

ШИРОКОМАСШТАБНЫЙ ГЕОХИМИЧЕСКИЙ И ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКИЙ «ЭКСПЕРИМЕНТ» И ЕГО ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ В БЛИЖАЙШЕЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

Магидов С.Х. (ИГ ДНЦ РАН)

salavmag@yandex.ru; факс: (872-2) 62-06-82; тел.: (872-2) 62-93-95

Ключевые слова: *Антропогенные процессы, нелинейная термодинамика, дезорганизация, самоорганизация, энтропия, нефтедобыча, флюидная система, упруго-пластичные свойства, сверхсильные тектонические землетрясения, геоэкологические катастрофы*

На современном предкризисном этапе развития цивилизации особую актуальность приобретает осмысление путей развития человечества и его взаимодействия с природными системами. От правильной оценки интерпретации взаимодействия природных и антропогенных процессов будут зависеть не только прогнозы локального характера, но и генеральная стратегия развития Общества, которая, в конечном итоге, и определит будущее человечества. Современные вызовы цивилизации становятся всё масштабней, значительный вклад в нарастание негативных тенденций вносит и геологическая отрасль. Это касается не только проблем истощения минерально-сырьевой базы, глобального загрязнения, вызванного геологической деятельностью, но и угрозы сейсмической безопасности. Продолжение современных опасных тенденций может привести к возникновению в ближайшей перспективе геоэкологических катастроф глобального масштаба. В настоящей работе предпринята попытка проанализировать ситуацию с наиболее общих позиций, используя методы термодинамики, в том числе и нелинейной. Как известно, классическая термодинамика рассматривает закрытые системы, в которых отсутствует обмен с окружающей средой веществом и энергией. В таких системах устанавливается равновесие, а регулирование осуществляется посредством отрицательных обратных связей. В закрытой системе с течением времени происходит возрастание уровня энтропии. Изучаемый объект - Земля существует длительное время в равновесном состоянии. Из этого следует вывод о наличии определённых оснований для отнесения её к закрытой системе. Так, в данной системе длительное время сохраняют постоянство с высокой степенью точности такие параметры как: скорость вращения вокруг собственной оси, скорость вращения вокруг Солнца и другие. В то же время в системе Земля происходит обмен энергией, и веществом, поэтому в какой-то степени она является и открытой системой. При этом появляется возможность для развития процессов связанных с понижением энтропии, т.е. будет происходить увеличение уровня организованности системы. Таким образом, Земля является одновременно закрытой системой и открытой, в которой параллельно происходят процессы дезорганизации и самоорганизации. Саму её можно рассматривать как единый «геологический организм» и такое представление уже начинает занимать прочные позиции в современной науке. По мнению профессора С.Х.Карпенкова: «Появилась осознанная необходимость рассматривать планету как единую систему, как цельное естественное тело, которому присущи свои внутренние законы развития» [1]. Такое представление сформировалось в результате анализа и обобщения многочисленных научных данных, полученных в последнее время, а также использования новых теоретических воззрений. «Совокупность складывающихся на ее основе представлений требует рассматривать нашу планету не только как единое, естественное тело, но и как самоорганизующуюся систему, развитие которой инициируется противоборством двух фундаментальных тенденций - стремлением к разрушению упорядоченности и стремлением к образованию все более упорядоченных структур» [1].

Изучение самоорганизации в геологических системах и дезорганизующей антропогенной деятельности может помочь в понимании процессов нарушения вещественной организации и интенсивности энергетического обмена и даст возможность формировать обоснованную стратегию развития, минимизирующую геоэкологический риск, и повышающую степень сейсмологической безопасности.

В ходе эволюции наряду с самоорганизацией в биосфере взаимосвязано происходили процессы самоорганизации и в геосфере, которые, в конечном итоге, сформировали современные условия, благоприятные для жизнедеятельности высших растений и животных. Но сей-

час на естественные процессы в значительной степени накладывается антропогенная деятельность, которая вносит дисбаланс в динамическое равновесие, сложившееся в природных системах [2].

На современном этапе развития масштабы неблагоприятного антропогенного воздействия на природные системы необычайно возросли. По выражению академика В.И.Вернадского «Человек становится крупнейшей геологической силой» [3]. Нарастающие объёмы извлечения флюидов для обеспечения энергетических потребностей и удовлетворения других нужд становятся причиной значительных изменений в геологической среде. И это приводит к нарушению организованности саморегулирующейся природной системы, способствует кризисному развитию и представляет опасность для будущего человечества. Вероятно, антропогенные изменения в геосфере не менее опасны для будущего, чем деградация биосферы под воздействием техногенной деятельности.

Искусственная дефлюидизация недр может рассматриваться как широкомасштабный геоэкологический эксперимент, ставший побочным действием техногенной деятельности. Масштабы этой деятельности из года в год нарастают: растут объёмы добычи углеводородного сырья, растёт количество скважин и их глубина. Если в 1940 году средняя глубина эксплуатационных скважин составляла в Дагестане 1083 м., то к 1981 году она возросла до 4430 м.

В табл. 1 приведены некоторые данные иллюстрирующие масштабы воздействия нефтедобычи на геологическую среду.

Таблица 1

	Мир	Россия
Средняя глубина скважин в 1995 г., м.	1619	2471
Средний радиус площади земной суши, приходящиеся на 1 скважину, км.	7,2	6,2

Данные таблицы показывают, что плотность скважин достаточно велика, а это может привести к тому, что влияние скважин на флюидную систему перестанет быть изолированным, воздействующим только на локальные участки, прилегающие к скважине, а станет единым, как бы, образуя слитное поле влияния, оказывая глобальное воздействие на свойство верхних, слоев земной коры (ВСЗК). При протекании циклических геодинамических процессов с перемещениями больших масс и энергий данная упруго-пластичная система (УПС) в доантропогенный период обеспечивала рассеяние энергии посредством множества относительно мелких землетрясений. Разгерметизация изолированной флюидной системы и извлечение флюидов приводит к изменению УПС литосферы, так как именно вода, жидкие и газообразные углеводороды обеспечивают в основном упруго пластичные свойства этой системы. Очевидно, что нарушение процессов вещественной организации и интенсивности энергетического обмена будет неизбежно отражаться и на тектонических процессах.

В двадцатом веке происходила нарастающая дефлюидизация недр. Если до первой половины XX века это были локальные участки, то к настоящему времени они как бы слились в единое поле. Масштабы антропогенной деятельности настолько возросли, что она оказывает существенное влияние на геологическую среду. Нарастающая дефлюидизация недр вследствие нефте- и газоразработок приводит к нарушению равновесия, сложившееся в недрах, что повышает вероятность глобальных геоэкологических катастроф.

Нарастающие масштабы воздействия на геосистему ведут к глобальным изменениям свойств верхних слоёв земной коры, препятствуя естественному ходу геодинамических процессов. Из-за изменения физико-механических свойств, возможность высвобождения энергии в виде относительно слабых землетрясений уменьшается и происходит накопление энергии, которая может высвободиться в виде сверхсильного тектонического землетрясения. В настоящее время, значительная часть научного сообщества признаёт идею о том, что геотектонические процессы отражают общее, направленное развитие Земли. Признано также, что существуют различные уровни организованности данной саморазвивающейся системы, включая минеральный и горнопородный уровни, а также геотектоническую организацию литосферы. При этом установлено наличие тектонической периодичности различного уровня, типа и генезиса, которые напрямую зависят от ритмов космической надсистемы и особенностей функционирования надсистемы Земля. Из этого следует, что открытый академиком Д.В.Рундквистом геогенетиче-

ский закон может оказаться перспективным для определения критериев сложных соотношений геотектонического и стратиграфического времени.

Разгерметизация изолированной флюидной системы ВСЗК приводит к изменению упруго-пластических свойств литосферы, так как именно флюиды обеспечивают, в основном, упруго-пластичные свойства этой системы. Не нарушенная УПС на геодинамические воздействия реагирует посредством множества относительно мелких землетрясений. Когда же масштабы дефлюидизации достигнут определённых пределов упруго-пластичная система (в данном случае ВСЗК) станет трансформироваться в систему прочную, хрупкую и неупругую, и будет оказывать противодействие силам, вызываемым циклическими геодинамическими процессами, ведя к накоплению энергии в недрах, а затем при превышении прочностных пределов - к резкому высвобождению энергии в виде сильного землетрясения. По этому механизму могут происходить сверхсильные тектонические землетрясения с магнитудой 9 и выше[4]. В конце XX века сейсмической энергии выделялось в несколько раз меньше, чем в начале века, что можно объяснить накоплением энергии вследствие изменения упруго-пластичной системы ВСЗК, а это, в свою очередь, может вызывать сверхсильные тектонические землетрясения, одно из которых уже произошло в начале XXI века.

На современном этапе мы не можем пока предсказать с достаточной долей вероятности масштаба негативных последствий, особенно, в долгосрочной перспективе. Для повышения надёжности прогнозов необходимо проведение моделирования в лабораторных условиях, изменений, происходящих в геологической среде и проведение целого комплекса исследований. Прежде всего, это изучение прочностных и упруго-пластических свойств горных пород под влиянием флюидов в соответствующих термобарических условиях с учётом временного фактора. На первых этапах можно ограничиться изучением свойств геологических образцов при температурах, не превышающих 400 °С и давлениях до 4 кбар. Кроме того, необходимы исследования по изучению процессов накопления напряжений и их релаксации в зависимости от геохимической трансформации геологического субстрата и других факторов.

Таким образом, кратко можно сформулировать основные выводы:

1. Геологическая среда является частично закрытой системой, а частично открытой, поэтому обладает свойством параллельно эволюционировать по двум противоположным направлениям, связанным как с ростом, так и понижением уровня энтропии.
2. Как в закрытой системе в геологической среде поддерживается равновесное состояние за счёт регулирования посредством отрицательных обратных связей, а открытая система позволяет реализовывать механизм положительных обратных связей.
3. Закрытость геосистемы позволяет поддерживать длительное время динамическое равновесие, стремясь согласно второму закону термодинамики к максимуму энтропии.
4. Искусственное раскрытие недр в ходе геологической деятельности в глобальном масштабе, нарушает установившееся в геологические времена равновесие между процессами самоорганизации- дезорганизации, что может привести к разрушению старых связей и по механизмам положительной обратной связи привести к кооперативным процессам, т.е. к коллективному поведению их элементов. Реальными проявлениями могут стать сверхсильные тектонические землетрясения, крупные извержения вулканов и другие геозоологические катастрофы.
5. Земля как геологический объект является системой саморегулируемой и самоорганизующейся, и чем большие антропогенные воздействия будут приложены, тем, вероятно, сильнее будет ответная реакция.
6. Ускоренное антропогенное развитие есть проявление положительной обратной связи открытой системы-антропосферы, вызывающей увеличение неравновесности, что приближает время кризиса, и в ближайшей перспективе должно привести к разрушению возникших связей, возвращая систему в равновесное состояние.
7. Для надёжного прогноза дальнейших изменений геологической среды необходимо проведение более широких и всесторонних исследований в лабораторных условиях и моделирование этих процессов.

Литература

1. *Карпенков С.Х.* Концепции современного естествознания // М.: Культура и спорт. 1997. С. 241.

2. Магидов С.Х. Самоорганизация в геологической среде и геоэкологические катастрофы // Материалы XVII научно-практической конференции по охране природы Дагестана. Махачкала. 2003. С. 127-128.
3. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера // М.: Наука. 1989. С. 145-150.
4. Магидов С.Х. Сейсмическая опасность и возможные геоэкологические последствия разработки нефтегазовых месторождений на Каспии. - В кн. Влияние сейсмической опасности на трубопроводные системы в Закавказском и Каспийском регионах // М.: 2000. С. 274-275.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(27) 2009

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2009 года (ЕСЭМПГ-2009)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/geoecol-9.pdf

Опубликовано 1 сентября 2009 г.

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2009

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна