

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

УДК: 550.34.016

DOI:10.7242/echo.2021.1.11

СЕЙСМИЧНОСТЬ ДОБРЯНСКОГО РАЙОНА ПЕРМСКОГО КРАЯ ПО ДАННЫМ УРАЛЬСКОЙ СЕТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В 2020 ГОДУ

Ю.В. Баранов¹, И.В. Голубева²
Горный институт УрО РАН, г. Пермь
ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск

Аннотация: Исследование землетрясений на сейсмически слабоактивных территориях в основном связано с деятельностью крупных добывающих предприятий и добычей углеводородов. Слабое влияние сейсмичности на человеческую жизнедеятельность не вывело такие работы в разряд актуальных, что не позволяло планомерно и равномерно развивать сеть сейсмических наблюдений и изучать сейсмический потенциал Западного Урала. Выявление кластера эпицентров землетрясений в Добрянском районе является примером, показывающим необходимость регулярных сейсмических наблюдений для выделения зон возможных очагов землетрясений и определения их границ, а также влияния сейсмичности на производственную деятельность человека. Сейсмический режим не является навсегда установившимся явлением, он изменчив и требует постоянного анализа и оценки рисков.

В работе описаны продолжающиеся исследования землетрясений, регистрируемых в северной части Добрянского района Пермского края. Оценено расположение эпицентров событий, выделенная сейсмическая энергия, описан способ уточнения гипоцентров с помощью программы huroDD. Подтверждается связь расположения эпицентров с границей аномалии магнитного поля.

Ключевые слова: сейсмическая активность, тектоническая активность, Добрянский район.

Лаборатория природной и техногенной сейсмичности ГИ УрО РАН совместно с ФИЦ ЕГС РАН, продолжает исследование сейсмической активности Западно-Уральского региона. В настоящее время не наблюдается значительного изменения сейсмического режима и общего изменения расположения эпицентров землетрясений. Основными источниками природной и природно-техногенной сейсмичности остаются поля горнодобывающих предприятий, разрабатывающих Верхнекамское месторождение калийных солей. В то же время продолжают регистрироваться сейсмические события в восточной части Добрянского района, эпицентры которых располагаются к северу и к северо-востоку от пос. Таборы, рис. 1.

В 2020 году на изучаемой территории было зарегистрировано 21 сейсмическое событие с локальными магнитудами $M_L=1.5-2.9$. Самое крупное произошло 14 февраля 2020 года в 11:38 UTC его магнитуда составила 2.9, что является максимальным значением за весь период инструментальных наблюдений. Макросейсмических проявлений ни одно событие не имело. До 2020 года в данном районе было зафиксировано более 50 событий, что выделяет его на общем фоне сейсмичности Западного Урала.

Вся базовая обработка волновых форм выполнялась с помощью программного комплекса WSG [2] с учетом региональных особенностей распространения сейсмических волн [3]. Для расчета сейсмической энергии E в Джоулях использовано корреляционное уравнение связи N . Канатори с соавторами [6] для диапазона магнитуд $1.5 < M_L < 6.0$:

$$\lg E = 1.96 M_L + 2.05,$$

где M_L – локальная магнитуда.

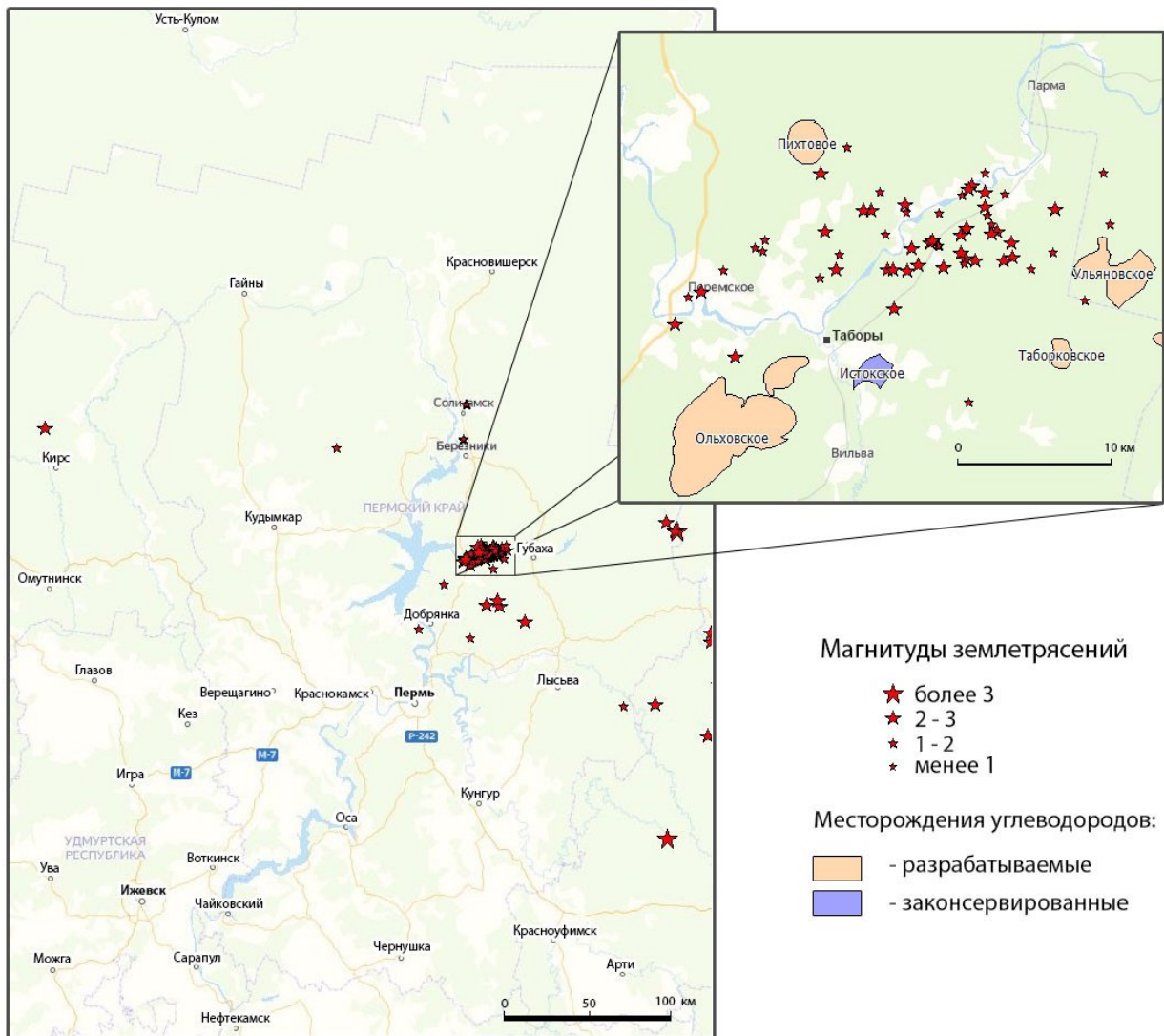


Рис. 1. Эпицентры землетрясений Западного Урала с 2010 года

Итоговое распределение сейсмических событий и суммарное распределение сейсмической энергии представлено на рис. 2.

Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в очагах землетрясений, существенно увеличилась в 2020 году, хотя количество событий по сравнению с 2019 г. несколько снизилось. ($N=21$ против $N=28$). Основной вклад в увеличение энергии внесли 3 события с магнитудами (2.6, 2.8, 2.9), в предыдущие периоды события с такими магнитудами не фиксировались.

Для детального изучения данного района в 2020 году были продолжены исследования сейсмичности с помощью четырех временно установленных сейсмических станций в районе пос. Таборы. Каждая станция была оборудована широкополосным сейсмическим датчиком Trillium Compact 120, регистрирующим модулем «Ермак-5.1», питание осуществлялось с помощью аккумуляторов. Установка временных станций позволяет регистрировать сейсмические события минимальной интенсивности, что улучшает регистрационные возможности сети, детализирует и уточняет сейсмическую активность. За период с 26 июля по 31 августа 2020 года временной сетью было зарегистрировано более 150 сейсмических событий с магнитудами от -0.8 до 2.2. Результаты наблюдений показали, что сейсмическая активность в районе продолжает развиваться достаточно интенсивно.

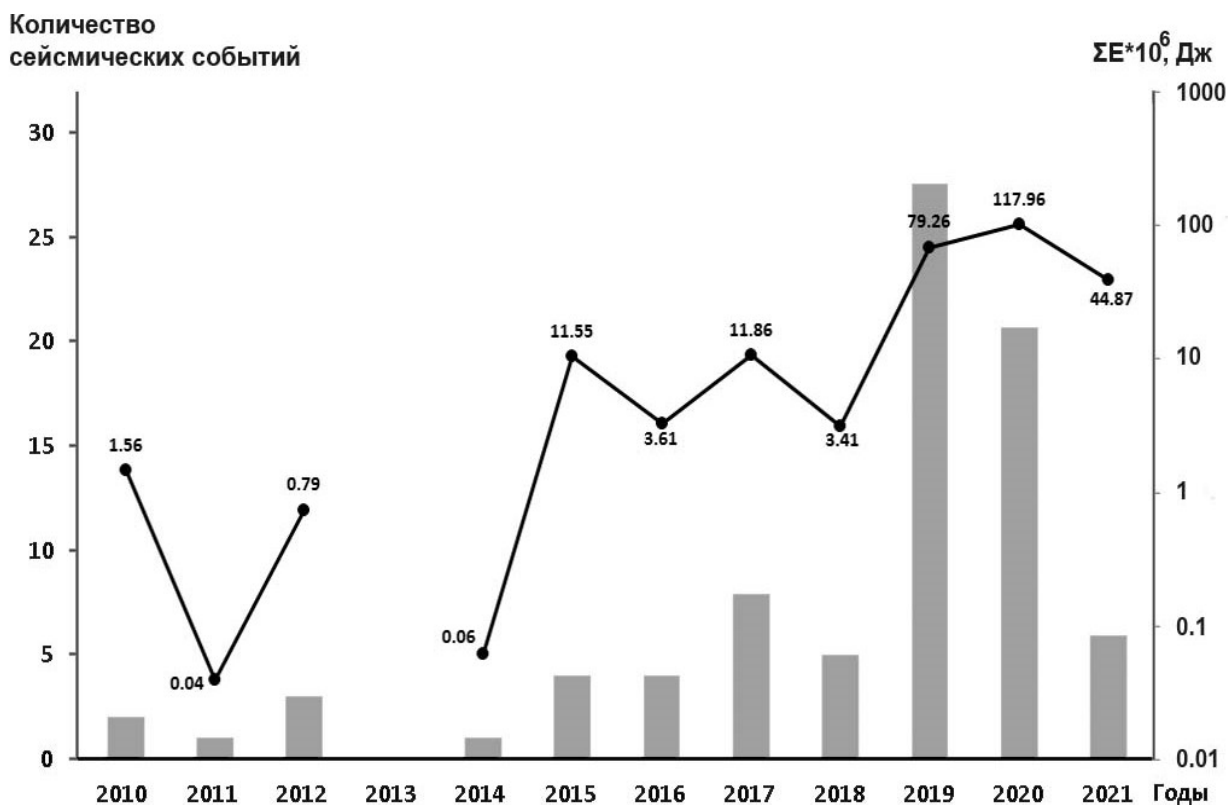


Рис. 2. Выделение суммарной сейсмической энергии и количество сейсмических событий за период с 1 января 2010 по 20 марта 2021 года с магнитудами более 1.4

Надежное определение расположения эпицентров сейсмических событий является одной из основных задач сейсмологии. В случае регистрации большого количества слабых землетрясений удаленными сейсмическими станциями определение гипоцентров требует специального подхода. Для детального исследования сейсмичности Добрянского района был использован программный комплекс НуроDD [4]. НуроDD – это пакет компьютерных программ для перелокации эпицентров землетрясений с помощью алгоритма двойной разности Вальдхаузера и Элсворта. Алгоритмы уточнения местоположения землетрясений основаны на сопоставлении реальных и прогнозируемых времен прихода волн от гипоцентров до пунктов регистрации. Для уточнения гипоцентров могут использоваться «мастер-события», зарегистрированные тремя и более станциями, с хорошими вступлениями и волновыми формами, позволяющие оценить глубину гипоцентра и углы выхода сейсмических волн. С этими событиями сопоставляются другие сейсмические события. Для перелокации эпицентров событий могут быть использованы как данные о вступлении фаз сейсмических волн из каталога, так и волновые формы сейсмических событий, сопоставляемые с помощью метода кросс-корреляции. Таким образом, с помощью пакета НуроDD было выполнено уточнение координат эпицентров 57 сейсмических событий, а так же полученные результаты были сопоставлены с наблюдаемым аномальным магнитным полем [5], рис. 3.

Анализируя расположение гипоцентров сейсмических событий можно сделать следующие выводы.

В настоящее время не выявлена связь между сейсмической активностью и разработкой месторождений углеводородов в восточной части Добрянского района. Глубина гипоцентров была уточнена и составляет от 2 до 10 км, что может указывать на природное происхождение сейсмической активности.

Расположение эпицентров сейсмических событий в исследуемом регионе коррелирует с аномалией магнитного поля. Такая связь сейсмичности и геофизических аномалий характерна для Западно-Уральского региона [1].

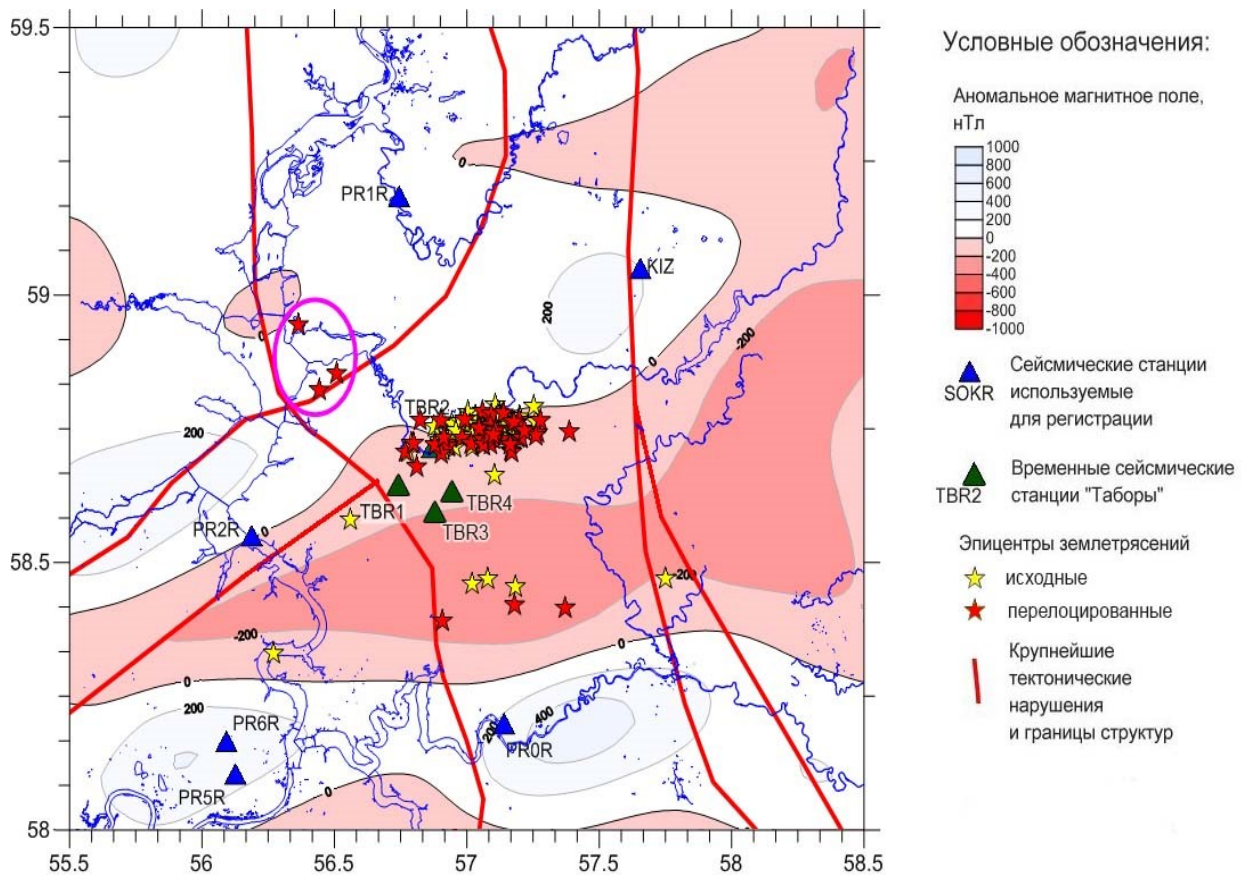


Рис. 3. Исходное, рассчитанное с помощью WSG и уточненное с помощью huroDD расположение гипоцентров сейсмических событий

Исследование сейсмического потенциала региона требует дальнейшего развития сейсмологической сети. Развитие геодинамических процессов может проявиться в изменении геофизических полей. Сейсмические события с магнитудами от 3 и более могут повлиять на разработку прилегающих месторождений углеводородов.

Отмеченный рост выделения сейсмической энергии и магнитуд землетрясений при некотором снижении количества самих землетрясений может свидетельствовать об изменении характера геодинамических процессов, протекающих в регионе. Природа этих процессов и изменения их интенсивности должны стать предметом дальнейших исследований.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Программы ФНИ,
проект № 0422-2019-0146-С-02
(регистрационный номер темы НИОКТР: АААА-А18-118040690028-5)*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранов Ю.В. Анализ геофизических полей для выделения зон возможных очагов землетрясений восточной окраины Восточно-Европейской платформы // Вестн. Перм. ун-та. Сер. Геология. – 2016. – Вып. 4 (33). – С. 36-40. DOI: 10.17072/psu.geol.33.36.

2. Автоматизированное рабочее место (АРМ) сейсмолога // Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Единая геофизическая служба РАН: сайт. – URL: http://www.ceme.gsras.ru/new/soft/wsg_arm.htm (Дата обращения: 22.03.2021).
3. Маловичко А.А., Маловичко Д.А., Дягилев Р.А., Верхованцев Ф.Г., Голубева И.В., Верхованцев А.В. Пермский край 1999-2005 гг. // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 269-289.
4. Waldhauser F. hypoDD -- A Program to Compute Double-Difference Hypocenter Locations / U.S. Geol. Survey. – 2006. – URL: https://www.ldeo.columbia.edu/~felixw/papers/Waldhauser_OFR2001.pdf. (Дата обращения: 15.01.2021).
5. EMAG2: Earth Magnetic Anomaly Grid (2-arc-minute resolution). – Текст электронный. – URL: <http://geomag.org/models/emag2.html>, свободный (дата обращения 15.01.2021).
6. Kanamori H., Mori J., Hauksson E., Heaton T.H., Hutton L.K., Jones L.M. Determination of Earthquake Energy-Release and M(L) using Terrascope // Bulletin of the seismological Society of America. – 1993. – V. 83, № 2. – P. 330-346.

УДК 550.8.05

DOI:10.7242/echo.2021.1.12

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПУТИ ПОДАВЛЕНИЯ БОКОВЫХ ВОЛН-ПОМЕХ ПРИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ ШАХТНЫХ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В.Ю. Бобров

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Рассмотрены способы подавления неспецифических волн-помех, являющихся отличительной особенностью шахтной сейсморазведки. Показаны результаты применения f-k фильтрации по разным сортировкам сейсмограмм при обработке продольных волн.

Ключевые слова: шахтная сейсморазведка, цифровая обработка данных, продольные волны, сортировка полевых сейсмограмм.

Особенностью сейсмоакустических наблюдений во внутренних точках среды (горных выработках) является совместная регистрация волн продольного (Р) и поперечного (S) типов. Применяемые в настоящее время на калийных рудниках многоволновые сейсмоакустические исследования [1] построены на разделении разнотипных волновых полей процедурами специальной цифровой обработки. Эффективному выделению волн того или иного типа способствуют их существенные различия по кажущимся скоростям и частотам [2]. Поэтому основными процедурами в цифровой обработке являются пространственные фильтры. При выделении отражённых Р-волн поперечные являются помехами, и, наоборот, при выделении отражённых S-волн подавляются продольные.

Цель цифровой обработки – выделение целевых сейсмических сигналов, несущих в себе информацию о особенностях строения геологической среды [3]. Применительно к шахтным сейсморазведочным наблюдениям эффективное выделение информативных сигналов осложнено наличием неспецифических регулярных волн-помех. Наиболее интенсивные из них – «боковые» отражения прямой волны от сбоек, подрезок и других горнотехнических элементов, распространяющиеся вдоль штрека по приконтурной части породного массива. На сейсмограммах годографы «боковых» отражённых волн представляют собой линии с началом в точке подхода прямой волны до отражателя на профиле (рис. 1) и постоянным приращением времени регистрации от трассы к трассе в соответствии со скоростью распространения волн вдоль штрека.