

# ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

УДК: 550.34.016

DOI:10.7242/echo.2022.1.10

## ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН ВОЗМОЖНЫХ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Ю.В. Баранов

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** Исследование посвящено оценке сейсмического потенциала и выделению зон возможных очагов землетрясений республики Татарстан. Оценена связь расположения эпицентров сейсмических событий с тектоническим строением, особенностями аномального гравитационного и магнитного поля и современных вертикальных движений земной коры. Такой подход впервые использован для сейсмически слабоактивной территории Восточно-Европейской платформы.

**Ключевые слова:** сейсмическая активность, тектоническая активность, зоны возможных очагов землетрясений.

### Введение

В 2021-2022 годах сотрудниками лаборатории природной и техногенной сейсмичности ГИ УрО РАН, г. Пермь, было проведено исследование по уточнению сейсмического потенциала республики Татарстан. В рамках работ было выполнено выделение зон возможных очагов землетрясений выбранного региона.

Выявление зон возможных очагов землетрясений (зон ВОЗ) является одним из этапов оценки сейсмического потенциала региона. Невозможно выделить единственный признак, значение которого может свидетельствовать о сейсмическом режиме региона, для выделения зон возможных очагов землетрясений необходимо использовать комплекс различных параметров. Для выделения таких зон используется совместный анализ доступной геолого-геофизической информации о строении региона и оценка связи строения и сейсмической активности [Баранов, 2016]. Такие работы ранее выполнялись в Западно-Уральском регионе.

### Характеристика региона

Исследуемый регион расположен в пределах Восточно-Европейской платформы, что требует выбора иных информативных признаков для выделения зон возможных очагов землетрясений. Регион является сейсмически слабоактивным, каталог сейсмических событий насчитывает 203 землетрясения, часть из которых являлась природной сейсмичностью, связанной с разработкой Ромашкинского месторождения углеводородов и в дальнейшей работе не использовалась. Основное изучение глубинного строения региона связано с исследованиями месторождений нефти и газа. Строение фундамента и расположение крупных тектонических нарушений изучено недостаточно, для оценки сейсмического потенциала и выделения зон ВОЗ требуется оценка связи сейсмической активности региона и особенностей региональных геофизических полей.

Для выделения зон ВОЗ, связанных с тектонической активностью могут быть исследованы аномальное магнитное и гравитационное поля, современные вертикальные движения земной коры рельеф, расположение границы Мохоровичича, мощности разных слоев земной коры, тепловой поток и другая доступная информация. При этом не всегда удастся проследить связь всех таких параметров и сейсмической активности. Для выделения зон возможных очагов землетрясений исследуемого региона наиболее информативными параметрами стали гравитацион-

ное поле [Satellite...], современные вертикальные движения земной коры [Кашин, 1989] и адмиттанс, как соотношение аномального гравитационного и магнитного поля [EMAG2...].

Эпицентры сейсмических событий не располагаются в пространстве хаотично, а связаны с расположением тектонических нарушений, при этом эпицентры не обязательно лежат в пределах выявленного нарушения, но могут располагаться на некотором расстоянии от него [Завьялов, 2006]. Таким образом, вдоль тектонического нарушения формируются зоны возможных очагов землетрясений.

### Современные вертикальные движения земной коры

Одним из признаков проявления современной тектоники являются современные движения земной коры. Сопоставляя расположение эпицентров сейсмических событий с современными движениями земной коры, можно сделать вывод о связи этих явлений (рис. 1). Эпицентры природных землетрясений приурочены к областям современных вертикальных движений земной коры от -1.5 до -4 мм/год.

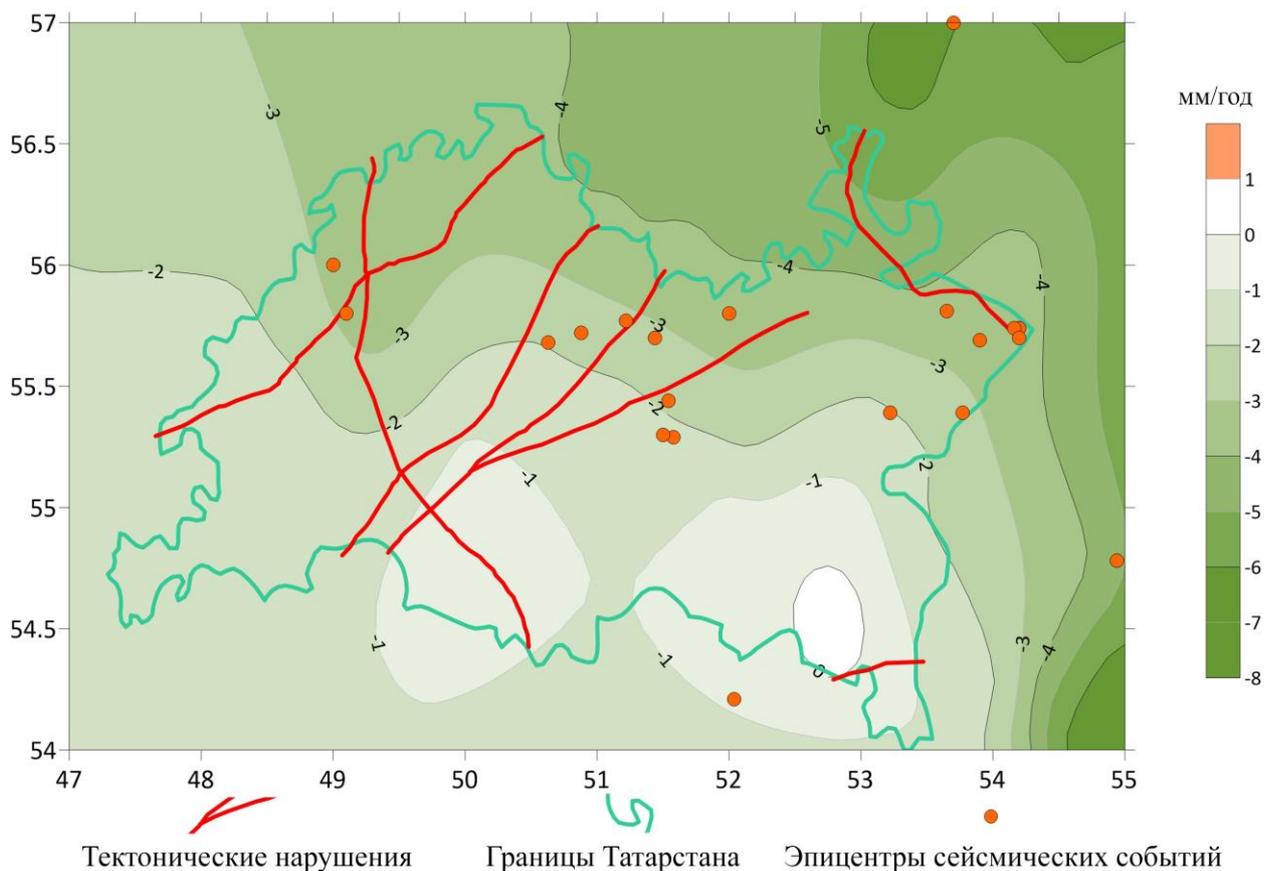
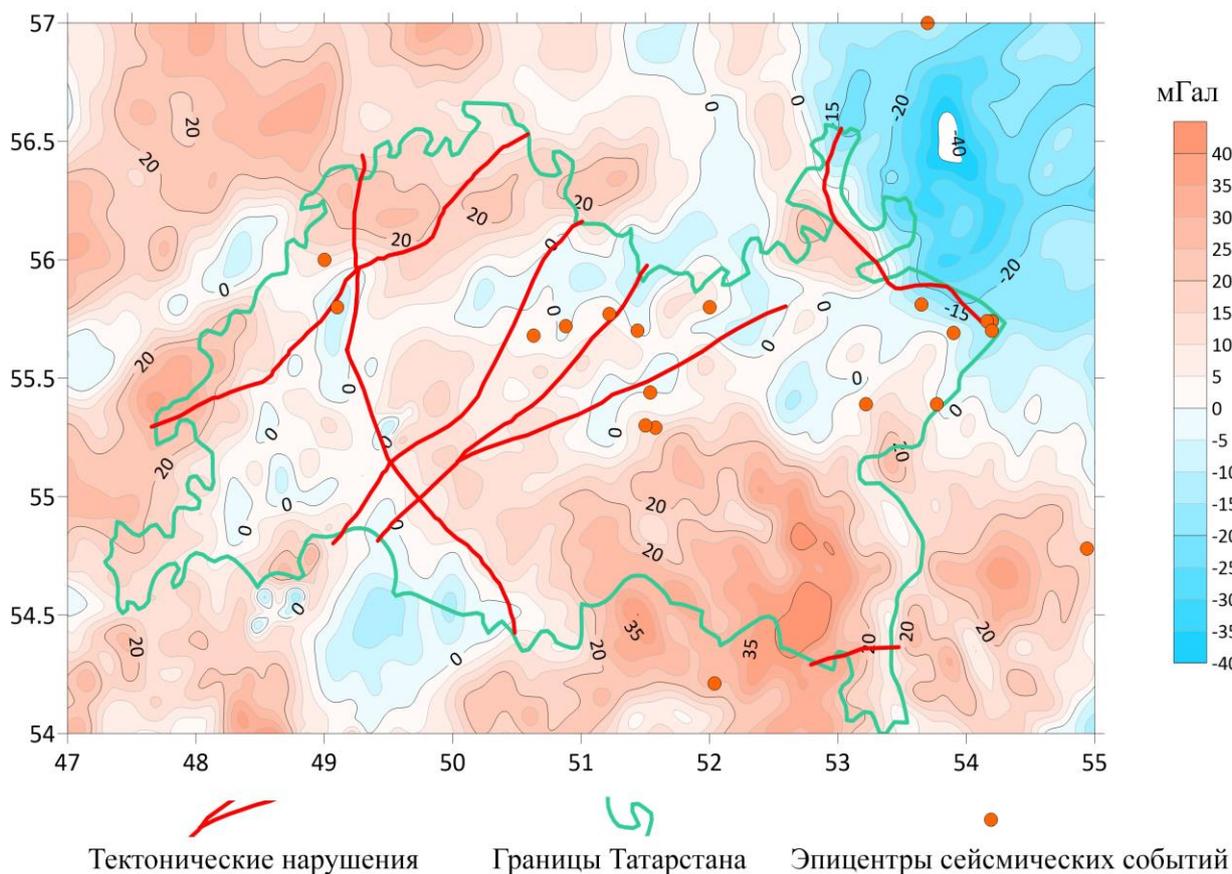


Рис. 1. Современные вертикальные движения земной коры

### Аномальное гравитационное поле

Анализ расположения аномального гравитационного поля и сейсмической активности показывает связь этих параметров, что позволяет использовать аномальное гравитационное поле, как один из информативных признаков для оценки сейсмического потенциала региона (рис. 1). Сейсмические события связаны со значениями аномального гравитационного поля менее 15 мГал. Также выявляется связь расположения и направленности гравитационных аномалий и сейсмоактивной тектоники (рис. 2).



**Рис. 2.** Аномальное гравитационное поле

Каждое геологическое тело создает гравитационное и магнитное поле, и совместный анализ таких полей позволяет получить больше информации об исследуемом объекте. Для возникновения сейсмических событий наиболее благоприятен контакт двух крупных геологических структур, который может проявиться в аномальном магнитном поле в виде линии смены знака магнитных аномалий.

### Адмиттанс

Для изучения строения региона был использован метод соотношения аномального гравитационного и магнитного полей, или метод адмиттанса. Наиболее наглядным является изучение градиента такого соотношения, что позволяет выделить не только аномалии, но и переходы между ними, детализировать и уточнить общую картину распределения геофизических полей региона (рис. 3).

Анализ градиента адмиттанса в исследуемом регионе показывает приуроченность эпицентров сейсмических событий к линиям максимальных значений этого параметра. При этом расположение очагов не ограничивается непосредственно линией контакта, а формирует зону с шириной, задаваемой размерами структур и интенсивностью геодинамических процессов.

Таким образом, после оценки имеющейся геолого-геофизической информации были выбраны наиболее информативные признаки, позволяющие выделить зоны возможных очагов землетрясений исследуемого региона, это аномальное гравитационное поле, современные вертикальные движения земной коры, адмиттанс и расположение крупнейших тектонических нарушений.

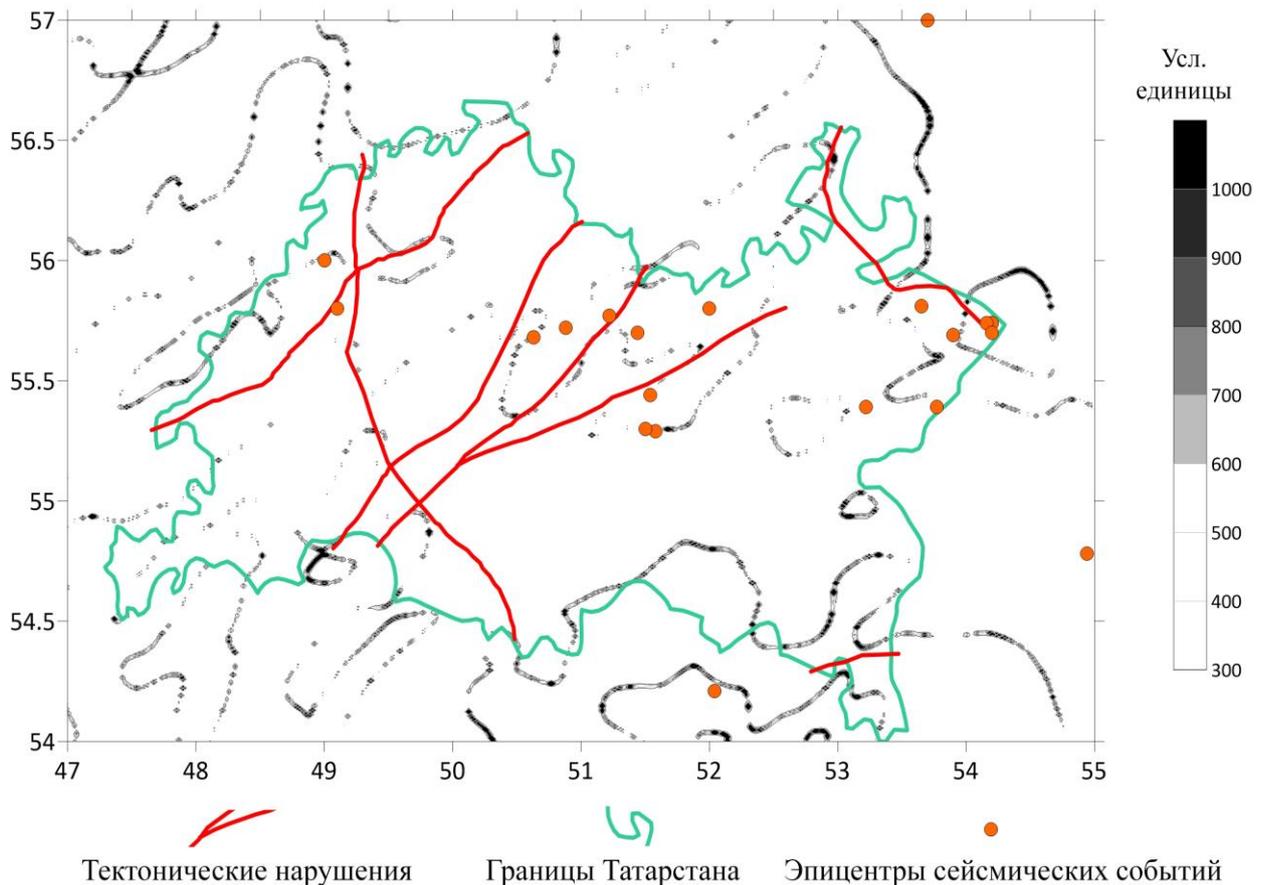


Рис. 3. Сопоставление расположения эпицентров с сейсмических событий с максимальными значениями адмиттанса

### Выделение зон возможных очагов землетрясений

Для выделения зон возможных очагов землетрясений регион был разбит на ячейки с шагом 0,1 градус, обладающие набором физических характеристик, связанных с возможностью возникновения землетрясения. Затем были выбраны значения параметров, при которых, возможно возникновение землетрясения. Программа по определенному алгоритму выбрала ячейки с соответствующими физическими параметрами и оконтуривала их, выделяя зоны возможных очагов землетрясений. Сложное строение региона потребовало использование двух выборок, конечная карта зон возможных очагов землетрясений стала результатом их совмещения.

Выделение зон ВОЗ осуществлялось в два этапа следующим образом:

Вдоль крупнейших тектонических нарушений выделялась зона влияния нарушений, ширина которой составила 20 км. Внутри зоны выбирались ячейки, в каждой из которых значение аномального гравитационного поля было менее 15 мГал и скорость современных вертикальных движений земной коры составляла от -2 до -4 мм/год. Полученные ячейки объединялись в первую зону возможных очагов землетрясений.

Вторая зона влияния выделялась вдоль линий максимальных значений градиента адмиттанса. Ширина такой зоны также составила 20 км. Внутри зоны были выбраны и оконтурены ячейки, каждая из которых обладала характеристиками, аналогичными характеристикам ячеек в первой выделенной зоне. Зоны возможных очагов землетрясений исследуемого региона были получены сложением двух выделенных зон, рис. 4.

Суммарная площадь выделенных зон возможных очагов землетрясений составила 36610 км<sup>2</sup>, что составляет 21,8% площади исследуемого региона. На территории этой зоны и на её границах находится 15 тектонических землетрясений, 5 землетрясений находятся вне выделенной зоны, при этом для землетрясений, зарегистрированных вне территории Татарстана, выделение зон возможных очагов землетрясений ограничивалось доступностью информации о тектоническом строении региона.

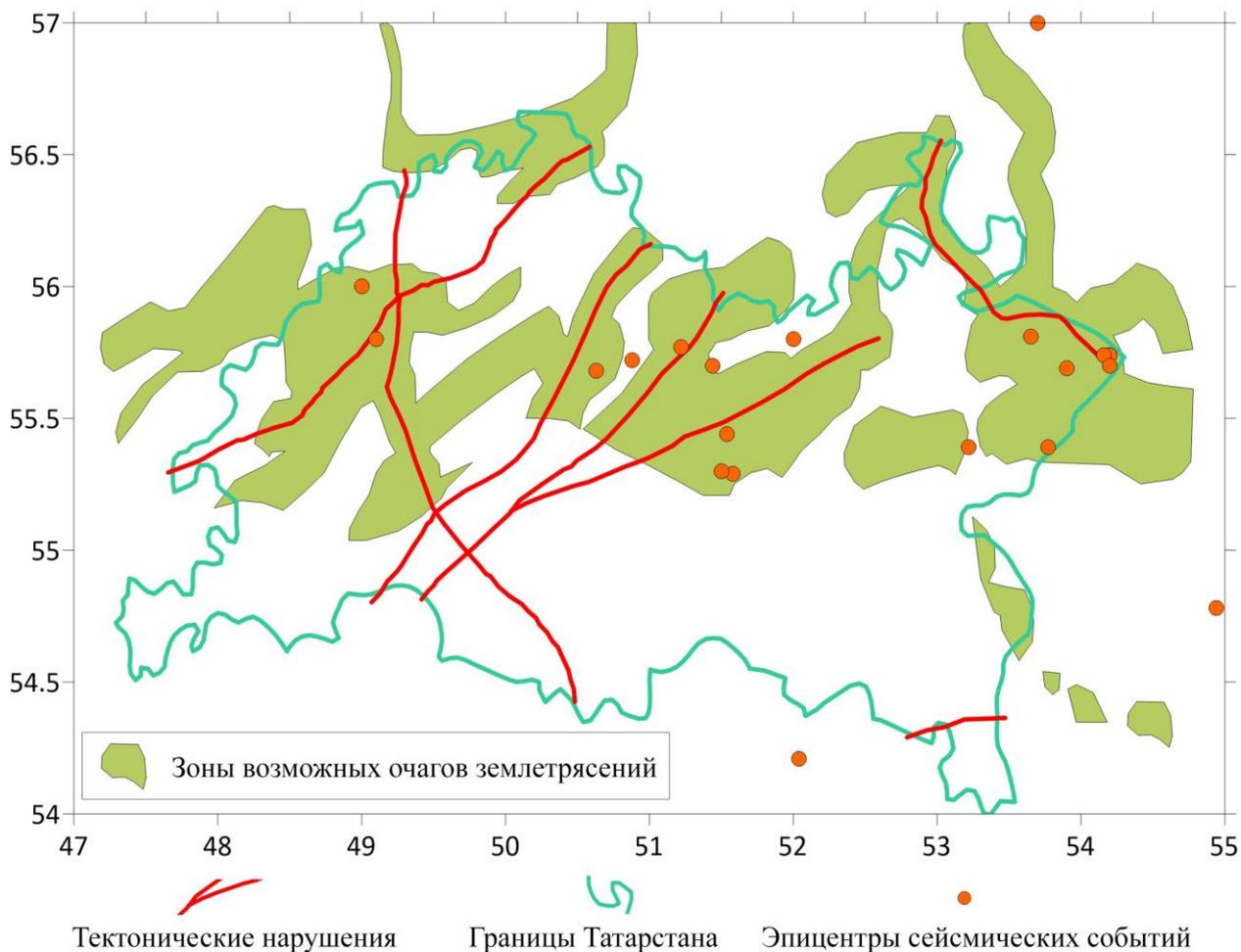


Рис. 4. Выделенные зоны возможных очагов землетрясений

### Выводы

Подобный подход к выделению зон возможных очагов землетрясений ранее был опробован для Западно-Уральского региона. Исследуемый регион имеет меньшие размеры, другое геологическое строение и особые условия возникновения сейсмической активности, что было необходимо осмыслить и описать. Результаты работы показывают, что подход применим к такому региону и обладает возможностью адаптации к другим сейсмически слабоактивным регионам.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения по государственному заданию № 075-03-2021-374 от 29 декабря 2020 г. (рег. номер 122012000401-7)*

**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. Завьялов А.Д. Среднесрочный прогноз землетрясений: основы, методика, реализация. – М.: Наука, 2006. – 253 с.: ил.
3. Кашин Л.А. Карта современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территории СССР [Карты]. – 1:5000000. – Баку: Азербайджанаэрогеодезия, 1989. – 1 к.
4. EMAG2: Earth Magnetic Anomaly Grid (2-arc-minute resolution). – Текст электронный. – URL: <http://geomag.org/models/emag2.html>, свободный (дата обращения 10.04.2019).
5. Satellite Geodesy: [Официальный сайт]. – Текст электронный. – URL: [http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get\\_data.cgi](http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi), свободный (дата обращения 10.04.2019).

УДК 550.31; 550.34; 550.834

DOI:10.7242/echo.2022.1.11

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РОЛИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ  
В ФОРМИРОВАНИИ И ПРОГНОЗЕ  
ГЕОДИНАМИЧЕСКИ НЕУСТОЙЧИВЫХ ЗОН ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ**

Т.С. Блинова

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** В статье рассмотрены результаты прогноза геодинамически неустойчивых зон и их связь с глубинным строением Южного Предуралья на примере Оренбургского региона. В этих зонах состояние, свойства и динамика происходящих процессов таковы, что делают зоны восприимчивыми к дестабилизации под действием региональных и глобальных тектонических сил, которая проявляется в сейсмичности. Методика выделения геодинамически неустойчивых зон по комплексу геолого-геофизических данных и расчета сейсмического потенциала слабоактивных территорий разработана в Горном институте УрО РАН. Исследования проводились в геоинформационной системе «ГЕО». Сформирована единая база данных для выделения таких зон. Она была использована для прогноза геодинамически неустойчивых зон в пределах Оренбургского региона. Определены связи этих зон с глубинным строением, что дает возможность уточнить их расположение и подтвердить возможность существования таких зон в любых слабосейсмичных регионах. Исследования проведены по профилям глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). Они подтвердили ранее полученные результаты о связи геодинамически неустойчивых зон с глубинным строением востока Русской, Печорской и Западно-Сибирской плит. Границы зон Оренбургского региона связаны с глубинными разломами на сейсмических разрезах ГСЗ и с глубинными низкоскоростными аномалиями. Это свидетельствует о влиянии процессов, происходящих в земной коре и верхней мантии на их формирование.

**Ключевые слова:** геодинамически неустойчивые зоны, прогноз, глубинное строение, геоинформационные системы, слабосейсмичные регионы.

**Введение**

Методика прогноза геодинамически неустойчивых зон по комплексу геолого-геофизических данных и расчета сейсмического потенциала слабоактивных территорий разработана в Горном институте УрО РАН. В этих зонах состояние, свойства и динамика происходящих процессов таковы, что делают их восприимчивыми к дестабилизации под действием различных тектонических сил. Они могут быть сейсмически активными, а также свидетельствовать о потенциальной сейсмичности некоторых участков изучаемых территорий. В результате исследований, проведенных для востока Русской, Печорской и Западно-Сибирской плит, была сформирована единая база данных для прогноза геодинамически неустойчивых зон.