

УДК [550.34+550.461]:551.24(478.9)

Тектонические особенности и макросейсмическое поле юго-западной части Русской платформы

© 2020 г. К.Е. Морару

ИГС, г. Кишинёв, Республика Молдова

Аннотация. Рассмотрены тектонические особенности юго-западной части Русской (Восточно-Европейской) платформы (на примере территории Республики Молдова) и их отражение в гелиевом, макросейсмическом, гидрогеохимическом и геофизических полях. Обобщены современные представления о сеймотектонике зоны Вранча. Существенной оказалась детализация поля гелия в подземных водах для выделения древних и молодых тектонических разломов. Также приведена сравнительная карта тектонических разломов по материалам магнитной и гравитационной съёмки, а также по данным геолого-геоморфологической информации и поля гелия. На основе фактического материала землетрясения в зоне Вранча от 04.03.1977 г. составлены фоновая и локальная макросейсмические карты. Вид фоновой карты определяется мантийной неоднородностью и разломами древнего заложения с раздвиговой компонентой смещения. Молодые разломы, ориентированные перпендикулярно фронту сейсмической волны, создают положительные аномалии макросейсмического поля. Также молодые разломы, ориентированные по касательной к сейсмическому фронту, создают теневой эффект пониженной сотрясаемости. Локальная макросейсмичность связана со структурными особенностями верхней части осадочного чехла.

Ключевые слова: Русская платформа, разрывная тектоника, макросейсмическое поле.

Для цитирования: Морару К.Е. Тектонические особенности и макросейсмическое поле юго-западной части Русской платформы // Российский сейсмологический журнал. – 2020. – Т. 2, № 2. – С. 48–57. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.2.04>

Введение

Тектонические особенности литосферы юго-западной части Русской (Восточно-Европейской) платформы необходимо рассматривать с применением комплекса методов сейсмологии, геофизики и геохимии. Такой подход обеспечивает получение сравнительных характеристик разломной тектоники этого региона. Начало таких исследований заложено в работах [Бобринский и др., 1986, 1987]. Особое значение имеют исследования распространения гелия в геологической среде. Гелий является индикатором местоположения и простирания тектонических разломов в пределах юго-западной части Русской платформы [Морару, 2009]. Такие индикаторные свойства гелия имеют глобальный характер [Baumberger et al., 2018; Boles et al., 2015; Caracausi, Paternoster, 2015; McCrory et al., 2016].

Территория юго-западной части Русской платформы находится в зоне влияния землетрясений зоны Вранча (Румыния). Структура макросейсмического поля зависит от местоположения разломов, большинство из которых являются флюидопроводящими.

В настоящей статье приводится анализ тектонических особенностей изученной территории и их влияние на формирование макросейсмического поля.

Методика исследований и данные

Методика исследований включает: полевые работы, аналитические работы и компьютерное моделирование. Количество собственных химических анализов составляет около 2500 для подземных вод, более 3000 определений гелия в воде и в природном газе. Химические анализы воды выполнены по стандартным методикам. Гелий определён прибором ИНГЕМ-1 (точность определения – $5 \cdot 10^{-5}$ мл/л). Коэффициент контрастности поля (K_k) гелия рассчитан по формуле $K_k = [C/(FH)] \cdot 1000$ (C – содержание гелия, мл/л, F – фоновое содержание гелия, мл/л, H – глубина до кристаллического фундамента, м) [Морару, 2009]. По величине K_k были выделены: бесконтрастное поле гелия – БК ($K_k < 5$), слабо контрастные – С ($K_k = 5–25$), сильно контрастные – СК ($K_k = 25–120$) и весьма контрастные аномалии – ВК ($K_k > 120$).

Для выявления роли анизотропии геологической среды в общем суммарном макросейсмическом эффекте макросейсмическая карта землетрясения 4 марта 1977 г. (зона Вранча) была разделена на карты фоновых и локальных аномалий. Построение фоновой карты проводилось методом скользящего среднего с размером окна 1600 км^2 , превышающим размеры локальных макросейсмических аномалий. Карта локальных аномалий была получена путём вычитания фоновых значений из первичной карты макросейсмического поля.

Также обобщены геолого-гидрогеологические и геофизические (магнитные и гравиметрические) данные. В работе использованы архивные сведения Государственного агентства по геологии и минеральным ресурсам Молдовы (отчёты бурения разведочных скважин и геолого-гидрогеологические региональные разрезы). Обработка данных проведена с использованием современных количественных методов обработки геологической информации и картографирования. Были использованы пакеты компьютерных программ Microsoft 2016, SPSS14, Surfer-11.0, RockWorks 14.0 и CorelDraw 12.0.

Сеймотектоническая характеристика зоны Вранча

Зона Вранча входит в тройку известных и уникальных кластеров (гнезд) землетрясений на нашей планете, которая включает также зоны Букараманга (Колумбия) и Гиндукуша (Афганистан). Этот кластер землетрясений характеризуется изолированной сейсмичностью по сравне-

нию с прилегающими территориями и отличается среднефокусными землетрясениями с глубинами очагов $70\text{--}300 \text{ км}$ (рис. 1) [Prieto et al., 2012].

Зона Вранча, расположенная в Румынии на пересечении Южных и Восточных Карпат (рис. 1), является частью Альпийской складчатой системы [Koulakov et al., 2010]. Максимально возможная магнитуда землетрясений составляет около 8.0. Сейсмическое влияние землетрясений зоны Вранча распространяется от Греции до Финляндии и России.

Образование Альпийской складчатой системы началось в юрском периоде под влиянием коллизии трёх континентальных плит, а именно: Евроазиатской, Африканской и Арабской [Prieto et al., 2012]. Это привело к формированию Карпатского орогена и множества тектонических разломов различной ориентации.

Глубина гипоцентров землетрясений в зоне Вранча изменяется от первых до 170 км и более. Расстояние между гипоцентрами варьирует от первых до 250 км (рис. 1). Механизм формирования землетрясений в зоне Вранча, предположительно, связан с процессом отрыва фрагмента Евразийской тектонической плиты под Восточными Карпатами (рис. 2 [Sperner et al., 2001]). Исследователи [Koulakov et al., 2010] предлагают другой механизм формирования землетрясений, связанный с коллизией Евразийской и Арабской тектонических плит, и, как следствие, образования массива эклогитов. При достижении критической массы эклогита происходит резкий сдвиг, который инициирует землетрясение.

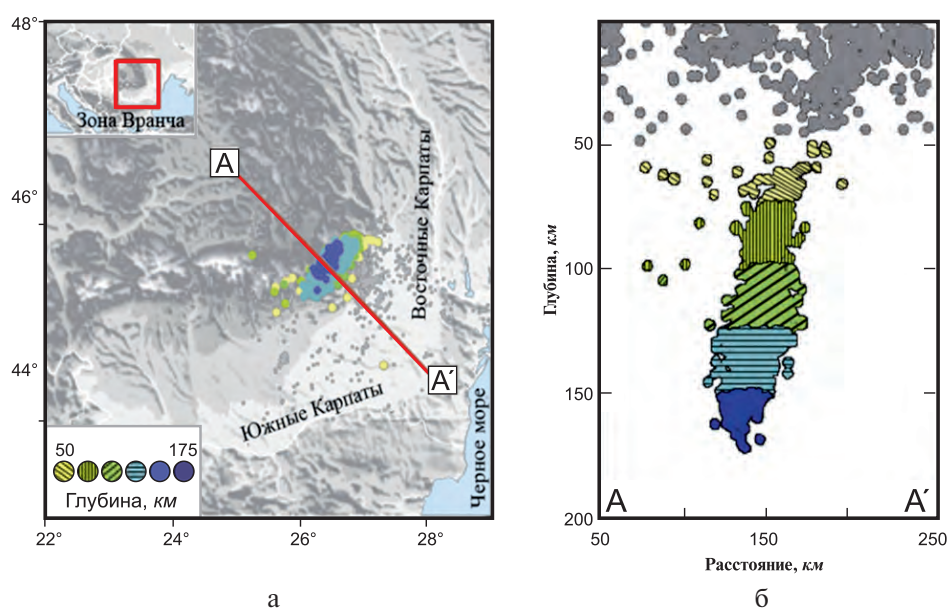


Рис. 1. Местоположение зоны Вранча (а) и разрез зоны по линии А–А' (б) [Prieto et al., 2012].

А–А' – линия разреза; глубина – глубина гипоцентра землетрясений, км

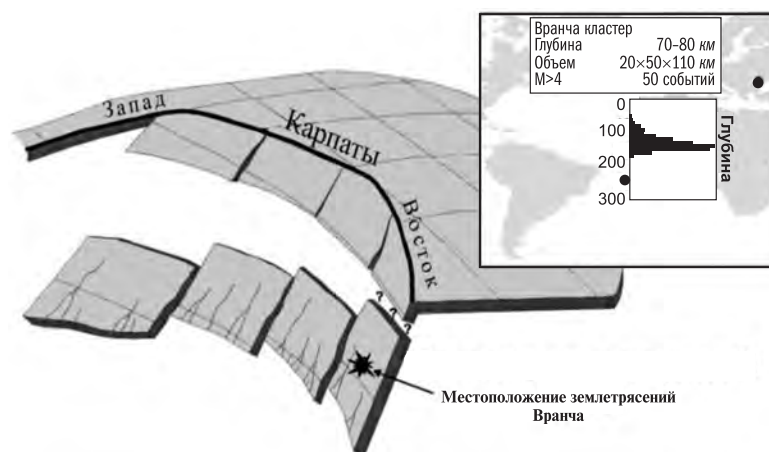


Рис. 2. Механизм формирования землетрясений зоны Вранча [Prieto et al., 2012]

Другие авторы [Гинтов и др., 2015] также предлагают новую концепцию механизма землетрясений зоны Вранча, полагая, что она представляет собой не петрологическое тело фрагмента океанической или континентальной плиты, а деформационную зону всестороннего сжатия, возникшую (*in situ*) в результате втискивания узкой и твёрдой части микроплиты Тиссия-Дакия. Это вызывает аномальное напряжённо-деформированное состояние локального участка Карпатской дуги, и, как результат, происходят землетрясения.

Необходимо отметить, что механизм землетрясений, включая зону Вранча, является дискуссионным вопросом в современной сейсмологии.

Поле гелия

Гелий определялся в подземных водах, в которых этот газ хорошо растворим. Анализ гелиевого поля по водоносным горизонтам юго-западной части Русской платформы показал преемственность расположения гелиевых аномалий по разрезу и в плане, что позволяет применить совмещённую карту для изучения гелиеносности водоносных горизонтов разного возраста [Морару, 2009]. Это даёт возможность использовать совмещённую карту гелиевого поля для изучения геологических структур вместе с геологическими и геофизическими материалами (рис. 3). Для детализации гелиеметрических построений использовался шаг сечения изолиний концентрации гелия в подземных водах до $100 \cdot 10^{-5}$ мл/л. Это дало возможность, с одной стороны, максимально рельефно отразить структуру гелиевого поля, а с другой — более точно оценить градиенты перепада значений содержания гелия.

Содержание растворённого гелия в подземных водах на территории Молдовы колеблет-

ся от 0.0 до $153000 \cdot 10^{-5}$ мл/л. Зоны с аномально высоким содержанием гелия оконтуривались на карте по изолинии $2000 \cdot 10^{-5}$ мл/л, а остальное поле было дифференцировано с детальностью до $100 \cdot 10^{-5}$ мл/л (рис. 3). Принятый шаг построения был также увязан с фоновыми и аномальными значениями растворённого гелия на основании логнормального закона распределения его концентраций. Для совмещённой карты поля гелия Молдовы, согласно статистическим расчётам с помощью метода доверительных интервалов, фоновые значения оказались равными $240 \cdot 10^{-5}$ мл/л и меньше, аномальные — больше этой величины.

По величине коэффициента контрастности выделяются слабоконтрастные и сильноконтрастные аномалии поля гелия (рис. 3). К сильноконтрастным относятся субмеридиональные гелиеносные зоны вдоль рек (Днестр, Прут и др.) западной границы среднесарматской рифовой гряды (западнее условной линии Комрат–Кишинёв–Оргеев–Каменка), бортов Фрунзенско-Арцизского трога (условная линия с севера на юг через г. Тирасполь), а также зоны субширотного направления Бельцы–Каменка и Кишинёвской линии. Менее протяжённые гелиевые аномалии, оси которых ориентированы в северо-западном и северо-восточном направлениях, относятся к слабо контрастным. При пересечении субмеридиональных и субширотных зон гелиевых аномалий образуются области бесконтрастности гелиевого поля. Эти области представляют собой участки территории, на которых не развиты тектонические разломы («жёсткие блоки»). Отсутствие тектонических разломов было подтверждено данными разведочного бурения и геофизических исследований.

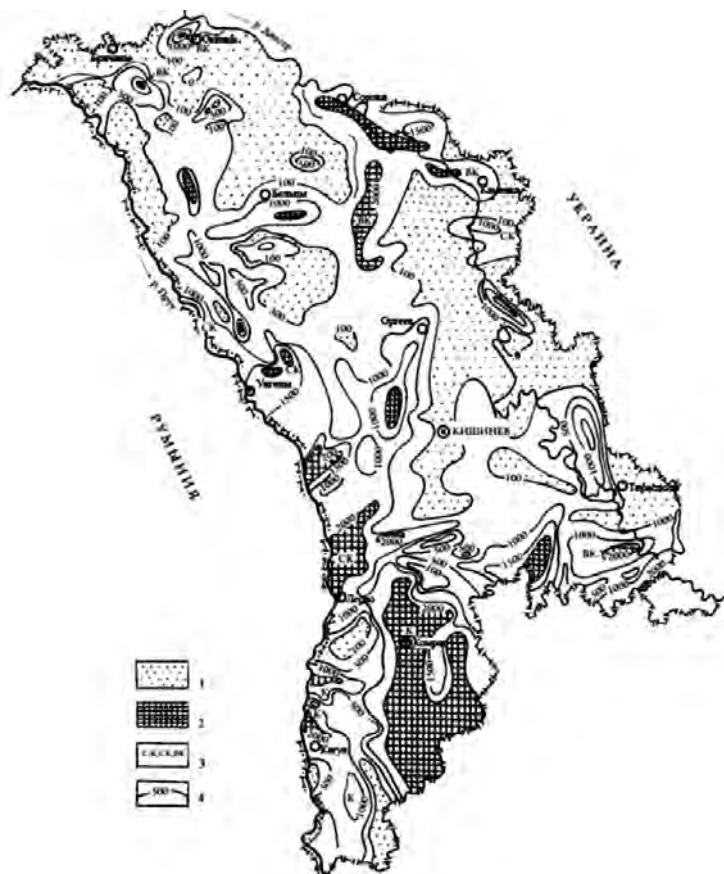


Рис. 3. Совмещённая карта поля гелия территории Молдовы.

1 – фоновое поле гелия; 2 – аномальное поле гелия; 3 – контрастность поля гелия (С – слабое, К – контрастное, СК – сильноконтрастное, ВК – весьма контрастное); 4 – изолинии поля гелия, $n=10-5$ мл/л

Выделение тектонических разломов

Для выяснения природы гелиевых аномалий были привлечены материалы магнитной и гравиметрической съёмок, а также геолого-геоморфологические данные по разломам, осложняющим строение фундамента и осадочного чехла.

При использовании этой информации для интерпретации гелиевых аномалий во внимание принималось их чёткое проявление в естественных геофизических полях в форме линейно-вытянутых зон высоких горизонтальных градиентов гравитационного и магнитного полей, резкая смена их общего характера, прямолинейные и резкие ограничения гравитационных и магнитных аномалий в плане, цепочки вытянутых линейных магнитных аномалий положительного знака, и т.д. Видимо, не все выделенные таким образом зоны, отражающие структуру гравитационного и магнитного полей, являются разломами, но при совпадении таких зон с аномалиями гелиевого поля вероятность их связи с разломами существенно повышается (рис. 4).

Сопоставление гелиевых аномалий с аномалиями гравитационного и магнитного полей позволило, во-первых, выявить идентичность их простирания, а во-вторых, провести подразделение гелиевых аномалий на две основные группы.

К первой группе отнесены сильноконтрастные гелиевые аномалии, осевые линии которых совпадают с линиями аномалий гравитационного и магнитного полей, ко второй – слабоконтрастные аномалии, осевые линии которых смещены относительно линий, выделенных по геофизическим данным. Анализ гелиевых аномалий из выделенных двух групп показал, что все они тяготеют к определённым, отличающимся по времени заложения, функционирования и реактивации, морфогенетическим характеристикам разломов, и определяются геодинамическими условиями юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы в процессе её геологической эволюции.

Первая группа характеризуется пространственным совпадением гелиевых и гравимагнитных аномалий и приурочена к глубинным разрывам, имеющим раздвиговую природу

этом несовпадение в плане элементов гелиевого и гравимагнитных полей, приуроченность к ним элементов молодой системы северо-восточных и северо-западных нарушений, возникших при деформации края платформы под действием первоначального растяжения, а затем интенсивного сжатия, позволяют считать поверхности этих нарушений наклонными. Это положение подтверждается смещением гелиевых аномалий в плане по мере увеличения глубины залегания горизонтов осадочного чехла. В таком случае, гелиевые аномалии и сопряжённые элементы гравимагнитных полей могут отражать одно и то же нарушение, но на разных глубинах. Смещение фрагментов одной и той же наклонной плоскости при мощности земной коры 38–40 км и углах наклона сместителя 30–40° может достигать значительных расстояний на горизонтальной проекции.

В зависимости от контрастности гелиевых аномалий и возраста водоносного горизонта состав сопутствующих подземных вод закономерно изменяется (таблица). Сильноконтраст-

ным и весьма контрастным гелиевым аномалиям соответствуют подземные воды преимущественно хлоридно-гидрокарбонатного натриевого и гидрокарбонатно-хлоридного натриевого состава. Слабоконтрастные и контрастные аномалии, через осевые зоны которых проведены разломы второй группы, связаны с гидрогеохимическими аномалиями сульфатно-гидрокарбонатного натриево-кальциево-магниевого, гидрокарбонатно-сульфатного натриево-кальциево-магниевого, гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридного кальциево-магниевого и сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридного кальциево-магниевого состава. Вторая группа разломов, сопровождающаяся сульфатсодержащими гидрогеохимическими аномалиями, интенсивно дренирует водоносные горизонты, а наклонные плоскости сместителей этих разломов способствуют процессам смешения природных вод. «Жёсткие блоки» (без тектонических разломов), как правило, характеризуются фоновыми величинами поля гелия и содержат гидрокарбонатные натриевые подземные воды.

Таблица. Средние содержания макрокомпонентов, минерализации подземных вод и коэффициента контрастности поля гелия юго-западной части Русской платформы в различных геологических формациях

Гидрогеохимические типы подземных вод	Среднее содержание макрокомпонентов в подземных водах (мг/л) и возраст водоносного горизонта								Кк поля He
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	HCO ⁻	SO ⁻	Cl ⁻	M	
Поздний мел									
HCO ₃ –SO ₄ –Na–Ca–Mg	157.0	9.9	83.8	44.6	548.5	164.5	40.6	775.0	С
SO ₄ –HCO ₃ –Na–Ca–Mg	195.0	10.9	160.0	126.0	488.0	869.8	106.4	1712.0	К
HCO ₃ –SO ₄ –Na	465.0	6.3	4.8	2.6	771.5	198.4	55.6	1118.0	К
HCO ₃ –Cl–Na	546.0	5.8	6.9	5.9	765.6	168.0	417.0	1532.0	ВК
Поздний миоцен, поздний сармат									
HCO ₃ –Ca–Mg–Na	49.8	3.3	97.8	45.4	527.8	63.6	17.2	545.0	БК
HCO ₃ –SO ₄	146.0	6.5	80.3	62.9	590.4	209.7	45.6	851.0	К
SO ₄ –HCO ₃ –Na–Ca–Mg	286.0	8.3	153.8	135.9	627.0	739.0	101.5	1738.0	К
HCO ₃ –SO ₄ –Na	410.1	8.9	6.4	4.2	733.8	185.7	53.7	1046.0	К
HCO ₃ –Cl–Na	541.9	8.0	4.9	6.6	990.9	95.4	223.7	1376.0	СК
HCO ₃ –Na	287.7	6.2	47.1	34.7	530.6	77.2	286.0	965.0	СК
HCO ₃ –Cl–Na–Ca	781.1	8.3	3.5	3.1	1124.6	52.5	47.5	1168.0	БК
Поздний миоцен, средний сармат									
HCO ₃ –SO ₄ –Ca–Mg	146.1	3.7	83.6	74.5	466.5	176.7	75.5	793.0	К
SO ₄ –HCO ₃ –Na–Ca–Mg	316.2	2.9	76.2	78.5	476.8	349.2	113.0	1174.0	С
HCO ₃ –Cl–Na	231.5	4.6	6.8	7.6	450.5	126.2	48.5	700.0	СК
HCO ₃ –Cl–Na–Ca	360.2	4.2	10.2	13.9	659.1	63.6	164.4	948.0	ВК
Cl–HCO ₃ –Na	526.6	2.4	7.7	1.8	564.8	3.7	429.8	1253.0	СК
HCO ₃ –Na	447.5	6.1	4.6	5.7	1139.0	30.0	31.9	1034.0	БК
Поздний миоцен, ранний сармат									
HCO ₃ –SO ₄ –Cl–Ca–Mg	99.8	2.1	66.0	21.0	286.0	145.0	74.0	544.0	К
SO ₄ –HCO ₃ –Cl–Ca–Mg	497.5	1.8	81.6	28.1	337.0	411.8	132.1	1271.0	К
HCO ₃ –SO ₄ –Na	261.0	1.2	6.3	3.4	542.0	94.7	48.7	691.0	С
HCO ₃ –Cl–Na	450.6	4.7	6.1	3.1	830.1	35.0	197.1	1111.0	СК
Cl–HCO ₃ –Na	693.3	4.1	5.9	12.9	658.8	2.0	723.2	1770.0	СК
HCO ₃ –Na	353.4	0.9	3.6	2.1	770.9	38.9	41.0	824.0	БК

Примечание: M – величина минерализации, Кк – коэффициент контрастности поля гелия; тип воды – по формуле Курлова.

Тектонические разломы юго-западной части Русской платформы отчётливо проявляются в гелиевом, макросейсмическом и гидрогеохимическом полях. Древние разломы, развитые в осадочном чехле позднемелового-миоценового возраста и, возможно, проникающие в доюрский фундамент, характеризуются раздвиговой составляющей, сильноконтрастными и весьма контрастными гелиевыми аномалиями, совпадением в плане осей этих аномалий с осями аномалий гравимагнитного поля и вертикальной ориентировкой плоскостей сместителей.

Развитые в осадочном чехле молодые тектонические разломы северо-западного и северо-восточного простирания сопровождаются слабоконтрастными и контрастными гелиевыми аномалиями, оси которых параллельны простиранию аномалий геофизических полей. Такие разломы имеют преимущественно наклонную ориентировку плоскостей сместителей.

Тектонические разломы и их зоны дробления являются проводящими каналами для гелиеносных флюидов, имеющих отличающийся химический состав, по сравнению с водами выщелачивания в пределах жёстких стабильных блоков. Древние разломы глубокого заложения наиболее проницаемы для флюидов, так как они формировались в условиях растяжения земной коры, и сопровождаются проявлениями гелиеносных подземных вод с существенным присутствием в их составе хлоридно-натриевой составляющей. Для зон молодых тектонических разломов характерно распространение гелиеносных подземных вод преимущественно сульфатно-натриевого состава. Стабильные жёсткие блоки, не затронутые разломной тектоникой, характеризуются распространением подземных вод выщелачивания гидрокарбонатно-натриевого состава.

Тектоника и макросейсмическое поле

Существенным дополнением в теме о связи гелиевого поля с тектоническими разломами является анализ макросейсмического поля Молдовы, впервые рассмотренный в работе [Бобринский и др., 1986, 1987].

В данном регионе отсутствуют зоны разломов, генерирующих сильные землетрясения. Местная мелкофокусная сейсмичность приурочена к разрывам неглубокого заложения и редко достигает интенсивности 6 баллов в пределах ограниченных по площади участков. Основным генератором сильных сотрясений является система тектонических структур на глубинах 70–200 км

района гор Вранча, расположенных на стыке Восточных и Южных Карпат.

Одно из наиболее детально изученных сильных землетрясений произошло 4 марта 1977 г. с $M_S=7.2$ и $h=86$ км. По этому землетрясению были собраны представительные макросейсмические данные (около 300 пунктов-баллов), равномерно распределённые по территории Молдовы и прилегающих районов Украины, что дало возможность проследить изменения интенсивности сейсмических сотрясений на различных участках. На основе этого фактического материала были построены фоновая и локальная макросейсмические карты [Бобринский и др., 1987] (рис. 5).

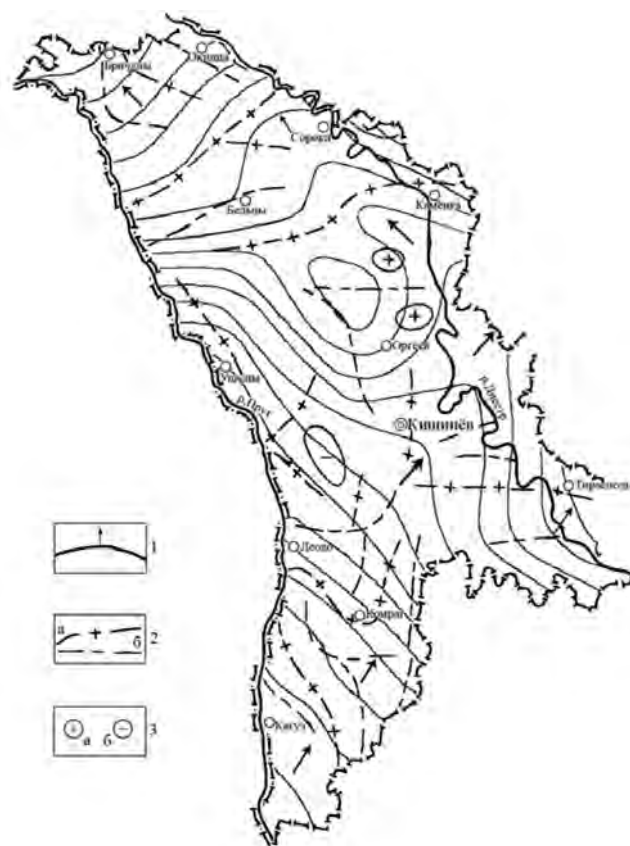


Рис. 5. Карта фона и локальных аномалий макросейсмического поля землетрясения 4 марта 1977 г., зона Вранча.

1 — изолинии условной фоновой интенсивности (первый мантийный уровень анизотропии); стрелками показаны направления спада интенсивности; 2 — осевые линии локальных аномалий, обусловленные разрывными нарушениями (второй коровый уровень анизотропии): а — со значениями больше фонового и б — со значениями меньше фонового; 3 — локальные аномалии, связанные с верхней частью осадочного чехла (третий уровень анизотропии): а — положительные, б — отрицательные

Анализ фоновой карты показал, что спад интенсивности сейсмических сотрясений зависит от анизотропии среды мантийного уровня (первый уровень анизотропии). Вид карты определяется местоположением рассекающих земную кору на всю мощность глубинных разломов первой группы, заложившихся на ранних этапах геологической эволюции региона. Анизотропия среды корового уровня (второй уровень анизотропии) также обусловлена системой разломов глубокого заложения. На анизотропию осадочного чехла (третий уровень анизотропии) преимущественное влияние оказывают инженерно-геологические и гидрогеологические факторы, а также система молодых тектонических разломов.

Локальные аномалии макросейсмического поля в основном обусловлены местоположением и ориентировкой молодых разломов северо-восточного и северо-западного простирания.

Фон макросейсмического поля зависит от мантийного уровня анизотропии и в своих деталях подчинён местоположению разломов первой группы, имеющих древнее глубокое заложение, субвертикальную плоскость сместителя и относящихся преимущественно к раздвигам.

На коровом уровне анизотропности земной коры молодые тектонические разломы Карпатской системы, ориентированные перпендикулярно фронту сейсмических волн, создают положительные аномалии макросейсмического поля. Разломы, ориентированные по касательной к сейсмическому фронту, создают теневой эффект за этим нарушением.

Выводы

Таким образом, строение гелиевого, макросейсмического, геофизического и гидрогеохимического полей юго-западной части Русской платформы обусловлено разломной тектонической структурой. Вероятность существования разломов подтверждается их отражением в геофизическом, геохимическом и макросейсмическом полях, данными разведочного бурения и современными геолого-геоморфологическими структурами.

Строение поля гелия обусловлено тектонической структурой рассматриваемого района, и аномалии воднорастворенного гелия в подземных водах являются показателями местонахождения и ориентировки тектонических разломов.

В пределах юго-западной окраины Русской платформы по глубине заложения разломы разделяются на молодые и древние. Молодые тектонические разломы северо-западного и северо-восточного простирания сопровождаются сла-

боконтрастными и контрастными аномалиями гелия, оси которых параллельны аналогично ориентированным осям геофизических полей и имеют наклонную ориентировку плоскости сместителя.

Древние разломы характеризуются сильно-контрастными и весьма контрастными гелиевыми аномалиями, несовпадением в плане их осей с аномалиями гравимагнитных полей. Для них характерна вертикальная ориентировка плоскости сместителя.

На примере землетрясения очага Вранча (Карпаты) от 04.03.1977 г. показано, что фон макросейсмического поля определялся мантийной анизотропией среды и в своих деталях отражает местоположение древних разломов. Молодые тектонические разломы, ориентированные перпендикулярно фронту сейсмических волн, создавали положительные аномалии макросейсмического поля. Разломы, ориентированные по касательной к сейсмическому фронту, создавали теневой эффект пониженной сотрясаемости. Локальные сейсмические аномалии были связаны с инженерно-геологическими и гидрогеологическими особенностями верхней части осадочного чехла.

Литература

- Бобринский В.М., Макареску В.С., Морару К.Е. Отражение разрывных нарушений в гелиевом, макросейсмическом и гидрогеохимическом полях Молдавии // Доклады АН СССР. — 1986. — Т. 228, № 5. — С. 1181–1184.
- Бобринский В.М., Макареску В.С., Морару К.Е. Тектонические факторы, определяющие строение гелиевого макросейсмического и гидрогеохимического полей Молдавии // Геотектоника. — 1987. — № 3. — С. 150–160.
- Гинтов О.Б. и др. Глубинная сейсмогенная зона Вранча как индикатор геодинамического процесса // Геофизический журнал. — 2015. — Т. 37, № 3. — С. 22–44.
- Морару К.Е. Гидрогеохимия зоны активного водообмена крайнего юго-запада Восточно-Европейской платформы. — Кишинёв: Elena V.I. SRL, 2009. — 288 с.
- Baumberger T., Embley R.W., Merle S.G., Lilley M.D., Raineault N.A., Lupton J.E. Mantle-derived helium and multiple methane sources in gas bubbles of cold seeps along the Cascadia Continental Margin // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. — 2018. — V. 19, N 11. — P. 4476–4486. doi: 10.1029/2018gc007859
- Boles J.R., Garven G., Camacho H., Lupton J.E. Mantle helium along the Newport-Inglewood fault zone, Los Angeles basin, California: A leaking

paleo-subduction zone // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2015. – V. 16, N 7. – P. 2364–2381. doi: 10.1002/2015GC005951.

Caracausi A., Paternoster M. Radiogenic helium degassing and rock fracturing: A case study of the southern Apennines active tectonic region // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. – 2015. – V. 120. – P. 2200–2211. doi: 10.1002/2014JB011462

Koulakov I., Zaharia B., Enescu B., Radulian M., Popa M., Parolai S., Zschau J. Delamination or slab detachment beneath Vrancea? New arguments from local earthquake tomography // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2010. – V. 11 (3). – P. 1–24. doi: 10.1029/2009gc002811

McCrory P.A., et al. Helium as a tracer for fluids released from Juan de Fuca lithosphere beneath

the Cascadia forearc // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2016. – V. 17. – P. 2434–2449. doi: 10.1002/2015GC006198

Prieto G.A., Beroza G.C., Barrett S.A., Lopez G.A., Florez M. Earthquake nests as natural laboratories for the study of intermediate-depth earthquake mechanics // *Tectonophysics*. – 2012. – V. 570. – P. 42–56. doi: 10.1016/j.tecto.2012.07.019

Sperner B., Lorenz F., Bonjer K., Hettel S., Muller B., Wenzel F. Slab break-off – abrupt cut or gradual detachment? New insights from the Vrancea Region (SE Carpathians, Romania) // *Terra Nova*. – 2001. – V. 13 (3). – P. 172–179. doi: 10.1046/j.1365-3121.2001.00335.x

Сведения об авторе

Морару Константин Ефимович, д-р геол.-мин. наук, зав. лаб. Института геологии и сейсмологии (ИГС), г. Кишинёв, Республика Молдова. E-mail: smoraru@yahoo.com

Tectonic specificities and macroseismic characteristics of the south-west of the Russian Platform

© 2020 C.E. Moraru

IGS, Chisinau, Republic of Moldova

Abstract The tectonic specification of the West-European (Russian) platform (by the case territory of the Republic of Moldova) has been examined and its reflection in helium, macro seismicity, hydrogeochemical and geophysical fields as well. The modern ideas about seismically tectonic of the Vrancea region were summarized. Helium detailing mapping of groundwater and allocation of old/young faults contribute considerably to this study. As well a comparative map of tectonic faults allocated by magnetic, gravity, geological and geomorphological data has been prepared. The background and local macroseismic maps were performed on data of the Vrancea earthquake from 04.03.1977. The character of the background map was determined by the mantle heterogeneity and old tectonic faults with spreading dislocation. The young tectonic faults, which are oriented perpendicular to seismic waves, create positive anomalies of the macroseismic field. The young faults, which are oriented tangential to seismic waves, create shadow effects of decreasing shaking. Local macroseismic fields are connected with structural features of the upper part of the sedimentary cover.

Keywords Russian platform, tectonic faults, macroseismic field.

For citation Moraru, C.E. (2020). [Tectonic specificities and macroseismic characteristics of the south-west of the Russian Platform]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 2(2), 48–57. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.2.04>

References

- Baumberger, T., Embley, R.W., Merle, S.G., Lilley, M.D., Raineault, N.A., & Lupton, J.E. (2018). Mantle-Derived Helium and Multiple Methane Sources in Gas Bubbles of Cold Seeps Along the Cascadia Continental Margin. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 19(11), 4476–4486. doi: 10.1029/2018gc007859.
- Bobrinsky, V.M., Macarescu, V.S., & Moraru, C.E. (1987). [Tectonic factors governing the structure of the Helium, Macrosismic and Hydrochemical regions of Moldavia]. *Geotektonika* [Geotectonics], 2(2), 150–160. (In Russ.).
- Bobrinsky, V.M., Macarescu, V.S., & Moraru, C.E. (1986). [The reflection of tectonic faults in helium, macroseismic and hydrogeodynamic fields of Moldavia]. *Doklady Akademii Nauk SSSR* [Reports of the Academy of Sciences USSR], 228(5), 1181–1184. (In Russ.).
- Boles, J.R., Garven, G., Camacho, H., & Lupton, J.E. (2015). Mantle helium along the Newport-Inglewood fault zone, Los Angeles basin, California: A leaking paleo-subduction zone. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 16(7), 2364–2381. doi:10.1002/2015GC005951
- Caracausi, A., & Paternoster, M. (2015). Radiogenic helium degassing and rock fracturing: A case study of the southern Apennines active tectonic region. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120(4), 2200–2211.
- Gintov, O.B., et al. (2015). [The deep seismogenic Vrancea zone as an indicator of geodynamic process]. *Geofizicheskii zhurnal* [Geophysical Journal], 37(3), 22–44. (In Russ.).
- Koulakov, I., Zaharia, B., Enescu, B., Radulian, M., Popa, M., Parolai, S., & Zschau, J. (2010). Delamination or slab detachment beneath Vrancea? New arguments from local earthquake tomography. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 11(3). doi: 10.1029/2009gc002811
- McCrary, P.A., Constantz, J.E., Hunt, A.G., & Blair, J.L. (2016). Helium as a tracer for fluids released from Juan de Fuca lithosphere beneath the Cascadia fore arc. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 17(6), 2434–2449. doi: 10.1002/2015GC006198
- Moraru, C.E. (2009). *Gidrokeokhimiia zony aktivnogo vodoobmena krainego iugo-zapada Vostochno-Evropeiskoi platformy* [Hydro geochemistry of active water exchange zone of the south-west extreme of East-European platform]. Chisinau, Moldova: Elena V.I. SRL Publ., 288 p. (In Russ.).
- Prieto, G.A., Beroza, G.C., Barrett, S.A., Lopez, G.A., & Florez, M. (2012). Earthquake nests as natural laboratories for the study of intermediate-depth earthquake mechanics. *Tectonophysics*, 570, 42–56. doi: 10.1016/j.tecto.2012.07.019
- Sperner, B., Lorenz, F., Bonjer, K., Hettel, S., Müller, B., & Wenzel, F. (2001). Slab break-off-abrupt cut or gradual detachment? New insights from the Vrancea Region (SE Carpathians, Romania). *Terra Nova*, 13(3), 172–179. doi: 10.1046/j.1365-3121.2001.00335.x

Information about author

Moraru Constantin Efimovich, Dr. Habilitatus, Head Hydrogeology Lab. of the Institute of Geology and Seismology (IGS), Chisinau, Republic of Moldova. E-mail: cmoraru@yahoo.com