложение 1 Продолжение)

**ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
 В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

№ Пп.	Координаты		Тип	Комментарий
	широта	долгота		
69.	42,882	44,515	ДОБ	ООО "Гранит-Ир" — разработка Геналдонского месторождения облицовочных камней в Сев. Осетии
70.	42,852	44,057	ГОК	ООО "Мизурская обогатительная фабрика" государственного унитарного предприятия «Базисный склад» в Сев. Осетии. Переработка промпродукта из ОАО «Электроцинк». Здесь же ООО "Мизурский известняк" – добыча известняка, гипсового камня и мела,
71.	42,611	47,173	ДОБ	ООО "Родник" — добыча декоративного и строительного камня, известняка, гипса, мела и сланцев в Дагестане
72.	42,542	47,748	ДОБ	Производственный кооператив "Губден" — разработка Шамшаарского месторождения известняка-ракушечника в Дагестане
73.	42,340	42,989	ГОК	"Saqnakhshiri" дочерняя компания "Georgian Industrial Group" в Грузии — добыча и обогащение каменного угля
74.	42,294	43,292	ГОК	ОАО "Концерн Грузгорнометаллургия Чиатурмарганец" в Грузии — добыча и обогащение марганцевой руды. Здесь функционируют шесть шахт по добыче марганца
75.	42,267	47,332	ДОБ	Недропользователи ИП Алиев К.М. и ИП Сайгидов М.С. — разработка Цуршурского месторождения известняков в Дагестане
76.	42,081	48,279	ДОБ	Производственный кооператив "Дагестанский комбинат строительных материалов" (ПК "ДКСМ") — месторождение известняка-ракушечника Дербентское 1. Рядом разрабатывается Первомайское месторождение известняка
77.	41,871	48,005	ДОБ	ООО "СУФИ-ДАГ" — разработка Хучнинского месторождения известняков в Дагестане
78.	41,638	42,904	ДОБ	"Saknakhshiri" дочерняя компания "Georgian Industrial Group" (Vale) — добыча бурого угля (в настоящее время шахта закрыта)
79.	41,599	45,527	ДОБ	Предприятие Frontera Eastern Georgia (совместное с АО "Грузнефть") — добыча и реализация газа на месторождении Мцарехеви
80.	41,382	44,425	ГОК	Горно-обогатительный комбинат "Маднеули" в Грузии по добыче и обогащению медных и полиметаллических руд. Применяет технологии, обеспечивающие высокую степень извлечения золота из руды, но отравляет атмосферу Болнисского и Марнеульского района, воды рек Машаверы и Кура
81.	48,581	57,121	ДОБ	АО "СНПС-Актобемунгаз" — осуществление деятельности на нефтегазовом месторождении Кенкияк
82.	48,521	51,821	ДОБ	ТОО "ТУЗ" — разработка месторождения самосадочной натриевой соли "Озеро Индер"
83.	48,248	57,315	ДОБ	АО "СНПС-Актобемунгаз" — осуществление деятельности на нефтегазоконденсатном месторождении Жанажол. Рядом ТОО "Урихтау Оперейтинг" АО НК "КазМунайГаз" — разведка и добыча углеводородного сырья на месторождении Урихтау
84.	48,189	57,175	ДОБ	ТОО "Казахойл Актобе" – разработка нефтегазоконденсатных месторождений Алибекмола и Кожасай
85.	48,004	54,436	ДОБ	НГДУ "Кайнармунайгаз" АО "Эмбаунайгаз" — добыча нефти и газа (Б. Жоламанов)
86.	47,916	56,528	ДОБ	ТОО "КазахТуркМунай" — нефтепромысел "Каратобе"
87.	47,915	53,772	ДОБ	НГДУ "Кайнармунайгаз" АО "Эмбаунайгаз" — добыча нефти и газа (Уаз)
88.	47,878	56,897	ДОБ	ТОО "КазахТуркМунай — нефтепромысел "Лактыбай"
89.	47,874	53,620	ДОБ	АО "Матен Петролеум" — разработка месторождения нефти Матин
90.	47,718	54,144	ДОБ	НГДУ "Кайнармунайгаз" АО "Эмбаунайгаз" — добыча нефти и газа (Кенбай)
91.	47,350	52,977	ДОБ	НГДУ "Доссормунайгаз" АО "Эмбаунайгаз" — разрабатывает 8 месторождений: Восточный Макат, Ботакан, Северный Жолдыбай, Карсак, Алтыкуль, Байчунас, Кошкар, Южный Танатар. Имеет 4 цеха по добыче нефти и газа
92.	47,251	52,471	ГОК	Нефтеперерабатывающий завод "Болашак" Международного Совместного предприятия "Норт Каспиан Оперейтинг Компани Н.В." («НКОК Н,В,») — переработка нефти и газа, добываемых на месторождении Кашаган
93.	47,108	51,014	ДОБ	НГДУ "Жайыкмунайгаз" АО "Эмбаунайгаз" — добыча нефти на месторождении С, Балгимбаева, НГДУ имеет 4 цеха по производству нефти на 10 месторождениях
94.	47,071	51,922	ГОК	ТОО "Атырауский нефтеперерабатывающий завод"
95.	46,991	54,023	ГОК	НГДУ "Жылыоймунайгаз" АО "Эмбаунайгаз" — цех по подготовке и перекачке нефти ЦППН "Кульсары"
96.	46,894	53,486	ДОБ	АО "Каспий нефть" — разработка нефтегазового месторождения Айранколь
97.	46,586	54,132	ДОБ	НГДУ "Жылыоймунайгаз" АО "Эмбаунайгаз" — разработка месторождения Акинген
98.	46,436	52,269	ДОБ	Международное совместное предприятие "НКОК Н.В." — добыча нефти на супергигантском нефтегазовом месторождении Кашаган в Казахстанской зоне шельфа Каспийского моря
99.	46,153	53,383	ГОК	ТОО "Тенгизшевройл" — разработка одного из крупнейших в мире нефтегазовых месторождений Тенгиз и Корольевского. Нефтегазоперерабатывающий завод. Рядом АО "Матен Петролеум" разрабатывает месторождения Кокарна Восточная и Кара-Арна
100.	45,954	53,902	ДОБ	ТОО "КазахТуркМунай" — промышленная разработка месторождения Западный Елемес,
101.	45,903	53,289	ГОК	НГДУ "Жылыоймунайгаз" АО "Эмбаунайгаз" — переработка и перекачка нефти (ЦППН "Прорва") с 4 нефтяных месторождений (Западная Прорва, С. Нуржанова, Актобе, Досмухабетовское)
102.	45,758	53,924	ДОБ	ТОО "КазахТуркМунай" — промышленная разработка месторождений Восточное Сазтобе, Юго-Восточное Сазтобе, Северо-Восточное Сазтобе
103.	45,374	51,946	ДОБ	ПУ "Каламкасмунайгаз" АО "Мангистаумунайгаз" — разработка газонефтяного месторождения Каламкас
104.	45,161	51,701	ДОБ	"Buzachi Operating Ltd, " (Бузачи Оперейтинг Лтд.) — разработка газонефтяного месторождения Северные Бузачи

Приложение 1 Продолжение)

**ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
 В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

№ Пп.	Координаты		Тип	Комментарий
	широта	долгота		
105.	45,126	51,426	ДОБ	АО "Каражанбасмунай" АО "КазМунайГаз" — разработка месторождения Каражанбас
106.	44,837	53,944	ДОБ	"КаракудукМунай" (СП на паритетной основе "ЛУКОЙЛ Оверсиз" и индийской Mitall Investments) — освоение нефтяного месторождения Каракудук
107.	43,665	51,282	ГОК	ТОО "СП "CASPI BITUM" — переработка нефти с получением окисленных и модифицированных дорожных битумов
108.	43,537	52,161	ДОБ	ПУ "Жетыбаймунайгаз" АО "Мангистаумунайгаз" — разработка крупного нефтегазоконденсатного месторождения Жетыбай и 13 его спутниковых месторождений. Суммарные балансовые запасы нефти Жетыбайской группы месторождений составляют около 485,948 миллионов тонн
109.	43,443	52,783	ГОК	АО "Озенмунайгаз" АО "КазМунайГаз" — освоение нефтегазовых месторождений Узень и Карамандыбас. ТОО "Казахский газоперерабатывающий завод". Рядом нефтегазоконденсатное месторождение Тенге
110.	42,630	56,381	ДОБ	ПАО "Газпром" — освоение газоконденсатного месторождения «Шахпахты» в Узбекистане

Примечание. В таблице используются следующие сокращения:
 АО — Акционерное общество.
 ДОБ — Горнодобывающее предприятие.
 ГОК — Горно-обогатительный комбинат.
 ГУП — Государственное унитарное предприятие.
 ЗАО — Закрытое акционерное общество.
 ИП — Индивидуальный предприниматель.
 НГДУ — Нефтегазодобывающее управление.
 ООО — Общество с ограниченной ответственностью.
 ОАО — Открытое Акционерное Общество.
 ПАО — Публичное акционерное общество.
 ПК — Производственный кооператив.
 ПУ — Производственное управление.
 СП — Совместное предприятие.
 ТОО — Товарищество с ограниченной ответственностью.
 ТПП — Территориальное производственное предприятие.
 УГМК — Уральская горно-металлургическая компания.

Приложение 2

**Объемы сейсмической энергии, высвобождающейся в межблоковых зонах
 на территории Каспийского региона**

Границы блоков	Общая энергия, (Дж)	Длина границ, км	Удельная энергия, (Дж)
Вост. Понт — Малокавказский	1,96293x10**15	379,5	5,172x10**12
Вост.-Кавказский — СЕП	2,24797x10**14	503,2	4,467x10**11
Вост.-Кавказский — Малокавказский	2,24797x10**14	503,2	4,467x10**11
Южно-Каспийский — Иранский	2,48735x10**16	1224,3	2,032x10**13
Южно-Каспийский — СЕП	1,34440x10**16	978,6	1,374x10**13

Примечание. Полужирным шрифтом выделены межблоковые зоны и границы плит с удельной сейсмической энергией > 4.5x10¹² Дж.
 СЕП — Северо-Евразийская плита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуализированные ГИС-Пакеты оперативной геологической информации. (ГИС-Атлас «Недра России») [Электронный ресурс] // ВСЕГЕИ. 2018. 30 марта. Режим доступа: <http://atlaspacket.vsegei.ru/#cd72264b94f65dc414>.
2. Бугаев Е.Г., Калиберда И.В., Лавров И.М., Фихиева Л.М., Бенедик А.Л., Степанов В.В., Шварев С.В., Юнга С.Л. Оценка сейсмической опасности участков размещения ядерно- и радиационно-опасных объектов на основании геодинамических данных РБ-019-01. Госатомнадзор России, Москва, 2001.
3. Гатинский Ю.Г., Владова Г.Л., Прохорова Т.В., Рундквист Д.В., Соловьев А.А. Современная геодинамика горнопромышленных регионов европейской части России и ближнего зарубежья // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2014. Т. 5. Вып. 1. Ч. 1. [Электронный ресурс]. <http://www.j-spacetime.com/actual%20content/t5v1p1/index.php>.
4. Гатинский Ю.Г., Прохорова Т.В. К вопросу о современной геодинамике и сейсмичности Каспийского горнопромышленного региона [Электронный ресурс] // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2016. Т. 13. Вып. 1. Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov_r_e-ast13-1.2016.43.
5. Гатинский Ю.Г., Прохорова Т.В., Рундквист Д.В. Геодинамика и сейсмичность восточной части Центральной Азии // ДАН 2017.а. Т. 472. № 3. С. 333–336. DOI: 10.7868/S0869565217030173.
6. Гатинский Ю.Г., Прохорова Т.В., Рундквист Д.В. Зоны возникновения очагов землетрясений в Памиро-Тянь-Шаньском

**ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

- секторе Высокой Азии // ДАН. 2017.б. Т. 475. № 4. С. 439–443. DOI: 10.7868/S0869565217220170.
7. Гатинский Ю.Г., Прохорова Т.В., Рундквист Д.В., Соловьёв А.А. Современная геодинамика горнопромышленных регионов запада азиатской части России и ближнего зарубежья [Электронный ресурс] // Электронное научное издание *Альманах Пространство и Время*. 2015. Т. 8. Вып. 2. Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov_r_e-ast8-2.2015.81.
 8. Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В. Геодинамика Евразии – тектоника плит и тектоника блоков // *Геотектоника*. 2004. № 1. С. 3–20.
 9. Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В., Тюпкин Ю.С. Блоковая структура и кинематика Восточной и Центральной Азии по данным GPS // *Геотектоника*. 2005. № 5. С. 3–19.
 10. Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В., Тюпкин Ю.С. Блоковые структуры и кинематика Западной Евразии по данным GPS // *Геотектоника*. 2007. № 1. С. 30–42.
 11. Карта теплового потока территории СССР и сопредельных районов масштаба 1:10000000 / Ред. Я.Б. Смирнов. М.: Геологический институт АН СССР, Главное Управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1980.
 12. Комплект карт сейсмического районирования территории Российской Федерации масштаба 1:8000000 / Ред. В.Н. Страхов, В.И. Уломов. М.: НПП «Текарт», 2000.
 13. Месторождения нефти и газа [Электронный ресурс] // Нефтяники РФ – отраслевой ресурс нефтегазовой отрасли. Режим доступа: <http://www.nftn.ru/oilfields>.
 14. Осипов В.И., Суцев С.П., Ларионов В.И., Фролова И.И., Угаров А.Н. Атлас карт сейсмического и природного риска // Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений и техногенных катастроф, включая проблемы ускоренного развития атомной энергетики. Научные результаты, полученные в 2009–2011 годах при выполнении Программы № 4 фундаментальных исследований Президиума РАН / Ред. Н.П. Лаверов, отв. сост. А.Л. Собисевич. М.: ИФЗ РАН, 2011. С. 193–202, рис. 9.
 15. Соловьёв А.А., Новикова О.В., Горшков А.И., Пиотровская Е.П. Распознавание расположения потенциальных очагов сильных землетрясений в Кавказском регионе с использованием ГИС-технологий // ДАН. 2013. Т. 450. № 5. С. 599–601. DOI: 10.7868/S0869565213170222.
 16. Соловьёв Ал.А., Горшков А.И., Соловьёв Ан.А. Применение данных по литосферным магнитным аномалиям в задаче распознавания мест возможного возникновения землетрясений // *Физика Земли*. 2016. № 5. С. 1–7.
 17. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса. М.: ГЕОС, 2002. 225 с.
 18. Федеральное агентство по недропользованию «Роснедра». Российский федеральный геологический фонд «Росгеолфонд» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rfgf.ru/>.
 19. Erduran M., Çakır Ö., Tezel T., Şahin Ş., Alptekin Ö. "Anatolian Surface Wave Evaluated at GEOFON Station ISP Isparta, Turkey." *Tectonophysics* 434.1–4 (2007): 39–54. DOI 10.1016/j.tecto.2007.02.005.
 20. Gatinsky Yu.G., Prokhorova T.V., Rundquist D.V., Vladova G.L. "Zones of Catastrophic Earthquakes of Central Asia: Geodynamics and Seismic Energy." *Russ. J. Earth Sci.* 11.1 (2009): ES1001. DOI: 10.2205/2009ES000326.
 21. Gatinsky Yu., Rundquist D., Vladova G., Prokhorova T. "Up-to-date Geodynamics and Seismicity of Central Asia." *International Journal of Geosciences* 2 (2011): 1–12. Web. <<http://www.SciRP.org/journal/ijg>>. DOI: 10.4236/ijg.2011.21001.
 22. Gorshkov A., Kossobokov V., Soloviev A. "Recognition of Earthquake-Prone Areas." *Nonlinear Dynamics of the Lithosphere and Earthquake Prediction*. Eds. V.I. Keilis-Borok, A.A. Soloviev. Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag, 2003. 239–310. DOI 10.1007/978-3-662-05298-3_6.
 23. Kazmin V.G, Lobkovsky L.I., Tikhonova N.F. "Position of the Southern Marginal Suture of the East European Craton." *Doklady Earth Sciences* 437.1 (2011): 340–342. DOI 10.1134/S1028334X11030251.
 24. Stephenson R., Schellart W.P. "The Black Sea Back-arc Basin: Insights to Its Origin from Geodynamic Models of Modern Analogues." *Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform*. Eds. M. Sosson, N. Kaymakci, R.A. Stephenson, F. Bergerat and V. Starostenko, London: The Geological Society, 2010. 11–23. (Geological Society Special Publications, no. 340). DOI 10.1144/SP340.12.
 25. Tesauro M., Kaban M.K., Cloetingh S.A.P.L. "A New Thermal and Rheological Model of the European Lithosphere." *Tectonophysics* 476.3–4 (2009): 478–495. DOI 10.1016/j.tecto.2009.07.022.
 26. Wilde-Piórko M., Świeczak M., Grad M., Majdański M. "Integrated Seismic Model of the Crust and Upper Mantle of the Trans-European Suture Zone between the Precambrian Craton and Phanerozoic Terranes in Central Europe." *Tectonophysics* 481.1–4 (2010): 108–115. DOI 10.1016/j.tecto.2009.05.002.

Цитирование по ГОСТ Р 7.0.11–2011:

Гатинский, Ю. Г., Прохорова, Т. В., Рундквист, Д. В., Соловьёв, А. А. Современные тектонические движения и землетрясения в северной части Каспийского горнопромышленного региона [Электронный ресурс] / Ю.Г. Гатинский, Т.В. Прохорова, Д.В. Рундквист, А.А. Соловьёв // Электронное научное издание *Альманах Пространство и Время*. — 2018. — Т. 16. — Вып. 1–2. — Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov_r_e-ast16-1_2.2018.71. DOI 10.24411/2227-9490-2018-11071.

UP-TO-DATE TECTONIC MOVEMENTS AND EARTHQUAKES IN THE NORTHERN PART OF THE CASPIAN MINING REGION

Yury G. Gatinsky, D.Sc. (Geology and Mineralogy), RAS Vernadsky State Geological Museum (Moscow), Main Scientific Researcher

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7225-7073>

E-mail: yury-g-gatinsky@j-spacetime.com; yug@sgm.ru, gatinsky@gmail.com

Tatiana V. Prokhorova, M.Sc., RAS Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics (Moscow), Scientific Researcher

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-8829-2081>

E-mail: tatiana-v-prokhorova@j-spacetime.com; tatprokh@mitp.ru

Dmitry V. Rundquist, D.Sc. (Geology and Mineralogy), Professor, Academician of Russian Academy of Science, RAS Vernadsky State Geological Museum (Moscow), Main Scientific Researcher

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-8428-5936>

E-mail: dmitry-v-rundquist@j-spacetime.com; dvr@sgm.ru

Alexander A. Soloviev, D.Sc. (Physics and Mathematics), Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Director of RAS Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics (Moscow)

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-9359-2775>

E-mail: alexander-a-soloviev@j-spacetime.com; soloviev@mitp.ru

Most of the Caspian mining region includes the east of the Stavropol Territory, Volgograd and Astrakhan Regions, Russian republics of Kabardino-Balkaria, North Ossetia, Ingushetia, Chechenia, Kalmykia and Dagestan, as well as South Ossetia, Eastern Georgia and Western Kazakhstan. Also in immediate proximity to this region there are operating Rostov and Yerevan NPPs, and unfinished Aktau NPP on the Mangyshlak Peninsula in Western Kazakhstan. So, Northern part of Caspian mining region is characterized by high population density, developed infrastructure and communication means. There are large developed deposits of minerals, including oil and gas, offshore platforms at shelf zones of the Caspian Sea, as well as active and planned nuclear power plants and large hydro and thermal power plants. This makes studies in assessment and ways of reducing the consequences of modern tectonic movements and earthquakes in this areal especially relevant.

We carried out study within the framework of the 18th Program of the RAS Presidium "Natural Disasters and Adaptation Processes under Changing Climate and Nuclear Energy Development", started in 2015 under the supervision of the Academician N.P. Laverov; so, we represent here our result for 2015–2017. We pursued our researches of geodynamics and seismicity within three mining areas of the northern part of Caspian mining region: (i) South of the Volgograd Region, East of the Stavropol Territory, the Astrakhan Region, the Republic of Kalmykia, and North of the Republic of Dagestan, (ii) South of the Stavropol Territory, the Republics of Kabardino-Balkaria, North Ossetia, Ingushetia, Chechenia, Kalmykia and Dagestan, as well as South Ossetia and Eastern Georgia, (iii) Western Kazakhstan and the adjacent territory of Western Uzbekistan.

We carried out our study by the detail analysis of geological materials and space images within regions taking into account space-geodetic data (vectors of horizontal and vertical displacements in the ITRF system, <http://itrf.ensg.ign.fr/2014>) and model vectors for a relatively stable Eurasia in the system NNR_NUVEL_1A 2008), velocities and gradients of the latest and modern movements of the Earth's crust, parameters possible shifts. For each areal, we have constructed schemes showing the location of active faults relative to the location of mining enterprises, power plants and large mineral deposits, as well as of epicenters according to NEIC 2017 (<http://earthquake.usgs.gov/regional/neic/>) and CMT 2017 (<http://www.seismology.harvard.edu/>) with magnitude (M) from 4.0 to 7.9 and the distribution area of the volume of released seismic energy according to our calculations. We built our schemes in the ArcGIS system on the basis of the Electronic Geodynamic Globe (<http://earth.jssc.ru>), developed under the guidance of D.V. Rundquist and Yu.G. Gatinsky. The source for systematization of data on mining and processing enterprises and mining ones for Russian Federation and near abroad countries was the "Interior of Russia" GIS-Atlas (<http://atlaspacket.vsegei.ru>) and the websites "Oilmen of the Russian Federation" (<http://www.nftn.ru/oilfields>) and "Russian Federal Geological Foundation" (<http://www.rfgf.ru/>). In the course of our work, we prepared the map of two deep seismic sections and seismic energy dissipation diagrams through the seismically active zones of the Eastern Caucasus, and also identified seismic areas in the most seismically active area (includes South of the Stavropol Territory and Republics of Kabardino-Balkaria, North Ossetia, Ingushetia, Chechenia, Kalmykia and Dagestan, as well as South Ossetia and Eastern Georgia) with the mapping of zones of earthquake foci origin (EFO). We calculated volumes of releasing seismic energy and pinpointed their values on the each scheme; we also compiled the table for 110 mining objects of investigated regions, which we give at the end of our paper.

For the first region, the volumes of released seismic energy, according to our calculations, increase from north to south from 10^{*-7} J to 10^{*3} J, and in the local seismic structure to the north-north-east from Astrakhan to 10^{*-2} J. At the edges of this structure, clusters of epicenters with M 4.7-6.0 are observed, while only a few isolated epicenters with M 5.0-5.9 are established on the rest of the area. We assume that the slightly increased seismicity at the border of the Astrakhan region and Kazakhstan is partially associated with missile launches from the north-west of the Kapustin Yar space port. The values of the heat flux (HF) in the northern part of the region are 40-63 mW/m², increasing to 79-94 mW/m² south of the Dnieper-Donets aulacogen, which can explain, in addition to approaching the southern boundary of the plate, also a sharp decrease in crustal thickness and increased tectonic activity within the aulacogen. The largest HF values are up to 106-111 mW/m² and are installed in the south-west near Stavropol. Thus, area (i) is characterized by relatively insignificant modern tectonic activity with a low level of seismicity. Most of the enterprises of this region are in zone of low natural risk, although

**ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

the environmental situation there is a certain concern due to seasonal exogenous processes, primarily large floods in the basins of the middle reaches of the Don, the upper Kuban, as well as drought and dust storms in the Astrakhan Region and Kalmykia.

For the second region, most of the epicenters coincide with the active faults at the block boundaries, where the seismic level increases to $10^{11} \div 10^{13}$ J. According to mechanisms in the hypocenters (SMT 2017), faults and large north-west striking shifts developed in the northern and southern foothills of the Greater Caucasus, to a lesser extent in the Lesser Caucasus. Crosswise northeastern left-sided shifts are established within the Lesser Caucasus. Stretches are noted in the South Caspian deep basin and in the east of the Kura depression in Azerbaijan. The HF values for this area are 63-84 mW/m² at the southern boundary of the North Eurasian plate in the Stavropol Territory and Dagestan. The maximum values up to 88-97 mW/m² are noted to the south of the region in the south-western part of the South Caspian deep-water basin and in the Alborz Ridge in Iran. In Georgia, a small number of HF measurements show 28-59 mW/m², and in Azerbaijan it is of 22-96 mW/m² (maximum in the Kura Basin), in Armenia HF varies from 32 to 92-140 (maximum at Lake Sevan and north-west of it, along the Sevan Zone faults). The degree of individual natural risk in the Stavropol Territory varies from 0.1-1 to 2-5, and it is 1-10 in the south of Kalmykia and in the north of Dagestan, sharply increasing to the south to 30-100 (the extreme risk values for south of Dagestan rise to 100-150). Along the northern slope and the axial part of the Caucasian Ridge, some small areas with a risk > 150 are developed, especially in the south of Dagestan and in the south-east of the Chechen Republic. Analysis of the current state and our earlier studies (in 2011 and 2014) show that mining enterprises in the southern part of the Ciscaucasia and the Transcaucasian republics located in high seismic interblock zones and zones delimiting the blocks and the North Eurasian lithospheric plate are the most at risk in the area under consideration. For existing and planned NPPs, HPPs and TPPs, careful monitoring of the level of seismic activity and observance of protective measures in the construction of power facilities are necessary. The nuclear power plants in the region of Yerevan and hydroelectric power stations in the west of Georgia, Armenia and Dagestan are most at risk.

The zone of active north-western faults of the third area extends from the lower reaches of the Amu-Darya to the Mangyshlak Peninsula, crossing further the Caspian Sea. The level of seismicity in most of the region does not exceed $10^{-4} \div 10^{-7}$ J; they increase only in the extreme SW up to 10^{-9} J. in the northern part of the area (iii), HF is within 16-67 mW/m², but it increase to 69-89 in SE near the remains Aral Sea in Uzbekistan. Most of the enterprises of this area are located in zones of weak seismicity (no more than $1 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-5}$ J). We do not have official estimates of the degree of natural risk in the Central Asian countries. In the neighboring territory of the Russian Federation in the Orenburg region, the level of this risk is 2-5. On the territory of the mining area of Western Kazakhstan is the unfinished Aktau NPP. In case of its introduction into action, it is necessary to provide for protective measures, first of all, for oil and gas producing facilities on the Mangyshlak Peninsula.

Our conclusions are about EFO zones in northern part of the Caspian mining region and recommendations for enterprises protecting there. They are as follows:

(a) settlements and mining enterprises location in the identified areas of active modern geodynamic processes in the south of the Stavropol Territory, in Dagestan and other Ciscaucasian republics, as well as in Eastern Georgia, necessitates permanent monitoring of seismic intensity, tracing of movements along active faults by repeated instrumental measurements. It is also necessary to identify changes in the time of GPS vectors and increase the density of the network of geophysical observations to reach the level available in the US and developed European countries;

(b) when designing new enterprises, nuclear power plants and other power plants, it is expedient to avoid interblock zones, to which, as a rule, maximum seismic activity is confined (we considered the methodology for their isolation in a number of our publications of 2009, 2011, 2014, and 2015);

(c) detailed joint analysis of the geodynamics and geophysics of the seismically active zones of the Ciscaucasia, the Northeast Caucasus, the adjacent areas of Transcaucasia and Western Kazakhstan, with the information processing of the data obtained in ArcGIS, can significantly reduce the risk for the economy and people's life associated with seismogenic natural disasters, including for strategically important energy and mining facilities in such zones.

Keywords: Caspian mining region; seismic activity; tectonic mobility; earthquake; zones of origin of earthquake foci; seismic energy; heat flow; safety of industrial plants.

References:

1. A. Karpinsky All-Russian Scientific Research Geological Institute. "Up-to-date GIS-packages of Operational Geological Information ("Interior of Russia" GIS-Atlas)." *Website of A. Karpinsky All-Russian Scientific Research Geological Institute*. A. Karpinsky All-Russian Scientific Research Geological Institute, 30 Mar. 2018. Web. <<http://atlaspacket.vsegei.ru/#cd72264b94f65dc414>>. (In Russian).
2. Bugaev E.G., Kaliberda I.V., Lavrov I.M., Fikhieva L.M., Benedik A.L., Stepanov V.V., Shvarev S.V., Yunga S.L. *Seismic Hazard Estimation of Nuclear and Radiation-Hazardous Objects Location on the Basis of RB-019-01 Geodynamic Data*. Moscow: Gosatomnadzor of Russia Publisher, 2001. (In Russian).
3. "Deposits of Oil and Gas." *Oilmen of the Russian Federation: Sectorial Resource of Oil and Gas Industry*. N.p., n.d. Web. <<http://www.nftn.ru/oilfields>>. (In Russian).
4. Erduran M., Çakır Ö., Tezel T., Şahin Ş., Alptekin Ö. "Anatolian Surface Wave Evaluated at GEOFON Station ISP Isparta, Turkey." *Tectonophysics* 434.1-4 (2007): 39–54. DOI 10.1016/j.tecto.2007.02.005.
5. Gatinsky Yu.G., Prokhorova T.V. "On the Matter of Up-to-Date Geodynamics and Seismicity of the Caspian Mining Industrial Region." *Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time* 13.1 (2016). Web. <2227-9490e-aprov_r_e-ast13-1.2016.43>.
6. Gatinsky Yu.G., Prokhorova T.V., Rundquist D.V. "Geodynamics and Seismicity of the Eastern Part of Central Asia." *Doklady Earth Sciences* 472.3 (2017): 333–336. DOI: 10.7868 / S0869565217030173. (In Russian).

ГАТИНСКИЙ Ю.Г., ПРОХОРОВА Т.В., РУНДКВИСТ Д.В., СОЛОВЬЕВ А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКТНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

7. Gatinsky Yu.G., Prokhorova T.V., Rundquist D.V. "Zones of the Origin of Seismic Centers in the Pamir–Tien Shan Sector of High Asia." *Doklady Earth Sciences* 475.4 (2017): 439–443. DOI: 10.7868/S0869565217220170. (In Russian).
8. Gatinsky Yu.G., Prokhorova T.V., Rundquist D.V., Soloviev A.A. "Up-to-date Geodynamics of Mining Regions in the West of the Asian Part of Russia and Nearest Foreign Countries." *Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time* 8.2 (2015). Web. <2227-9490e-aprovr_e-ast8-2.2015.81>. (In Russian).
9. Gatinsky Yu.G., Prokhorova T.V., Rundquist D.V., Vladova G.L. "Zones of Catastrophic Earthquakes of Central Asia: Geodynamics and Seismic Energy." *Russ. J. Earth Sci.* 11.1 (2009): ES1001. DOI: 10.2205/2009ES000326.
10. Gatinsky Yu.G., Rundquist D.V. "Geodynamics of Eurasia: Plate Tectonics and Block Tectonics." *Geotectonics* 1 (2004): 3–20. (In Russian).
11. Gatinsky Yu.G., Rundquist D.V., Tyupkin Yu.S. "Block Structures and Kinematics of Eastern and Central Asia from GPS Data." *Geotectonics* 39.5 (2005): 3–19. (In Russian).
12. Gatinsky Yu.G., Rundquist D.V., Tyupkin Yu.S. "Block Structures and Kinematics of Western Eurasia According to GPS Data." *Geotectonics* 41.1 (2007): 30–42. (In Russian).
13. Gatinsky Yu., Rundquist D., Vladova G., Prokhorova T. "Up-to-date Geodynamics and Seismicity of Central Asia." *International Journal of Geosciences* 2 (2011): 1–12. Web. <<http://www.SciRP.org/journal/ijg>>. DOI: 10.4236/ijg.2011.21001.
14. Gatinsky Yu.G., Vladova G.L., Prokhorova T.V., Rundquist D.V., Soloviev A.A. "Up-to-date Geodynamics of Mining Regions in the European Part of Russia and Nearest Foreign Countries." *Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time* 5.1(1) (2014). Web. <2227-9490e-aprovr_e-ast5-1-1.2014.61>. (In Russian).
15. Gorshkov A., Kossobokov V., Soloviev A. "Recognition of Earthquake-Prone Areas." *Nonlinear Dynamics of the Lithosphere and Earthquake Prediction*. Eds. V.I. Keilis-Borok, A.A. Soloviev. Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag, 2003. 239–310. DOI 10.1007/978-3-662-05298-3_6.
16. Kazmin V.G., Lobkovsky L.I., Tikhonova N.F. "Position of the Southern Marginal Suture of the East European Craton." *Doklady Earth Sciences* 437.1 (2011): 340–342. DOI 10.1134/S1028334X11030251.
17. Official Website of "Rosnedra" Federal Agency for Subsoil Use. "Rosgeolfond" Russian Federal Geological Foundation. "Rosnedra" Federal Agency for Subsoil Use. "Rosgeolfond" Russian Federal Geological Foundation, n.d. Web. <<http://www.rfgf.ru/>>. (In Russian).
18. Osipov V.I., Sushchev S.P., Larionov V.I., Frolova I.I., Ugarov A.N. "Atlas of Maps of Seismic and Natural Risk." *Evaluation and Ways to Reduce the Negative Effects of Extreme Natural Phenomena and Man-made Disasters, Including the Problems of Accelerated Development of Nuclear Energy. The Scientific Results Obtained in 2009 – 2011 When Performing Program Number 4 of the RAS Presidium*. Eds. N.P. Laverov, and A.L. Sobisevich. Moscow: RAS Institute of Physics of the Earth Publisher, 2011, pp. 193–202. (In Russian).
19. Smirnov Ya.B., ed. *Map of Heat Flow at Territory of the USSR and at the Neighboring Regions of Scale 1:10000000*. Moscow: Geological Institute of the USSR Academy of Science Publisher, Main Department for Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR Publisher, 1980. (In Russian).
20. Soloviev A.A., Gorshkov A.I., Solovyov A.A. "Application of Lithospheric Magnetic Anomalies Data in the Recognition Problem of places of Earthquakes Possible Occurrence." *Physics of the Earth* 5 (2016): 1–7. (In Russian).
21. Soloviev A.A., Novikova O.V., Gorshkov A.I., Piotrovskaya E.P. "Recognition of the location of Strong Earthquakes Potential Foci in the Caucasus Region Using GIS-technologies." *Doklady Earth Sciences* 450.5 (2013): 599–601. DOI: 10.7868 / S0869565213170222. (In Russian).
22. Strakhov V.N., Ulomov V.I., eds. *A Set of Maps of Seismic Zoning of the Russian Federation Territory at a Scale of 1: 8000000*. Moscow: Tekart Publisher, 2000. (In Russian).
23. Stephenson R., Schellart W.P. "The Black Sea Back-arc Basin: Insights to Its Origin from Geodynamic Models of Modern Analogues." *Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform*. Eds. M. Sosson, N. Kaymakci, R.A. Stephenson, F. Bergerat and V. Starostenko, London: The Geological Society, 2010. 11–23. (Geological Society Special Publications, no. 340). DOI 10.1144/SP340.12.
24. Tesauro M., Kaban M.K., Cloetingh S.A.P.L. "A New Thermal and Rheological Model of the European Lithosphere." *Tectonophysics* 476.3-4 (2009): 478–495. DOI 10.1016/j.tecto.2009.07.022.
25. Trifonov V.G., Soboleva O.V., Trifonov R.V., Vostrikov G.A. *Contemporary Geodynamics of the Alpine-Himalayan Collision Belt*. Moscow: GEOS Publisher, 2002. (In Russian).
26. Wilde-Piórko M., Świeczak M., Grad M., Majdański M. "Integrated Seismic Model of the Crust and Upper Mantle of the Trans-European Suture Zone between the Precambrian Craton and Phanerozoic Terranes in Central Europe." *Tectonophysics* 481.1-4 (2010): 108–115. DOI 10.1016/j.tecto.2009.05.002.

Cite MLA 7:

Gatinsky, Yu. G., T. V. Prokhorova, D. V. Rundquist, and A. A. Soloviev "Up-to-date Tectonic Movements and Earthquakes in the Northern Part of the Caspian Mining Region." *Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time* 16.1–2 (2018). Web. <2227-9490e-aprovr_e-ast16-1_2.2018.71>. DOI 10.24411/2227-9490-2018-11071. (In Russian).