

УДК 550.343

Ж. К. КУСАНОВ¹

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ GPS-НАБЛЮДЕНИЙ И ПОЛЕВЫХ СЕЙСМОИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ЛИТОСФЕРНОЙ ПЛИТЫ И ПРИКАСПИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

*(Стратегия прогноза землетрясений на геодинамическом полигоне
месторождения нефти и газа)*

GPS-бақылау мен далалық сейсмикалық жұмысты кешенді талдау негізіне сүйене отырып Шығыс Еуропалық литосфера плиталары мен Каспийманы синеклиздерінің геодинамикалық өзара әрекеттесу үлгісіне негізделген жерсілкінісі қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселелері қарастырылған.

Рассмотрены вопросы прогноза землетрясений на основе разработки геодинамической модели взаимодействия Восточно-Европейской литосферной плиты и Прикаспийской синеклизы, разработанной на основе комплексного анализа GPS-наблюдений и полевых сейсмических работ.

Are considered the questions of earthquakes prognosis on research base of geodynamical model of Southern-European lithospheric plate and Cis-Caspian synecline interaction. The model was researched on complex analysis of GPS-control and field seismic works.

С целью прогноза сейсмической опасности в Прикаспии и сопредельной территории юг-востока России особенно актуальными представляются детальные исследования структуры сейсмичности и современной геодинамики области перехода от Восточно-Европейской платформы к Прикаспийской синеклизе, в том числе с помощью GPS-наблюдений.

В работе был использован большой объем новых геолого-геофизических данных, полученных в результате поисково-разведочных работ на нефть и газ, а также полевых сейсмоисследований и лабораторных работ, проведенных на Карачаганакском нефтегазооконденсатном месторождении (КНГКМ), которая находится на основной стадии освоения. Данный ГИС-проект обобщает значительную часть результатов GPS-наблюдений и сейсмоисследований на территории северо-западной части Прикаспийской впадины.

Особое внимание уделялось интерпретации региональных сейсмических и аэромагнитных данных, позволивших рассмотреть связи осадочных бассейнов и прилегающих складчатых сооружений. На этой основе сделана попытка внести ряд новых элементов в существующие представления о формировании нефтегазоносности этого региона и палеокинематику, а также палеогеодинамику земной коры на обширном участке Прикаспийской впадины.

Изучение палеокинематики и палеогеодинамики земной коры необходимо не только с точки зрения нефтегазоносности, но и с целью прогноза сейсмической опасности Прикаспия и сопредельной территории юго-востока России, особенно актуальными представляются детальные исследования структуры сейсмичности и современной геодинамики области перехода от Крым-Кавказ-Копетдагской складчатой системы к Скифско-Туранской плите и Прикаспийской впадине, в

¹ Казахстан. ЗКО, г.Ақсай. Карачаганак. Петролеум Оперейтинг Б.В. Казахстанский филиал.

том числе с помощью GPS-наблюдений. Результаты GPS-измерений, полученные за последние годы на территории России, и в том числе, стран Средней Азии и Казахстана, еще раз со всей убедительностью указали на значимость горизонтальной составляющей тектонических движений в развитии земной коры и всей литосферы [5]. С помощью глобальной спутниковой геодезии стало возможным не только получать высококачественную информацию о современной геодинамике, но и оперативно следить за всеми ее пространственно-временными изменениями, что особенно важно для целей адекватного сейсмического районирования и долгосрочного прогноза сильных землетрясений (рис. 1).

Первые измерения современных горизонтальных движений земной поверхности с помощью GPS-аппаратуры на территории КНГКМ и прилегающих структурах были начаты в 2000г. по инициативе Карачаганакской нефтяной производственной компании (КПО).

На основе данных плитотектонической эволюции Прикаспийской впадины, характеризующих новейшие и современные тектонические движения, которые были использованы как достаточно надежно обоснованные для древних кратонов, проведено сопоставление их с геолого-геофизической обстановкой и сейсмичностью рассматриваемого региона, по результатам работ проведены геолого-геофизико-геохимические реконструкции [1-2]. Однако, эти исследования в пределах орогенных структур находятся в своей ранней стадии. В связи с этим геолого-геофизико-геохимические реконструкции опираются на корреляцию литологических данных, а также структурный и кинематический анализы, применение которых затруднено на значительных территориях, где участки орогенов перекрыты осадочным чехлом. В пределах последних использовался значительный объем данных сейсморазведки, полученный в результате нефтегазопроисковых работ в пределах всех нефтегазоносных зон или зон нефтегазонакоплений (ЗНГН) данного региона. Ценность этих материалов состояла, с одной стороны, в уточнении структурного плана, а с другой - в датировании и картировании ареала распространения тектонических событий.

Основываясь на результатах исследователей и новых представлениях, вытекающих из современных данных, геолого-геохимическая эволю-

ция северо-западной прибортовой области Прикаспийской впадины в общих чертах представляется следующей:

- сейсмические данные показывают существование в этом регионе зоны развития дислоцированных раннепалеозойских толщ, несогласно перекрытых среднедевонскими и более молодыми отложениями;

- значительные вариации нефтегазонасыщенных толщин осадочного чехла – от верхнего неогена (плиоцена) до среднего девона (нижнеэфельский подъярус) отвечают времени перестройки структурного плана;

- в пользу предположения о существовании в этом районе орогенического пояса может свидетельствовать также наличие толщ среднедевонских конгломератов;

- увеличение мощностей и фациальные изменения с юга на север ордовик-нижнедевонских, преимущественно карбонатных отложений, развитых в Прикаспийском бассейне, дает основание предполагать, что их накопление происходило в пределах передового прогиба, обращенного в сторону каледонского фронта.

В целом же, как показывает анализ новейшей и современной геодинамики, для изучения сейсмичности и оценки сейсмической опасности орогенических районов необходим совместный анализ вертикальной и горизонтальной составляющих перемещений земной коры, на равнинных же территориях особое внимание следует уделять выявлению горизонтальных движений и вычислению их градиентов.

Результаты наших исследований по оценке геолого-геофизико-геохимических реконструкций на основе данных, характеризующих новейшие и современные тектонические движения, и сопоставление их с геолого-геофизической обстановкой и сейсмичностью рассматриваемого региона сейсмической опасности территорий Прикаспийской впадины, были выполнены автором с использованием данных и анализа фактических событий - после землетрясений в 2000г. и 2008г. в Западно-Казахстанской области.

К этим исследованиям были привлечены и участвовали совместно с автором, также специалисты ТОО «Сейсмология» Института сейсмологии НАН РК.

Обработка данных сейсмических явлений на территории Западного Казахстана исследовались

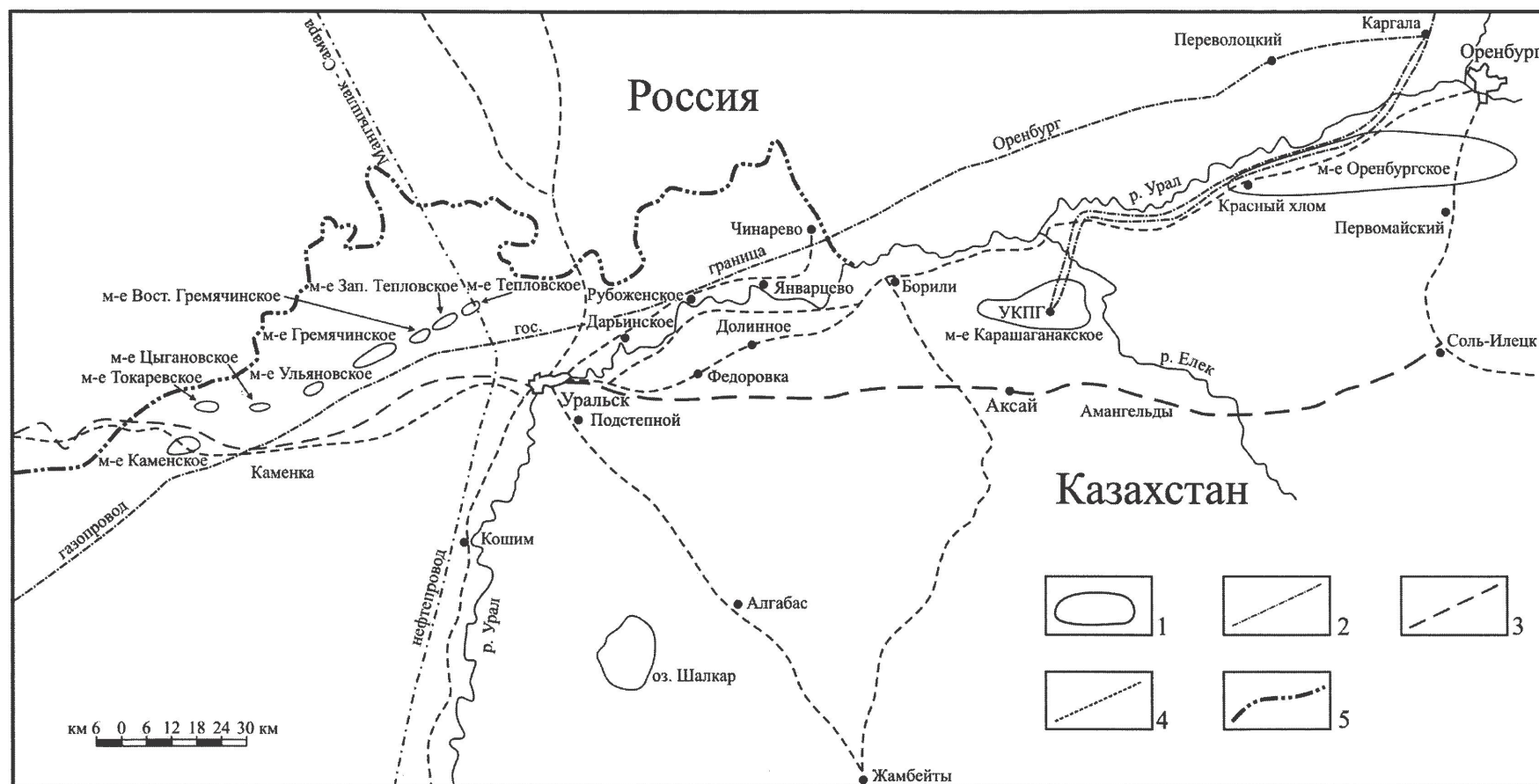


Рис.1. Обзорная карта района работ.
1 – месторождения нефти и газа; 2 – нефте- и газопроводы; 3 – железная дорога; 4 – шоссейные дороги; 5 – Государственная граница Казахстана

на основе фактически происходивших подземных толчков.

Так, 26 апреля 2008 года на западе Казахстана были зафиксированы подземные толчки силой пять баллов, сведений о жертвах, разрушениях и пострадавших не поступало, сообщила пресс-служба МЧС Республики.

Наиболее ощутимо подземные толчки проявились в Западно-Казахстанской области Теректинского района в 70-ти км от областного центра, близи рабочего поселка Рыбцех.

Автором работы была поставлена цель: определить - каковы причины землетрясений в западном регионе Казахстана и может ли разрабатываемое два десятка лет месторождение Карачаганак быть источником подземных толчков? Не окажут ли негативные последствия внешние подземные толчки на запасы углеводородов, находящиеся в залежи, на дальнейший ход ГРП или не повлияют ли на процесс текущей разработки нефтегазонденсатного месторождения?

Для этого были предварительно изучены первоисточники из которых удалось выяснить, что за долголетний период истории Западного Казахстана ни в летописях, ни в научных записях, ни в литературных источниках, в данной местности, по геологическому районированию называемой Прикаспийской низменностью, не было отмечено ни одного достаточно сильного местного землетрясения [3,4].

Это объясняется тем, что Прикаспийская равнинная низменность, в северо-западной прибрежной части которой расположено месторождение Карачаганак, характеризуется относительно слабой сейсмичностью и очень низкой вероятностью возникновения здесь местных землетрясений с интенсивностью в эпицентре выше 6 - 7 баллов. И в сегодняшнее время древнейшая Прикаспийская платформа остается такой же устойчивой, какой и была десятки и сотни миллионов лет тому назад. Хотя, как известно, трудно отыскать на земном шаре участки, где не было бы вообще никаких разломов. Однако большинство из них давно «отжили» период своей активности и на протяжении миллионов лет крепко-накрепко «залечены», и никаких землетрясений на них не возникает.

Исходя из сравнительного анализа относительно недавних таких сейсмических явлений в прилегающей к нам Восточно-Европейской плат-

форме, является 4-5-балльное землетрясение с магнитудой $M=3.5$, случившееся 18 января 2000 года в Кировской области. Эти и неоднократно наблюдавшиеся на этой территории другие сейсмические колебания интенсивностью до 3-4 баллов происходили от заглубленных очагов крупных землетрясений, которые находились в Восточных Карпатах (район Вранча, Румыния), на Северном Кавказе и в Крыму. В нашем западном регионе за последние 10 лет также известны ряд крупных зафиксированных сейсмических событий с интенсивностью 6 баллов по шкале Рихтера.

Природа происхождения всех ранее происшедших в западном регионе Казахстана, менее интенсивных сейсмоявлений, которые ощущались 2-3-балльными колебаниями почвы, идентична – от удаленных сейсмических очагов сильных землетрясений в Туркмении, Иране и в других странах западной части Центральной Азии. А наиболее близкие к Западному Казахстану очаги слабых тектонических землетрясений находились в районах Рязани и Твери. То есть слабые землетрясения (5 баллов и менее) возможны практически повсеместно.

И вполне естественно, что все указанные сейсмособытия с разной степенью влияния отразились на обширной площади Западного Казахстана, в том числе и в Бурлинском районе Западно-Казахстанской области, там где расположено месторождение. Как пример, из недавних таких событий в западном регионе, ощущавшихся на верхних этажах зданий г.Уральска и г. Аксая, было 9-балльное землетрясение 6 декабря 2000 года на западе Туркменистана. Этим утверждениям даны научные и практические объяснения, что происшедшие в последние десятилетия все зарегистрированные сейсмические колебания, и в частности на территории западной части нашей страны, ощущались (были отголоски) от сильных землетрясений, происходящих в сопредельных зарубежных регионах.

Поэтому с достаточно большой вероятностью, можно утверждать и констатировать как факт, что происшедшие подземные толчки в конце апреля 2008 года в нашем регионе, касаются глобальной сейсмической опасности, т.е. с гораздо большим сейсмическим эффектом, который представляется в виде больших блоковых движений и ускорений колебаний грунта, проделы-

вая долгий путь сейсмических волн от эпицентральной зоны, в несколько тысяч километров.

Что же касается влияния сейсмически активных тектонических разломов и опасности возникновения сильных местных землетрясений, якобы с исходящим очагом от месторождения Карачаганак, о которых нередко заявляют некоторые казахстанские эксперты, то для таких утверждений пока нет никаких сейсмологических оснований.

Вместе с тем, в связи с добычей углеводородов из недр, проектированием, строительством и эксплуатацией подземных объектов на месторождении Карачаганак, возникла необходимость в дополнительной сейсмологической информации, в том числе и о слабых низкочастотных колебаниях интенсивностью менее 6 баллов, генерируемых удаленными очагами сильных землетрясений.

Учитывая текущее состояние и не исключая ряд возможных факторов риска того, что сейсмическая опасность может из года в год усугубляться техногенным воздействием на литосферную оболочку Земли (добыча нефти, газа и других полезных ископаемых, инъекция флюидов в разломы и т.п.), ТОО «Сейсмология» на протяжении последних 5-6 лет собран, обобщен и проанализирован международный опыт в области сейсмологии, выполнены и продолжают выполняться специальные исследования, результаты которых помещены в ежегодных авторских отчетах. Этот непрерывный сейсмомониторинг проводится с целью того, чтобы такие, «индуцированные» землетрясения сразу регистрировались и своевременно обрабатывались для принятия последующих решений и выводов.

В настоящее время все происходившие ранее и включая текущие колебания земной поверхности мгновенно и надежно регистрируются и записываются сейсмическими станциями, расположенными в близи и далеко за ее пределами месторождения Карачаганак (п.Сборный, п.Березовка, п.Жанаталап, в близи водозабора Бестау). В низкой чувствительности сейсмографов этой станции сомневаться не приходится, т.к. на ее сейсмограммах имеются записи всех сотрясений, в том числе микросейсм - слабых, почти непрерывных возмущений.

Проводимые инструментальные сейсмологические исследования позволяют получить на материалах местной сети сейсмических наблюдений данные о движениях грунта при землетрясениях. Таким образом, за последние 5 лет по результатам практически непрерывных наблюдений сейсмическими станциями ТОО «Сейсмология», установленными по всему периметру месторождения Карачаганак, не было зарегистрировано ни одного сколько-нибудь заметного местного подземного толчка.

Наши выводы подтверждаются множеством факторов, которые обоснованы:

- эпицентрией землетрясений;
- определением очага землетрясений - после обработки результатов мониторинга.

Общая обработка данных проведена в следующем порядке:

- первыми, как всегда, достигают пункта наблюдения продольные волны Р распространяющиеся с большей скоростью, по сравнению с поперечными волнами S. Более интенсивными являются поперечные волны, поскольку они обусловлены преобладанием сдвиговых подвижек пород в сейсмических очагах;
- поскольку тот и другой тип волн рождается в сейсмическом очаге одновременно, то по времени запаздывания прихода поперечных волн по отношению к продольным ($t_S - t_P$), зная скорости тех и других, по специальным годографам легко определить расстояние от пункта наблюдений до эпицентра этого сейсмического события;
- направление на источник определяется по продольным волнам. Зная азимут прихода продольных волн и эпицентрального расстояние, а также амплитуду и частоту колебаний, оперативно вычисляются координаты эпицентра землетрясения и его магнитуда;
- результаты обработки уточнены по данным, полученным с сети других сейсмических станций.

Наблюдения показали об изменениях (усилении) сейсмического эффекта, которые были зафиксированы на территории месторождения, только в результате очень большой длительности (сотни секунд) низкочастотных сейсмических колебаний именно от удаленных и от заглубленных очагов землетрясений.

Вместе с тем, как уже сказано, до месторождения Карачаганак нередко доходят ощутимые сейсмические волны от очагов крупных землетрясений удаленных от месторождения на расстояние около 1500 км, расположенных на глубине 150-200 км от земной поверхности. Как документальное доказательство, приведем те же относительно недавние сейсмические зафиксированные (записанные) события такого рода, во время которых сотрясения достигали интенсивности 3–4 баллов, но на 9-тых этажах современных высоких зданий областного центра, интенсивность колебаний, возможно, достигала 5-6 баллов. Это вполне естественно, поскольку с увеличением высоты здания колебания всегда усиливаются за счет его раскачивания. Особенно часто это наблюдается при низкочастотных (плавных) сейсмических колебаниях от удаленных очагов сильных землетрясений (высокие частоты быстро затухают с расстоянием). Например, при относительно плавных сейсмических колебаниях в железобетонном здании даже наблюдались заметные повреждения в виде небольших трещин на стыке стен и потолков.

Потребность долгосрочного прогноза сейсмических сотрясений в Западном регионе Казахстана в дальнейшей перспективе необходима для официальной оценки сейсмической опасности территории Западного Казахстана, составленного на основе имеющегося общего сейсмического районирования и комплекта карт детального сейсмического районирования.

Следующим этапом будет являться проведение сейсмического микрорайонирования. Выполнение этих работ позволит провести сравнения фрагментов той же карты с фрагментами региональных карт глобальной сейсмической опасности, но теперь для всей территории Западного Казахстана.

В соответствии с существующей картой, район месторождения расположен в зоне возможных 5-балльных сейсмических воздействий, отнесенных к средним грунтам по классификации действующих норм и правил.

Северо-западная прибортовая зона Прикаспийской впадины, как и многие сейсмоактивные регионы мира, характеризуется относительно стабильным сейсмическим режимом, т.е. зем-

летрясения в заданных интервалах магнитуд возникают здесь достаточно ритмично. На основании этого нам позволяет осуществлять их долгосрочный прогноз и определять интервалы времени (годы), в пределах которых обязательно должны произойти такие (ранжированные по магнитудам) землетрясения.

В данное время в геолого-экологической службе компании КПО, разрабатывающей Карачаганакское нефтегазоконденсатное месторождение, накоплен большой цифровой сейсмографический материал по слабым землетрясениям, в том числе и на территории западного региона, на основе которого можно исследовать особенности сотрясений дневной поверхности и изучать их спектральный состав, что дает достаточно ясные, конкретные и понятные представления о причинах сейсмоявлений в нашем регионе.

Выводы:

После случившегося в апреле 2008 года землетрясения с энергетическим классом 5,5 с эпицентром близ поселка Рыбцех Теректинского района Западно-Казахстанской области, казахстанские ученые-сейсмологи неоднократно говорили о вероятности внезапных техногенных землетрясений, вследствие недостаточных сейсмоисследований со стороны недропользователей.

Согласно данным Института сейсмологии Министерства образования и науки Республики Казахстан, в Республике сейсмоситуацию отслеживают только на трех западных нефтяных месторождениях: Кенкияк, Жанажол и Кумколь. На остальных, в частности, на Узени, Тенгизе, Карачаганаке - сейсмомониторинг только набирает обороты.

Таким образом:

- ввиду важности продолжения сейсмоисследований на долгосрочной основе, разработчики Карачаганак компании КПО, намерены в 2009 году построить в регионе геодинамический полигон в Западном Казахстане, включающий сеть сейсмостанций;

- заказчик строительства геодинамического полигона с сейсмостанциями - компания КПО, взяла обязательства уже в сентябре-октябре 2009 года ввести в эксплуатацию данный полигон. На геодинамическом полигоне планируется разместить 7 сейсмологических станций;

- сейсмостанции позволят фиксировать все сейсмические изменения не только на месторождении, но и на прилегающих территориях.

- помимо этого, планируется разработать карту сейсморайонирования, на которой будут указаны зоны повышенной сейсмической опасности.

Дополнение к выводам:

Данные взятые из сайта исследования геофизических проблем США [<http://earthquake.usgs.gov/>] указывают, что предполагаемый эпицентр землетрясения, расположение района, где случилось землетрясение амплитудой в 5 баллов в субботу, 26 апреля 2008г. в 13:14:51 (UTC) (18:14 по местному времени), - находился рядом с селом Сарыомир, что примерно находится в 140 км в юго-западном направлении от Карачаганакского месторождения.

Согласно данным Программы исследования геофизической активности (США), эпицентр землетрясения находился на глубине 10км. от земной поверхности. Углеводородное сырье на Карачаганакском месторождении добывается из недр с глубины 5000 метров, что находится намного выше отметки уровня эпицентра землетрясения.

Следовательно, с учетом расстояния от месторождения Карачаганак до эпицентра землетрясения, а также глубины земной коры, на которой случилось землетрясение, нет никакой вероятности того, что данное сейсмическое явление было вызвано разработкой Карачаганакского месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гзовский М.В. Градиент скорости движения, напряженное состояние коры и энергии тектонических процессов новейшего времени // Сб. «Тетонические движения и новейшие структуры земной коры». М.: Изд. «Недра», 1967.
2. Николаев Н.И., Шенкарева Г.А. Карта градиента скоростей новейших тектонических движений территории СССР // Сб. «Тектонические движения и новейшие структуры земной коры». М.: Изд. «Недра», 1967.
3. Уломов В.И. Глобальная упорядоченность сейсмогеодинамических структур и некоторые аспекты сейсмического районирования и долгосрочного прогноза землетрясений // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. М.: ИФЗ РАН. 1993. С. 24-44.
4. Уломов В.И. Сейсмогеодинамика и сейсмическое районирование Северной Евразии // Вулканология и сейсмология. 1999. № 4 – 5. С. 6 – 22.
5. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации - ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: ОИФЗ. 1999. 57 с.
6. Уломов В.И., Полякова Т.П., Медведева Н.С. О долгосрочном прогнозе сильных землетрясений в Средней Азии и в Черноморско-Каспийском регионе. Полякова Т.П., Медведева Н.С.) // Физика Земли. № 4. 2002. С.31-47.
7. Уломов В.И. Хроника сейсмичности Земли. Отзвуки дальних землетрясений в Москве // Земля и Вселенная. 2006. № 3. С. 102-106.
8. Уломов В. Москва и землетрясения есть вещи несовместные? // City «МИР и ДОМ». Сент. 2005 г. С. 109–113. (pdf 2009 Кбайт)
9. Оценка возможных сейсмических воздействий на территории г. Москвы в соответствии с Общим сейсмическим районированием территории Российской Федерации - ОСР-97. Отчет ИФЗ РАН, 2004 г. 30 стр.