

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-3.265>

УДК 550.34.03

ОПЫТ ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕЙ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА ПО КОМПЛЕКСУ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А.

Цель. Выявление региональных закономерностей сейсмического процесса и разработка на их основе методов долгосрочной оценки сейсмологической обстановки на территории Узбекистана.

Методы. Прогнозирование мест ожидаемой в ближайшие годы сейсмической активизации на территории Узбекистана основывается на закономерностях изменений прогностических параметров сейсмического режима в очаговых зонах сильных землетрясений и особенностях проявления совокупности землетрясений в пределах сейсмоактивных зон.

Результаты. Установлено, что в пределах сейсмоактивных зон имеются области, в которых сейсмическая активность на уровне сильных землетрясений за исторический период времени была очень высокой. Эти области считаются потенциально опасными для возникновения землетрясений в дальнейшем. По количеству проявившихся на текущий момент времени аномальных признаков в различных прогностических параметрах сейсмического режима области ранжированы по вероятности возникновения сильных землетрясений в ближайшие годы.

Область применения исследований. Результаты проведенных исследований необходимы для разработки антисейсмических мероприятий на территории Республики Узбекистан.

Ключевые слова: долгосрочный прогноз землетрясений, параметры сейсмического режима, сейсмическая активность, сейсмическая брешь.

(Поступила в редакцию 21 мая 2020 г.)

Введение

Современные карты сейсмического районирования указывают зоны, в которых интенсивность сейсмических воздействий с заданной вероятностью не будет превышена в течение 50–100 лет. Вопрос же о том, какие из сейсмоопасных зон проявят себя сейсмической активизацией в ближайшие годы, нуждается в детальном рассмотрении, основанном на выявлении пространственно-временных и энергетических закономерностей развития сейсмического процесса в очагах сильнейших землетрясений, исследовании направленности его протекания в пределах сейсмоактивной зоны, установлении особенностей взаимосвязи между геодинамическим режимом различных активных тектонических структур с учетом их характерных размеров. В статье приводится обсуждение разработанной методологии оценки текущей сейсмологической обстановки по комплексу прогностических параметров сейсмического режима и построенной на ее основе карты областей ожидаемой на территории Узбекистана сейсмической активизации в ближайшие годы.

Первая карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы (рис. 1) была построена в конце 2015 г. [1–3] и передана в МЧС Республики Узбекистан для проведения необходимых антисейсмических мероприятий. Практически все сильные (с $M \geq 5$) землетрясения, произошедшие на территории Узбекистана и в сопредельных с ним областях в 2016–2017 гг., попали в выделенные на данной карте области долгосрочного прогноза, в которых вероятность их возникновения оценивалась как высокая и очень высокая, что свидетельствует о перспективности разрабатываемой методологии долгосрочного прогноза мест ожидаемой сейсмической активизации. С учетом меняющейся сейсмологической обстановки в регионе, индикаторами которой являются происходящие землетрясения слабой

и умеренной силы, разрабатываемые карты областей ожидаемой сейсмической активизации нуждаются в обновлении каждые один-два года. Следующая по времени карта областей ожидаемой сейсмической активизации на территории республики была построена по сейсмологическим данным, оканчивающимся декабрем 2017 г., и внедрена в МЧС Республики Узбекистан в 2018 г. Основные этапы ее построения излагаются в настоящей статье.

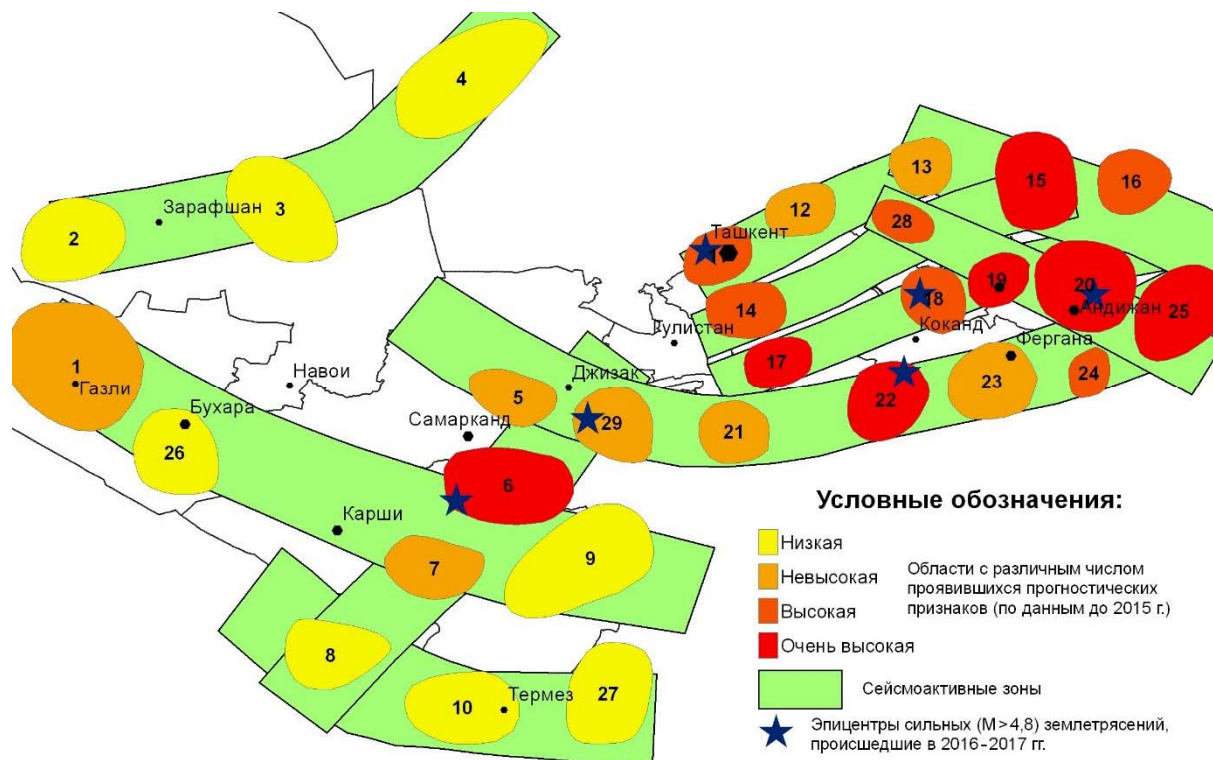


Рисунок 1. – Карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы по комплексу прогностических параметров сейсмического режима, построенная в 2015 г. и переданная в МЧС Республики Узбекистан

Основная часть

Методология выявления областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы по комплексу прогностических параметров сейсмического режима

При изучении сейсмичности исследуемой территории использовался каталог землетрясений территории Узбекистана и прилегающих к нему областей, составленный в Институте сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан. Каталог включает параметры исторических и инструментальных землетрясений. Инструментальный период наблюдений на территории Узбекистана начинается с 1901 г., когда в республике была установлена первая сейсмическая станция «Ташкент». Сеть сейсмометрических наблюдений развивалась в последующие годы. В настоящее время на территории Узбекистана функционирует свыше 50 стационарных сейсмических станций. Сведения о сильных землетрясениях, которые происходили в доинструментальный период, были заимствованы из каталога сильных землетрясений СССР с древнейших времен, составленного под редакцией Н.В. Кондорской и Н.В. Шебалина [9]. Такие землетрясения в сейсмологической терминологии принято называть историческими, а временной интервал, когда происходили эти сейсмические события, – историческим периодом.

В качестве основной характеристики для классификации землетрясений по величине в региональном каталоге используется энергетический класс землетрясений K , определяемый по сумме амплитуд объемных P - и S -волн, зарегистрированных короткопериодной аппаратурой. Энергетический класс землетрясений K был введен в сейсмологическую прак-

тику в работах Т.Г. Раутиан [10]. Он связан с высвобожденной при землетрясениях сейсмической энергией E формулой $K = \lg E$, Дж. Переход от энергетического класса K к локальной (Рихтеровской) магнитуде M_L (далее – M), определяемой по измерениям амплитуд смещений объемных волн на короткопериодной аппаратуре, осуществлялся на основе номограммы Т.Г. Раутиан для территории Средней Азии [10]:

$$K = 1,8 M + 4,0 \quad (M < 5,5);$$

$$K = 1,5 M + 5,6 \quad (M \geq 5,5).$$

Прогноз мест ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы базируется на закономерностях протекания сейсмического процесса в очаговых областях сильных землетрясений и особенностях проявления совокупности сильных землетрясений в пределах сейсмоактивных зон.

На первом этапе в пределах сейсмоактивных зон выделяются такие пространственные области, в которых сейсмическая активность на уровне сильных землетрясений за исторический период была весьма высокой. Это области интенсивного дробления земной коры. Они определяют, пользуясь терминологией Ю.В. Ризниченко [4], современный сейсмический климат исследуемой территории. В связи с малой изменчивостью направленности протекания сейсмотектонических процессов, определяющих современное напряженное состояние сейсмоактивных зон, с большой степенью вероятности именно эти области проявят себя высокой сейсмической активностью и в ближайшие десятилетия.

На втором этапе по выявленным за последние годы аномальным изменениям в параметрах сейсмического режима выделенные ранее области долгосрочного прогноза ранжируются по вероятности ожидания в них сильных землетрясений в течение 5–6 ближайших лет. Тем самым определяется, пользуясь той же терминологией [4], сейсмическая погода.

Остановимся подробнее на описании каждого этапа.

На основе анализа сейсмологических и сейсмотектонических данных на территории Узбекистана выделено десять сейсмоактивных зон, направление которых совпадает с простираем крупных геотектонических структур [5–8], способных генерировать землетрясения с магнитудой $M \geq 5$. Это Ташкентская (1), Южно-Ферганская (2), Восточно-Ферганская (3), Нурекатино-Ангренская (4), Северо-Ферганская (5), Южно-Узбекистанская (6), Амударьинская (7), Газли-Каратагский фрагмент Южно-Тянь-Шаньской сейсмоактивной зоны (8), Северо-Тамдынская зона (9) и Таласо-Ферганская зона (10).

На рисунке 2 показаны выделенные сейсмоактивные зоны и эпицентры землетрясений с $M \geq 4,7$ ($K \geq 12,6$) территории Узбекистана и сопредельных областей, начиная с исторических времен. Как видно из рисунка, сильные землетрясения располагаются не равномерно по сейсмоактивной зоне, а концентрируются в виде групп в областях с линейными размерами 50–80 км. На карте эпицентров землетрясений эллипсами различных размеров отмечено 29 мест таких скоплений.

Сосредоточение сильных землетрясений в компактных областях имеет реальную физическую природу. Места остановки разрывов от происшедших землетрясений являются дополнительными концентраторами напряжений. Поэтому последующим подвижкам, по мере роста тектонических напряжений в пределах сейсмоактивной зоны, проще всего реализоваться именно в этих областях. Данные соображения, безусловно, перекликаются с концепцией сейсмической брешы [11; 12], но линейные размеры выделяемых областей существенно меньше, чем это предусмотрено в рамках упомянутой концепции. Так, с учетом длины очага тектонического землетрясения с $M \geq 7$ [4], область, охватывающая три Газлийских землетрясения 1976 и 1984 гг. с магнитудами от 7,0 до 7,3, должна превысить 150 км. В реальности же она значительно компактней и не превышает 70–80 км.

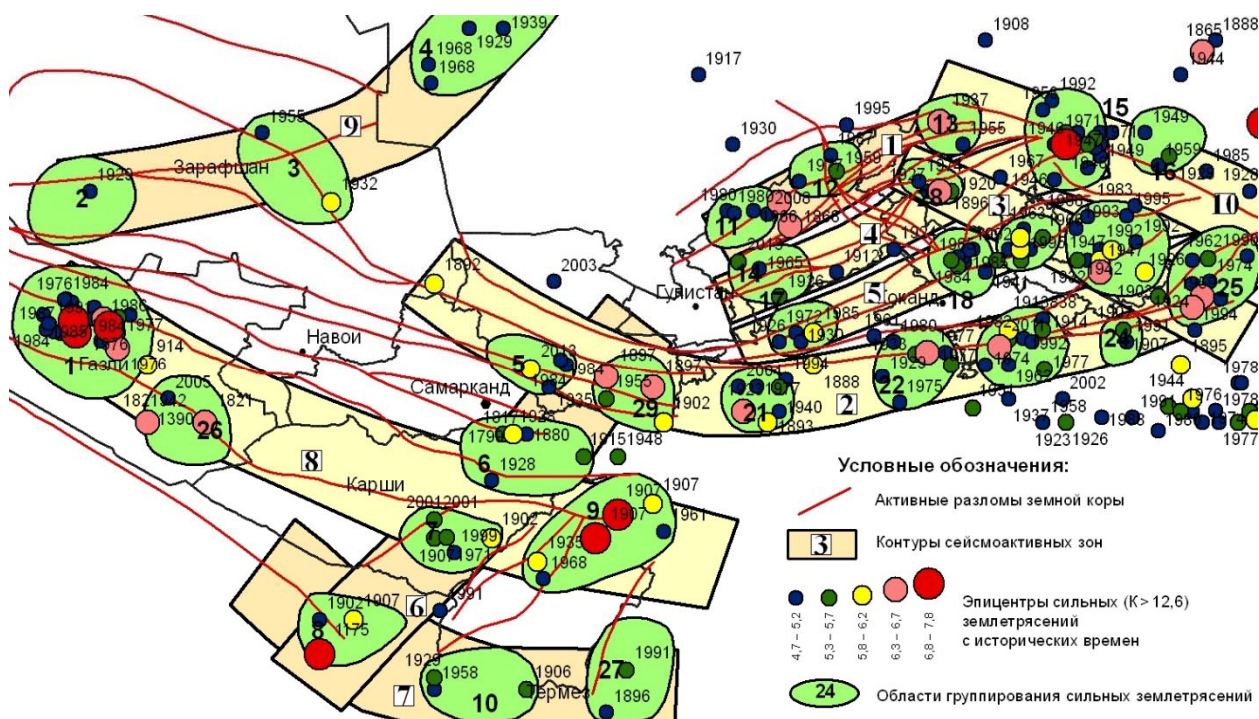


Рисунок 2. – Сейсмоактивные зоны территории Узбекистана и эпицентры сильных ($M \geq 4,7$) землетрясений с исторических времен

Сопоставляя карты эпицентров, построенные за различные временные интервалы (до 1900 г. и начиная с инструментального периода), можно отметить, что выделенные области с высокой концентрацией сильных землетрясений достаточно устойчиво сохраняют свою конфигурацию. Анализ сейсмологической обстановки в этих областях составляет основное содержание второго этапа.

Существуют определенные статистические закономерности в пространственно-временном распределении последовательных сильных землетрясений, происходящих в пределах единой сейсмоактивной зоны. На основе анализа представительных сейсмических событий с $M \geq 4,8$ начиная с 1900 г. (более 200 сейсмических событий) установлено [13], что для 65 % землетрясений временной интервал между двумя последовательными сейсмическими событиями, возникшими в одной и той же сейсмоактивной зоне, не превосходит пяти лет. И в равных долях, примерно по 10 %, временной интервал между двумя последовательными сейсмическими событиями составляет 6–10, 11–15 и 16–20 лет (рис. 3). Преобладание короткой (до 5 лет) сейсмической паузы между последовательными сейсмическими событиями свидетельствует о том, что землетрясения, возникающие в пределах сейсмоактивной зоны, происходят не равномерно во времени, а группируются в периоды сейсмической активизации.

В пространственном расположении очага последующего землетрясения относительно местоположения предыдущего землетрясения выявляются следующие закономерности (рис. 4). Если последующее сильное землетрясение происходит в первые пять лет после уже возникшего, то, вероятней всего, оно будет находиться в менее чем 70 км от предыдущего.

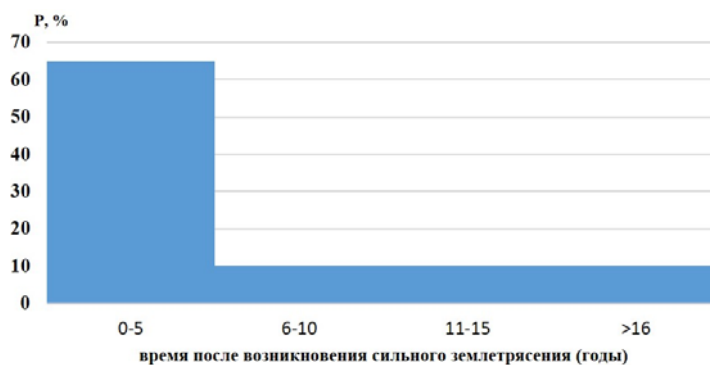


Рисунок 3. – Распределение по времени интервалов между двумя последовательными землетрясениями, произошедшими в пределах сейсмоактивной зоны

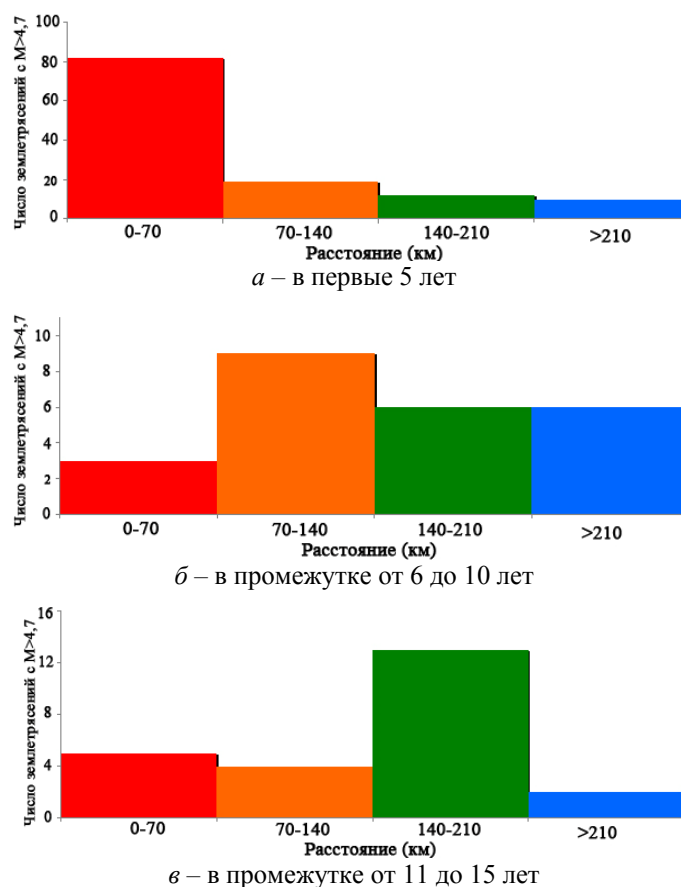


Рисунок 4. – Распределение в пространстве последующих сильных землетрясений сейсмоактивной зоны относительно предыдущего в различные промежутки времени

Это могут быть не только афтершоки предыдущего землетрясения, но и самостоятельные сильные толчки, происходящие в компактных пространственно-временных интервалах, в результате чего мы наблюдаем так называемую миграцию землетрясений, а также одиночные землетрясения, возникающие на незначительном удалении от происшедшего сильного землетрясения (эффект расхождения сейсмичности).

Если последующее сильное землетрясение возникает во временном промежутке от 6 до 10 лет после возникновения предшествующего, то с наибольшей вероятностью оно произойдет на расстоянии от 70 до 140 км от него. И наконец, если последующее сильное землетрясение возникает во временном промежутке от 11 до 15 лет после возникновения предшествующего, то с наибольшей вероятностью оно произойдет на расстояниях от 140 до 210 км от него.

На основе эмпирического распределения пространственно-временных интервалов возникновения последующего сильного землетрясения относительно предыдущего, с учетом места и времени возникновения последних сильных землетрясений в зоне построена карта областей ожидаемой сейсмической активизации территории Узбекистана на ближайшие годы по данному прогностическому признаку (рис. 5).

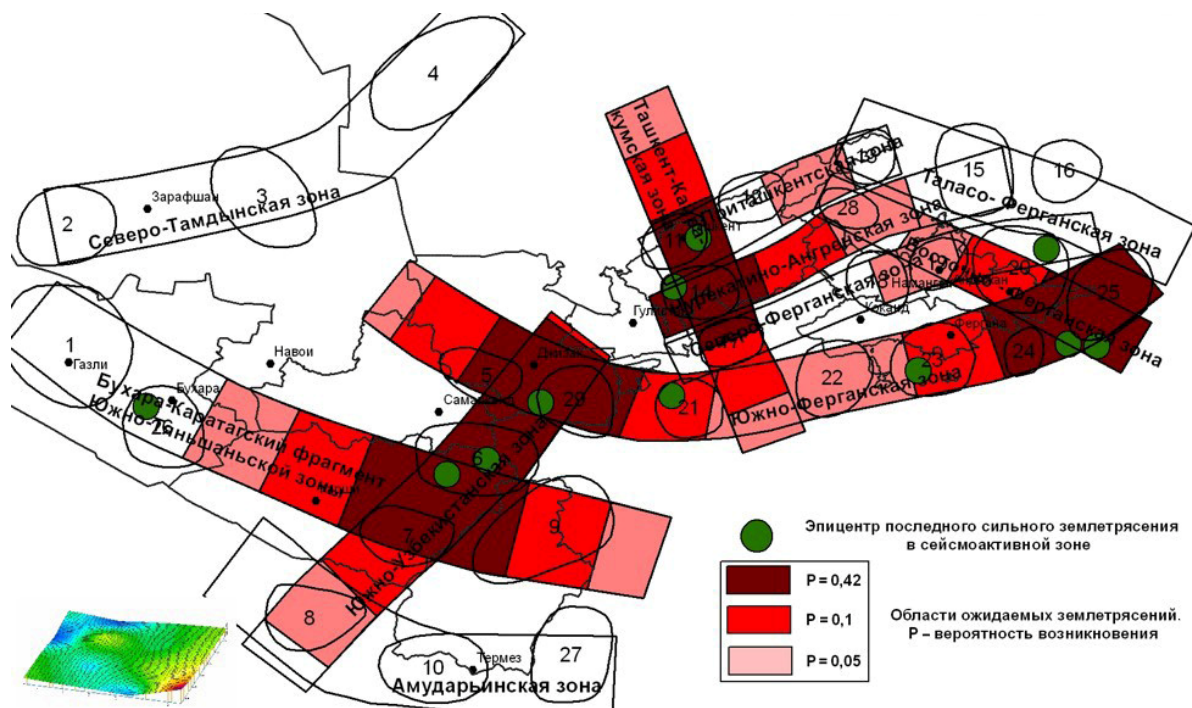


Рисунок 5. – Карта мест ожидания сильных землетрясений по закономерностям пространственно-временного распределения последовательных сейсмических событий

Для каждой сейсмоактивной зоны и различных ее сегментов по землетрясениям с магнитудами M от 2,5 до 4,5 были определены параметры повторяемости землетрясений различного энергетического уровня [14] – сейсмическая активность и сейсмическая дробность среды (параметры a и b в уравнении Гуттенберга-Рихтера $N(M) = 10^{a-Mb}$, где $N(M)$ – число событий с магнитудой $\geq M$). С учетом даты последнего землетрясения с $M \geq 4,8$, произошедшего в сейсмоактивной зоне и в различных ее сегментах, в предположении, что сильные землетрясения образуют Пуассоновский поток событий, оценена вероятность возникновения очередного сильного землетрясения в зоне на текущий момент времени. Карта зон ожидания сильных землетрясений по длительности сейсмической паузы землетрясений с магнитудой $M \geq 4,8$ показана на рисунке 6. Глубина сейсмического затишья на данной карте характеризуется количеством средних периодов $T_{M=4,8}$, в течение которых землетрясений такого энергетического уровня в зоне не происходило, и вероятностью их возникновения на текущий момент по распределению Пуассона.

Наибольшей глубиной сейсмического затишья по землетрясениям с $M \geq 4,8$ характеризуется центральная часть Северо-Ферганской сейсмоактивной зоны, где в 1984 г. отмечалась череда Папских землетрясений, и восточная часть Таласо-Ферганской сейсмоактивной зоны, где последнее сильное землетрясение датируется 1928 г. На этих участках длительность сейсмической паузы по сейсмическим событиям с $M \geq 4,8$ составляет 4–5 средних периода повторения землетрясений такой интенсивности. Велика вероятность возникновения сейсмической активизации по данному прогностическому признаку и в центральной части данной зоны, а также на концевых участках Восточно-Ферганской сейсмоактивной зоны и в пределах западного и центрального участков Газли-Карагаского фрагмента Южно-Тянь-Шаньской сейсмоактивной зоны. Здесь сейсмическая пауза по землетрясениям с $M \geq 4,8$ составляет 2–3 средних периода повторения землетрясений такой

силы. Эти области, в которых активность слабых землетрясений высока, а разрядки в виде сильных землетрясений не происходит, представляют значительный интерес в плане долгосрочного прогноза сейсмической активизации.

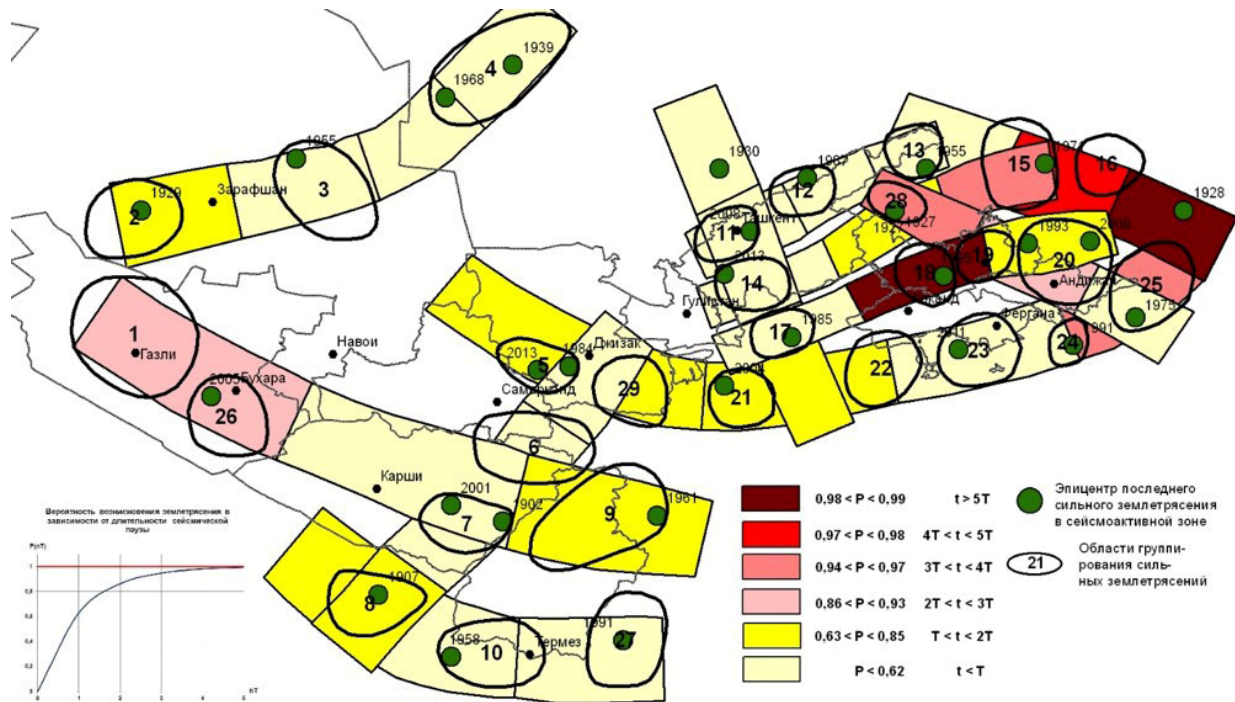


Рисунок 6. – Вероятностная карта ожидания сильных землетрясений в сейсмоактивной зоне по длительности сейсмической паузы землетрясений с $M \geq 4,8$

Вместе с тем, учитывая, что сильные землетрясения происходят неравномерно во времени, делать прогноз, опираясь только на графики повторяемости землетрясений, нельзя.

Дальнейшее исследование текущей сейсмологической обстановки в пределах сейсмоактивных зон проводилось на основе анализа комплекса прогностических параметров сейсмического режима, характеризующих кинетику процесса трещинообразования очаговой области по мере приближения к моменту магистрального разрыва [15–18]. С этой целью были рассчитаны средние долговременные значения параметров сейсмического режима и их флуктуации, отмеченные за последние годы, в каждой точке сейсмоактивной зоны, и выявлены области, в которых на текущий момент времени отмечаются аномалии. При этом особое внимание отводилось тем 29 областям, расположенным в пределах сейсмоактивных зон, в которых за исторический период времени и за период инструментальных наблюдений уже происходили сильные землетрясения. Рассматривались следующие параметры сейсмического режима, представляющие прогностическую ценность [15–18]:

- суммарное количество землетрясений N_{Σ} , происходящих в каждой точке сейсмоактивной зоны в единицу времени, на предмет выявления областей сейсмической активизации и сейсмического затишья [11; 14–18], а также нахождения областей, где на текущий момент времени наблюдаются эффекты так называемой кольцевой активности [11];
- временные изменения угла наклона графика повторяемости землетрясений γ в распределении сейсмических событий по энергетическим классам (закон Гутенберга – Рихтера), который называется сейсмической дробностью среды;
- совместное поведение сейсмической активности и сейсмической дробности;
- параметры, характеризующие степень сгруппированности сейсмических событий во времени и в пространстве [17; 18];

– энергетические характеристики сейсмического режима, которые описываются функцией логарифма выделившейся сейсмической энергии, графиками Бенъоффа, площадью образующихся в процессе сейсмической деформации разрывов, пропорциональных выделенной энергии с показателем степени 2/3.

Для различных прогностических параметров сейсмического режима размеры круговых областей, в которых они рассчитывались, а также пороговые значения флуктуаций, выход за которые интерпретировался как проявление аномалии, выбирались на базе ретроспективного анализа сейсмического процесса в областях уже проявившихся землетрясений (с этой целью были проанализированы временные изменения параметров сейсмического режима в очаговых зонах свыше 40 сильных землетрясений). На рисунках 7–8 показаны примеры проявления предвестников активизация сейсмичности по параметру N_{Σ} и аномалии сейсмической дробности (параметр γ), наблюдавшиеся перед некоторыми сильными землетрясениями на территории Узбекистана.

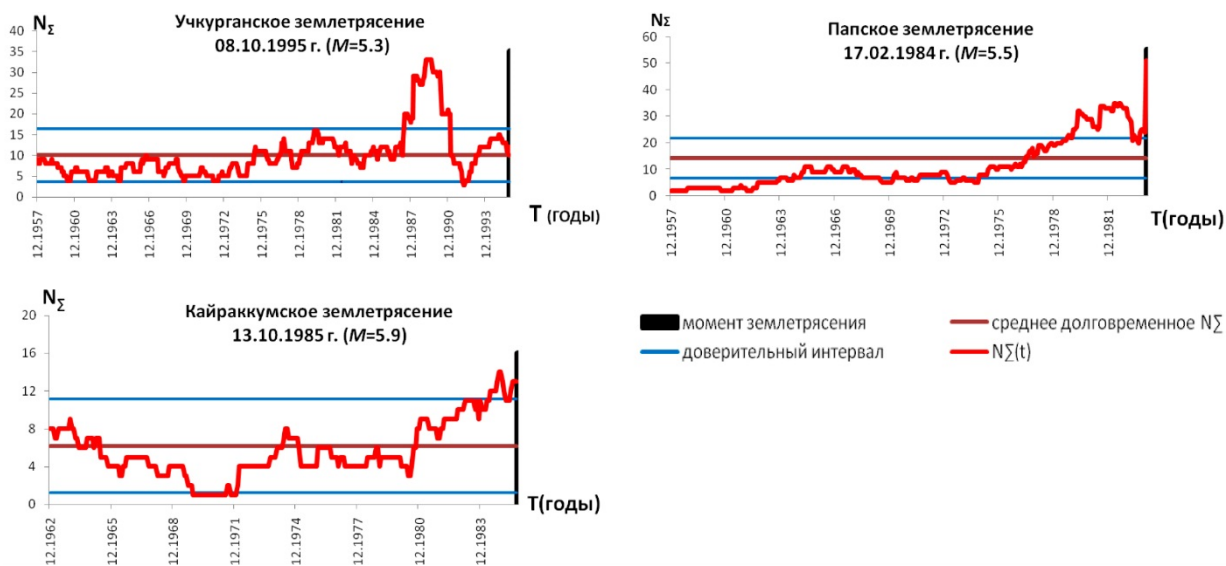


Рисунок 7. – Примеры проявления предвестника активизация сейсмичности по параметру N_{Σ} перед некоторыми землетрясениями на территории Узбекистана

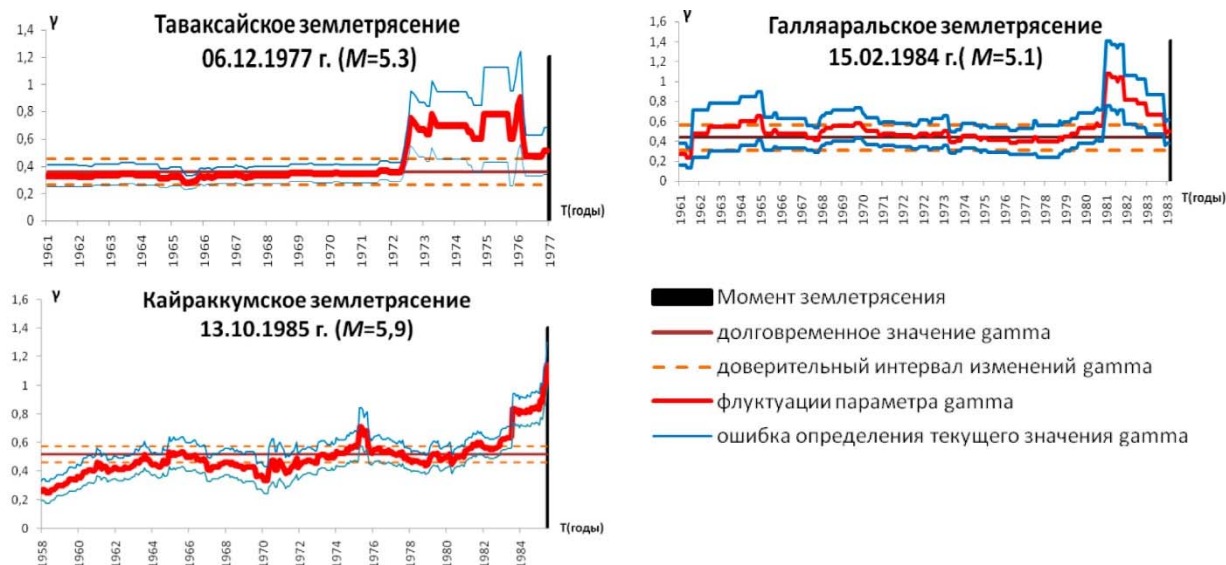


Рисунок 8. – Примеры проявления предвестника аномалии сейсмической дробности (параметр γ) перед некоторыми землетрясениями на территории Узбекистана

На рисунках 9–10 показаны области, в которых на 1 января 2018 г. наблюдались аномалии по параметру N_{Σ} и вариациях угла наклона графика повторяемости землетрясений (параметр γ). Поскольку, как отмечалось выше, подобные аномалии неоднократно предшествовали сильным землетрясениям, они имеют определенную прогностическую ценность.

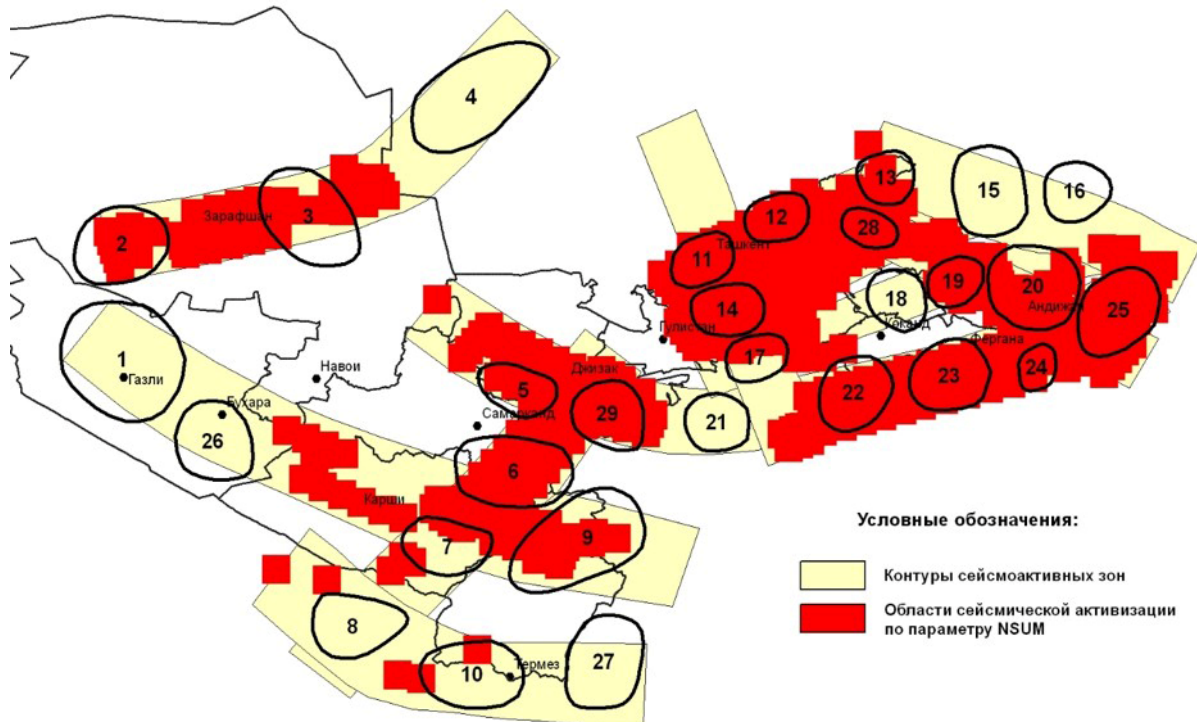


Рисунок 9. – Области сейсмической активизации по параметру N_{Σ} на 1 января 2018 г.

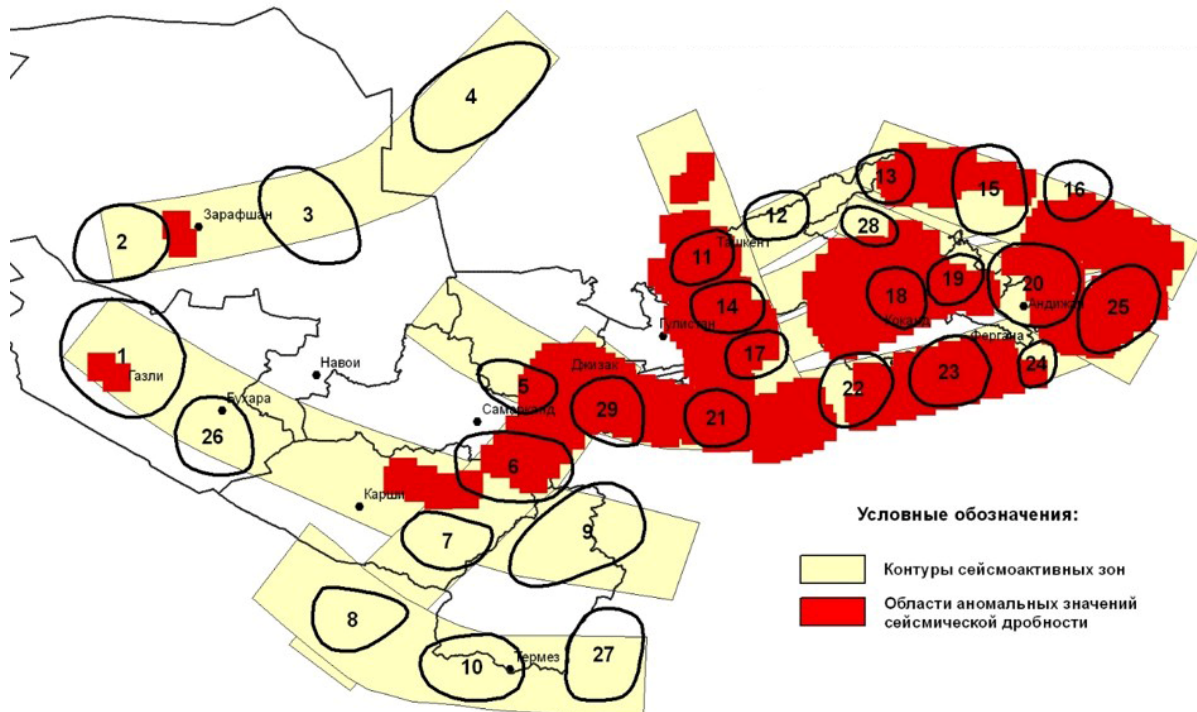


Рисунок 10. – Области аномальных значений сейсмической дробности на 1 января 2018 г.

Действующая карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы по комплексу прогностических параметров сейсмического режима

На основе анализа комплекса прогностических признаков в начале 2018 г. была разработана и внедрена в МЧС Республики Узбекистан следующая по времени (после первой карты, построенной в 2015 г.) карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы (рис. 11). В эту карту вошли сейсмологические данные, оканчивающиеся декабрем 2017 г.

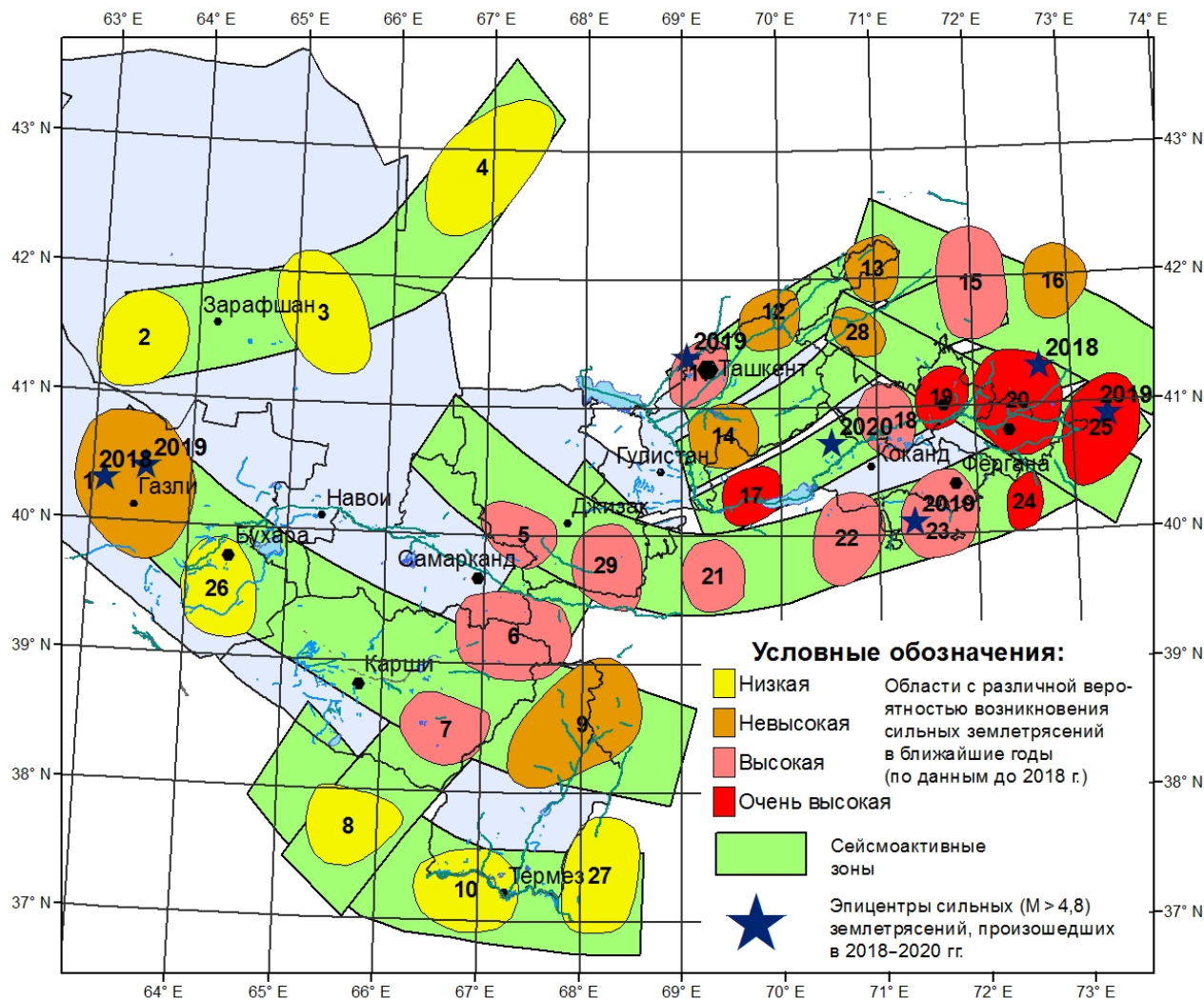


Рисунок 11. – Действующая на территории Республики Узбекистан карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы по комплексу прогностических параметров сейсмического режима

По числу проявившихся аномальных признаков были введены четыре градации для характеристики степени сейсмической опасности каждой очаговой зоны на текущий момент времени:

низкая вероятность возникновения землетрясений в ближайшие годы: до 3 проявившихся прогностических признаков (желтые области на рис. 11);

невысокая вероятность возникновения землетрясений: 4–5 проявившихся прогностических признаков (коричневые области на рис. 11);

высокая вероятность возникновения землетрясений: 6–7 проявившихся прогностических признаков (розовые области на рис. 11);

очень высокая вероятность возникновения землетрясений: 8–11 проявившихся прогностических признаков (красные области на рис. 11).

Как это видно из рисунка 11, на разработанной карте долгосрочного прогноза выделено 5 областей с очень высокой вероятностью возникновения сильного землетрясения и 10 областей с высокой вероятностью возникновения сильного землетрясения. Из этих областей 10 располагаются в Восточном Узбекистане и 4 в Центральном Узбекистане. Анализ параметров сейсмического режима показал, что практически все области концентрации сильных землетрясений с исторических времен, расположенные в пределах Южно-Ферганской и Северо-Ферганской сейсмоактивных зон, на сегодня характеризуются высокой и очень высокой вероятностью в них сильных землетрясений в ближайшие годы. Очень высокой вероятностью возникновения сильных землетрясений характеризуются также несколько областей, расположенных в южной части Восточно-Ферганской сейсмоактивной зоны. На рисунке 11 показаны эпицентры сильных землетрясений, которые произошли в период с 1 января 2018 г. по 31 марта 2020 г. Значительная часть этих землетрясений попала в области с высокой и очень высокой вероятностью возникновения сильных землетрясений. Два землетрясения попали в Газлийскую очаговую зону, для которой уровень прогнозируемых сейсмических событий, по-видимому, следует повысить, поскольку здесь в 1976 и 1984 гг. были отмечены землетрясения с магнитудой $M \geq 7$ и землетрясения с прогнозируемой магнитудой $M \geq 4,8$ происходят достаточно часто. Одно из землетрясений произошло в 2020 г. в пределах Северо-Ферганской сейсмоактивной зоны вне выделенных областей долгосрочного прогноза.

Заключение

Анализ карты областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы, построенной в 2015 г., показал ее высокую информативность. Практически все сильные (с $M \geq 5$) землетрясения, происшедшие в 2016–2017 гг. на территории Узбекистана и в сопредельных с ним областях, попали в выделенные на данной карте области долгосрочного прогноза с высокой и очень высокой вероятностью возникновения сильных землетрясений.

С учетом меняющейся геодинамической обстановки в регионе в начале 2018 г. была разработана и внедрена в МЧС Республики Узбекистан (следующая после карты, построенной в 2015 г.) карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы. На данной карте выявлены области, в которых наблюдались аномалии в различных параметрах сейсмического режима. По количеству проявившихся аномальных признаков области ранжированы по вероятности возникновения в них сильных землетрясений на ближайшие годы. Разработанная карта предназначена для проведения антисейсмических мероприятий на территории Республики Узбекистан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артиков, Т.У. Синоптический долгосрочный прогноз мест ожидаемой сейсмической активизации на территории Узбекистана / Т.У. Артиков [и др.] // Геориск. – 2017. – № 2. – С. 20–28.
2. Артиков, Т.У. Методология синоптического прогноза мест ожидаемой сейсмической активизации на территории Узбекистана / Т.У. Артиков [и др.] // Геология и минеральные ресурсы. – 2017. – № 2. – С. 59–65.
3. Artikov, T.U. Identification of expected seismic activity areas by forecasting complex seismic-mode parameters in Uzbekistan / T.U. Artikov [et al.] // Geodesy and Geodynamics. – 2018. – Vol. 9, Iss. 2. – P. 121–130. DOI: 10.1016/j.geog.2017.11.005.
4. Ризниченко, Ю.В. Проблемы сейсмологии. Избранные труды / Ю.В. Ризниченко. – М.: Наука, 1985. – 408 с.
5. Артиков, Т.У. Взаимосвязь между периодами сейсмической активизации в различных сейсмоактивных зонах / Т.У. Артиков [и др.] // Геология и минеральные ресурсы. – 2015. – № 1. – С. 56–64.
6. Artikov, T.U. Revealing of seismic activation interrelationships in various seismoactive zones / T.U. Artikov [et al.] // Geodesy and Geodynamics. – 2015. – Vol. 6, No. 5. – P. 351–360. DOI: 10.1016/j.geog.2015.03.007.

7. Ибрагимов, Р.Н. Сеймотектонический метод оценки сейсмической опасности и вопросы сейсмического районирования / Р.Н. Ибрагимов, У.А. Нурматов, О.Р. Ибрагимов // Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане. – Ташкент: Гидроингео, 2002. – С. 59–74.
8. Уломов, В.И. Динамика земной коры Средней Азии и прогноз землетрясений / В.И. Уломов. – Ташкент: Фан, 1974. – 218 с.
9. Новый каталог сильных землетрясений СССР с древнейших времен до 1975 года / ред.: Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин. – М.: Наука, 1977. – 506 с.
10. Rautian, T.G. The problem of determining the energy of earthquakes / T.G. Rautian // Magnitude and energy classification of earthquakes. – Moscow: Institute of Physics of the Earth of the USSR Academy of Sciences, 1974. – Pp. 107–112.
11. Моги, К. Предсказание землетрясений / К. Моги. – М.: Наука, 1988. – 382 с.
12. Федотов, С.А. О сейсмическом цикле, возможности количественного сейсмического районирования и долгосрочном сейсмическом прогнозе / С.А. Федотов // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 121–150.
13. Артиков, Т.У. Закономерности проявления последовательных сильных землетрясений в пределах сейсмоактивных зон Узбекистана / Т.У. Артиков [и др.] // Доклады АН Республики Узбекистан. – 2015. – № 3. – С. 38–40.
14. Артиков, Т.У. Сейсмическая опасность территории Узбекистана / Т.У. Артиков, Р.С. Ибрагимов, Ф.Ф. Зияудинов. – Ташкент: Фан, 2012. – 254 с.
15. Соболев, Г.А. Физика землетрясений и предвестники / Г.А. Соболев, А.В. Пономарев. – М.: Наука, 2003. – 270 с.
16. Завьялов, А.Д. Среднесрочный прогноз землетрясений: основы, методика, реализация / А.Д. Завьялов. – М.: Наука, 2006. – 254 с.
17. Ибрагимов, Р.С. Структура сейсмического процесса очаговых зон сильных землетрясений / Р.С. Ибрагимов, Т.У. Артиков // Доклады АН Республики Узбекистан. – 2002. – № 1. – С. 44–49.
18. Artikov, T.U. Compositional change of seismic event sequences in focal zones during preparation of strong earthquakes / T.U. Artikov [et al.] // Geodesy and Geodynamics. – 2014. – Vol. 5, No. 2. – P. 1–8. DOI: 10.3724/SP.J.1246.2014.02001.

Опыт оценки текущей сейсмологической обстановки на территории Узбекистана по комплексу прогностических параметров сейсмического режима

Experience of assessing the current seismological situation on the Uzbekistan territory by the complex of forecast parameters of seismic mode

Артиков Турдали Усманиевич

доктор физико-математических наук,
профессор

Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова
Академии наук Республики Узбекистан,
лаборатория региональной сейсмичности
и сейсмического районирования,
заведующий лабораторией

Адрес: ул. Зулфияхоним, 3,
100128, г. Ташкент, Узбекистан
e-mail: artikovtu@mail.ru
ORCID: 0000-0001-8097-9957

Turdali U. Artikov

Grand PhD in Physical and Mathematical Sciences,
Professor

Mavlyanov Institute of Seismology of Academy
of Science of the Republic of Uzbekistan,
Regional Seismicity and Seismic Zoning
Laboratory, Head of Laboratory

Address: ul. Zulfiyahonim, 3,
100128, Tashkent, Uzbekistan
e-mail: artikovtu@mail.ru
ORCID: 0000-0001-8097-9957

Ибрагимов Роман Соломонович

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова
Академии наук Республики Узбекистан,
лаборатория региональной сейсмичности
и сейсмического районирования,
ведущий научный сотрудник

Адрес: ул. Зулфияхоним, 3,
100128, г. Ташкент, Узбекистан
e-mail: ibrrroma@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-5930-4434

Roman S. Ibragimov

Grand PhD in Physical and Mathematical Sciences,
Senior Researcher

Mavlyanov Institute of Seismology of Academy
of Science of the Republic of Uzbekistan,
Regional Seismicity and Seismic Zoning
Laboratory, Leading Researcher

Address: ul. Zulfiyahonim, 3,
100128, Tashkent, Uzbekistan
e-mail: ibrrroma@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-5930-4434

Ибрагимова Татьяна Людвиговна

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова
Академии наук Республики Узбекистан,
лаборатория региональной сейсмичности
и сейсмического районирования,
ведущий научный сотрудник

Адрес: ул. Зулфияхоним, 3,
100128, г. Ташкент, Узбекистан
e-mail: tam.anay@yahoo.com
ORCID: 0000-0003-1714-1304

Tatyana L. Ibragimova

Grand PhD in Physical and Mathematical Sciences,
Senior Researcher

Mavlyanov Institute of Seismology of Academy
of Science of the Republic of Uzbekistan,
Regional Seismicity and Seismic Zoning
Laboratory, Leading Researcher

Address: ul. Zulfiyahonim, 3,
100128, Tashkent, Uzbekistan
e-mail: tam.anay@yahoo.com
ORCID: 0000-0003-1714-1304

Мирзаев Муроджон Абдурахимджанович

кандидат физико-математических наук

Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова
Академии наук Республики Узбекистан,
лаборатория региональной сейсмичности
и сейсмического районирования,
старший научный сотрудник

Адрес: ул. Зулфияхоним, 3,
100128, г. Ташкент, Узбекистан
e-mail: mumirzaev@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5018-6323

Murodjon A. Mirzaev

PhD in Physical and Mathematical Sciences

Mavlyanov Institute of Seismology of Academy
of Science of the Republic of Uzbekistan,
Regional Seismicity and Seismic Zoning
Laboratory, Senior Researcher

Address: ul. Zulfiyahonim, 3,
100128, Tashkent, Uzbekistan
e-mail: mumirzaev@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5018-6323

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-3.265>

EXPERIENCE OF ASSESSING THE CURRENT SEISMOLOGICAL SITUATION ON THE UZBEKISTAN TERRITORY BY THE COMPLEX OF FORECAST PARAMETERS OF SEISMIC MODE

Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A.

Purpose. The identification of regional patterns of the seismic process and the development of methods for long-term assessment of the seismological situation in Uzbekistan on their basis.

Methods. Prediction of the places of expected seismic activity in Uzbekistan in the coming years is based on the patterns of changes in the prognostic parameters of the seismic regime in the focal zones of strong earthquakes and the peculiarities of the manifestation of the totality of earthquakes within seismically active zones.

Findings. It was established that within the seismically active zones there are areas in which seismic activity at the level of strong earthquakes over the historical period of time was very high. These areas are considered potentially hazardous to earthquakes in the future. According to the number of anomalous signs that have appeared at the current time in various prognostic parameters of the seismic regime, the regions are ranked by the probability of the occurrence of strong earthquakes in the coming years.

Application field of research. The results of the studies are necessary for the development of anti-seismic measures in the Republic of Uzbekistan.

Keywords: long-term earthquake forecast, seismic parameters, seismic activity, seismic gap.

(The date of submitting: May 21, 2020)

REFERENCES

1. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A. Sinopticheskiy dolgosrochnyy prognoz mest ozhidayemoy seysmicheskoy aktivizatsii na territorii Uzbekistana [Synoptic long-term forecast of expecting seismic activity places in Uzbekistan]. *Georisk*, 2017. No. 2. Pp. 20–28. (rus)
2. Artikov T.U., Ibragimov R. S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A. Metodologiya sinopticheskogo prognoza mest ozhidayemoy seysmicheskoy aktivizatsii na territorii Uzbekistana [The methodology of the synoptic forecast of expecting seismic activity places on the territory of Uzbekistan]. *Geology and mineral resources*, 2017. No. 2. Pp. 59–65. (rus)
3. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A. Identification of expected seismic activity areas by forecasting complex seismic-mode parameters in Uzbekistan. *Geodesy and Geodynamics*, 2018. Vol. 9. Iss. 2. Pp. 121–130. DOI: 10.1016/j.geog.2017.11.005.
4. Riznichenko Yu.V. *Problemy seysmologii. Izbrannyye trudy* [The problems of seismology. Selected Works]. Moscow: Nauka, 1985. 408 p. (rus)
5. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A. Vzaimosvyaz' mezhdu periodami seysmicheskoy aktivizatsii v razlichnykh seysmoaktivnykh zonakh [Interrelation of periods of seismic activation in various seismic active zones]. *Geology and mineral resources*, 2015. No. 1. Pp. 56–64. (rus)
6. Artikov T.U., Ibragimov R. S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A., Artikov M.T. Revealing of seismic activation interrelationships in various seismoactive zones. *Geodesy and Geodynamics*, 2015. Vol. 6, No. 5. Pp. 351–360. DOI: 10.1016/j.geog.2015.03.007.
7. Ibragimov R.N., Nurmatov U.O., Ibragimov O.R. Seysmotektonicheskiy metod otsenki seysmicheskoy opasnosti i voprosy seysmicheskogo rayonirovaniya. [Seismotectonic method for assessing seismic hazard and issues of seismic zoning]. *Seismic zoning and earthquake forecast in Uzbekistan*. Tashkent: Hydrogeo, 2002. Pp. 59–74. (rus)
8. Ulomov V.I. *Dinamika zemnoy kory Sredney Azii i prognoz zemletryaseniy* [The dynamics of the earth's crust of Central Asia and the forecast of earthquakes]. Tashkent: Fan, 1974. 218 p. (rus)
9. *Novyy katalog sil'nykh zemletryaseniy SSSR s drevnejshikh vremen do 1975 goda* [A new catalog of strong earthquakes of the USSR from ancient times to 1975]; ed. by Kondorskaya N.V., Shebalin N.V. Moscow: Nauka, 1977. 506 p. (rus)
10. Rautian T.G. The problem of determining the energy of earthquakes. *Magnitude and energy classification of earthquakes*. Moscow: Institute of Physics of the Earth of the USSR Academy of Sciences, 1974. Pp. 107–112.
11. Mogi K. *Predskazaniye zemletryaseniy* [Earthquake prediction]. Moscow: Nauka. 1988. 382 p.

12. Fedotov S.A. O seismicheskom tsikle, vozmozhnosti kolichestvennogo seismicheskogo rayonirovaniya i dolgosrochnom seismicheskom prognoze [About the seismic cycle, the possibility of quantitative seismic zoning and long-term seismic forecast]. *Seismic zoning of the USSR*. Moscow: Nauka, 1968. Pp. 121–150. (rus)
13. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A. Zakonomernosti proyavleniya posledovatel'nykh sil'nykh zemletryaseniy v predelakh seismoaktivnykh zon Uzbekistana [Rules of occurrence consistent strong earthquakes within the seismically active zones of Uzbekistan]. *Doklady Akademii nauk Respubliki Uzbekistan*, 2015. No. 3. Pp. 38–40. (rus)
14. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ziyaudinov F.F. *Seismicheskaya opasnost' territorii Uzbekistana* [Seismic hazard of the territory of Uzbekistan]. Tashkent: Fan, 2012. 254 p. (rus)
15. Sobolev G.A., Ponomarev A.V. *Fizika zemletryaseny i predvestniki* [Earthquake physics and harbingers]. Moscow: Nauka, 2003. 270 p. (rus)
16. Zav'yalov A.D. *Srednesrochnyy prognoz zemletryaseny: osnovy, metodika, realizatsiya* [Mid-term earthquake forecast: fundamentals, methods, implementation]. Moscow: Nauka, 2006. 254 p. (rus)
17. Ibragimov R.S., Artikov T.U. Struktura seismicheskogo protsessa ochagovykh zon sil'nykh zemletryaseniy [The structure of the seismic process of focal zones of strong earthquakes]. *Doklady Akademii nauk Respubliki Uzbekistan*, 2002. No. 1. Pp. 44–49. (rus)
18. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A., Artikov M.T. Compositional change of seismic event sequences in focal zones during preparation of strong earthquakes. *Geodesy and Geodynamics*, 2014. Vol. 5, No. 2. Pp. 1–8. DOI: 10.3724/SP.J.1246.2014.02001.