

УДК 550.343.6 + 350.424

ИСКУССТВЕННАЯ ДЕФЛЮИДИЗАЦИЯ НЕДР ЗЕМЛИ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ГЛОБАЛЬНОГО МАСШТАБА

С.Х. Магидов

Институт геологии ДНЦ РАН, г. Махачкала

Искусственная дефлюидизация недр вследствие нефте- и газоразработок, а также отбора подземных вод для хозяйственных нужд ведёт к ускоренному истощению упругоёмкого потенциала недр и неустойчивому состоянию геогидросистемы, что может вызывать геоэкологические катастрофы и чрезвычайные ситуации регионального и глобального масштаба.

В настоящее время имеется достаточное число публикаций, в которых учащение в последнее время масштабных природных катаклизмов увязывается с нарастанием антропогенной активности. Одни считают главной причиной негативных климатических изменений вырубку лесов на планете, другие нарастающее количество сжигаемого топлива. Но дело касается не только крупных природных катаклизмов, связанных с изменением климата, но и геоэкологических катастроф, вызванных изменениями в недрах, связанных с нарастанием техногенной деятельности. Прежде всего, это относится к процессам, инициирующим наведённую сейсмичность, и ведущих, в том числе, к проявлению сильных и сверхсильных землетрясений. Данные, характеризующие динамику чрезвычайных ситуаций в РФ за последний период, приведены на рис. 1.

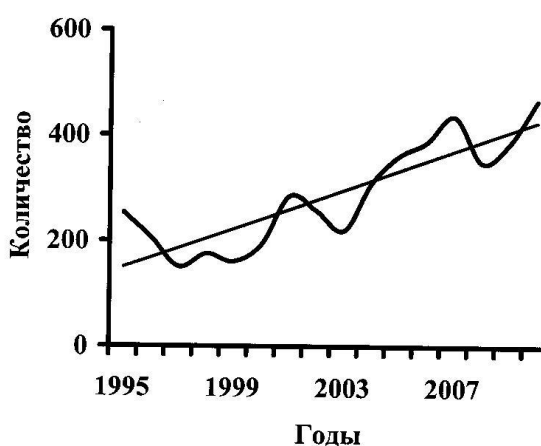


Рис.1. Распределение опасных природных явлений в РФ по годам.

Эти данные свидетельствуют о наличии чёткого тренда, приведённого на рисунке.

Среди опасных природных явлений значительную часть составляют землетрясения, в том числе и техногенные, о чём свидетельствуют данные таблицы 1.

Таблица 1. Чрезвычайные ситуации по характеру и виду источников возникновения

Опасные явления	Число ЧС	
	2004 г.	2003 г.
Природные ЧС	231	286
Землетрясения, извержение вулканов	28	21

Одним из главных факторов, вызывающих негативные изменения в недрах, является масштабная дефлюидизация недр, обусловленная техногенной деятельностью. Большой вклад в трансформацию подземной гидросферы вносит нефтегазовая промышленность.

Разработка нефтегазовых месторождений приводит к истощению упругоёмкого потенциала недр (УПН), о чём имеется ряд публикаций [1,2]. В качестве показателя, иллюстрирующего упругоёмкостные свойства недр удобно использовать данные по изменению доли фонтанных скважин при разработке НГЗ месторождений. Если рассматривать динамику этого параметра за полувековой период, то окажется, что за этот относительно короткий промежуток времени произошли существенные изменения УПН. Эта тенденция наглядно представлена на рис. 2.

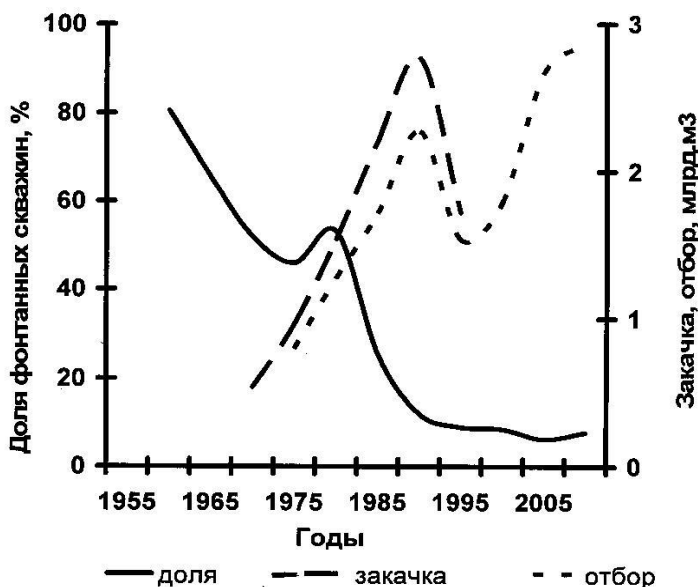


Рис.2. Закачка и отбор подземных вод и динамика доли фонтанных нефтяных скважин в нефтегазовой отрасли РФ.

Прогрессирующее истощение нефтегазовых месторождений приводит к трансформации гидрогеологических систем, что выражается в снижении запасов упругой энергии водонапорных комплексов в зонах нефтегазодобычи, а это, в свою очередь, приводит к снижению доли фонтанных скважин и соответствующему повышению числа нефтепромысловых скважин, эксплуатируемых насосным и другими способами. Аналогичная тенденция наблюдается при анализе динамики газодобычи.

Для того чтобы как-то противодействовать негативным тенденциям истощения УПН, производят закачку в подземные горизонты воды и газов для поддержания пластовых давлений. Данные по отбору и закачке воды также приведены на рис. 2.

Анализ данных, приведённых на рис. 2, свидетельствует о том, что пик кривой «закачки» (штриховая линия) смещён относительно главного положительного экстремума на кривой «доли фонтанных скважин» (сплошная линия), так как на конечный результат оказывает влияние также и кривая «отбора вод» (пунктирная линия). В конечном итоге, ход кривой, характеризующей упругую энергию недр, определяется балансом между отбором подземных вод и закачкой воды для поддержания пластовых давлений. На эту кривую могут оказывать влияние и другие воздействия, но влияние рассмотренных выше факторов является, по нашему мнению, определяющим. При внимательном рассмотрении хода сплошной линии на завершающем участке можно обнаружить растянутый положительный экстремум, между которым и участком пунктирной кривой можно обнаружить обратное соответствие даже визуально. При этом замедление роста пунктирной кривой на самом конечном участке сопровождается увеличением доли фонтанных скважин.

На истощение УПН оказывает влияние не только добыча нефти и газа с попутными водами, но и добыча подземных вод для хозяйственных целей. Данные по добыче подземных жидких флюидов приведены на рис. 3.

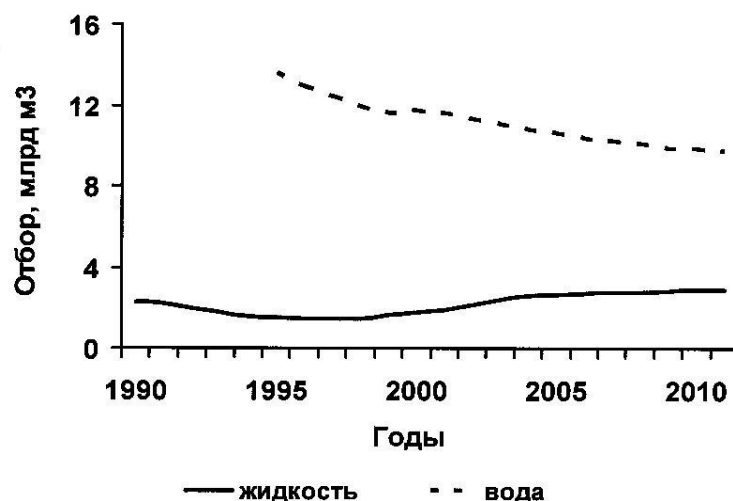


Рис. 3. Добыча подземных вод в РФ и отбор жидкости в нефтегазовой отрасли.

Из рисунка видно, что объёмы отбора подземных вод для хозяйственных нужд превышают уровень добычи жидкости НГЗ промышленностью.

По оценке ряда авторов (Л.М. Зорькин, В.Н. Корценштейн, Б.В. Стадник и др.), объём растворённых газов пластовых вод нефтегазовых бассейнов СССР составляет $4.2 \cdot 10^{15}$ м³. Если сопоставить это с современным уровнем добычи естественного газа (2009 г.) в рамках СНГ, то этих запасов должно хватить примерно на 5 тысяч лет для данной территории [3]. Кривые добычи нефти и газа по РФ подобны кривым суммарной добычи в СССР (СНГ) Имеются определённые корреляции между снижением упругого потенциала недр и уровнем добычи нефтегазового сырья.

Глобальный объём растворённых газов пластовых вод нефтегазовых бассейнов мира по данным большинства авторов варьирует в пределах 10^{16} – 10^{17} м³ [4,5]. То есть при современном уровне добычи газа, его запасов, растворённых в подземных водах, должно хватить примерно на 15 тыс. лет.

Однако, несмотря на такие огромные запасы, упругий потенциал недр на территории РФ в значительной части уже израсходован. Об этом свидетельствуют: существенное сокращение доли фонтанных скважин, снижение их дебитов и нарастание обводнённости нефти с течением времени. Так, за последние полвека доля фонтанных скважин в РФ сократилась почти на порядок, аналогичное уменьшение произошло и в странах СНГ, а это означает, что упругоёмкий потенциал недр в РФ и на этих территориях, занимающих 15% мировой суши, был, в значительной части уже утрачен. Данные об этих негативных изменениях имеются в работах [1,2]. В работе [2] приведены также данные о том, что и в США, в одном из крупнейших регионов мира, доля фонтанных скважин опустилась ниже порога в 10% ещё в конце шестидесятых годов прошлого века. В России этот предел был достигнут только в начале девяностых годов [2]. Всё это может свидетельствовать о том, что существует не учтённая дегазация в больших масштабах и, вероятно, это связано с ростом количества скважин и не соблюдением регламентов при их строительстве, эксплуатации и ликвидации.

Хотя, необходимо отметить, что в настоящее время даже учтённая искусственная дегазация, связанная с добычей естественного газа, уже на порядок превысила естественный уровень углеводородной дегазации. По данным автора работы [5], глобальные масштабы глубинной углеводородной дегазации составляют $2 \cdot 10^{14}$ г/год, что значительно ниже ежегодно добываемых объёмов естественного газа.

В то же время за последние полвека эксплуатационный фонд скважин в РФ вырос более чем в 8 раз, существенно возросла за этот период и средняя глубина скважин [1]. Данные о количественном росте плотности эксплуатационного фонда нефтегазовых скважин на территории РФ приведены на рис. 4.

Схематически увеличение плотности скважин и их взаимовлияние друг на друга изображено и на рис. 5.

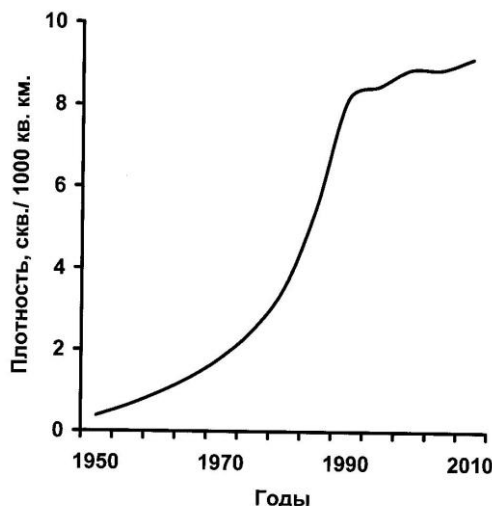


Рис.4. Динамика изменения средней плотности нефтегазовых скважин в РФ (эксплуатационный фонд).

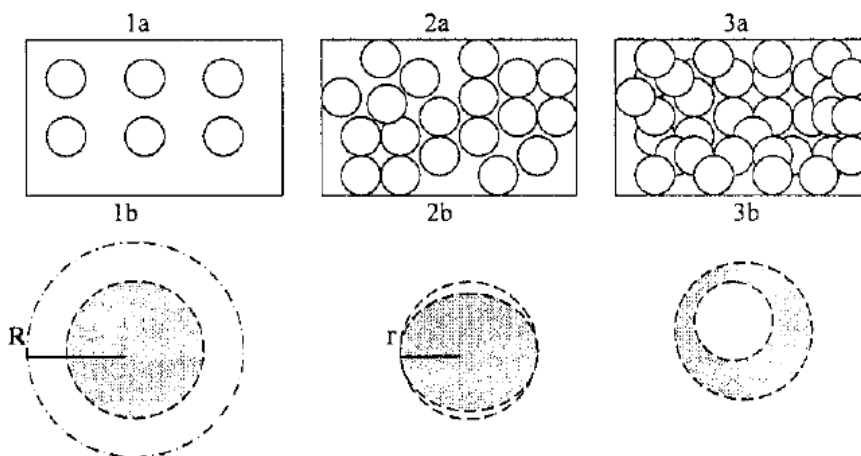


Рис. 5. Схематическое изображение плотности расположения скважин на территории региона.

На рисунке:

1. $R > r$ (низкая плотность);
2. $R = r$ (критическая плотность);
3. $R < r$ (надкритическая плотность).

R – средний радиус, приходящийся на одну скважину (светлая область); r – радиус влияния скважины (тёмная область); a – плотность расположения скважин на территории; b – зона влияния отдельной скважины (тёмная область).

Данные по изменению плотности скважин, продемонстрированные на рис.4. свидетельствуют о том, что в последние годы темпы роста плотности скважин на территории РФ значительно замедлились, соответственно сократилось падение доли фонтанных скважин в нефтегазовой отрасли РФ, проиллюстрированное графическими материалами в работе [2]. В целом можно говорить о существовании обратно-пропорциональной зависимости между плотностью скважин и долей фонтанных скважин.

Это означает, что дальнейшее наращивание числа скважин будет способствовать ещё большей дефлюидизации и, соответственно, более быстрому исчерпанию УПН.

Следует отметить, что в разных регионах общее число скважин может в несколько раз превышать эксплуатационный фонд. Изменение этого соотношения для СССР приведено на рис. 6.

Для РФ соответствующая кривая будет аналогичной, а для некоторых регионов доля эксплуатационного фонда может опуститься до 10%.

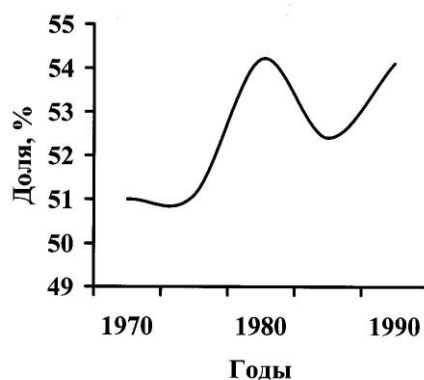


Рис.6. Доля эксплуатационного фонда в общем фонде нефтегазовых скважин в СССР.

Аналогичное положение дел существует и в других странах. С ростом числа скважин возрастает плотность расположения скважин на территории отдельных стран и мира в целом. Данные о суммарном количестве скважин и их средней плотности распределения в РФ и в мире, по состоянию на 1995 г., были приведены в публикации [6]. Изменения, вызванные нарушением термобарического поля на значительных территориях, могут оказывать влияние на само протекание геодинамических процессов. Нарушение естественного гидродинамического и гидрохимического режима в результате деятельности нефтегазодобывающей отрасли приводит к появлению не только локальных техногенных аномалий, но и формирует аномалии в таких крупных регионах как РФ и США, и, вероятно, в глобальном масштабе. Это может свидетельствовать о том, что плотность скважин приблизилась к критической черте, иллюстрируемое рисунком 5, а сами масштабы искусственной дегазации приняли недопустимые размеры.

Ещё полвека назад академик А.П. Виноградов отмечал ведущую роль процессов дегазации Земли в формировании не только атмосферы и внешней гидросферы, но и геологических объектов в недрах Земли [7]. По мнению некоторых учёных масштабы дегазации оказывают не только контролирующее влияние на состояние биосферы, но и определяют саму возможность продолжения жизни на Земле.

В этих условиях становятся жизненно важными исследования, позволяющие делать обоснованные прогнозы о поведении глобальной геогидродинамической системы при нарастающих темпах антропогенного воздействия на природные флюидные системы. Это касается, прежде всего, оценки истощения упругоёмкого потенциала недр. Не менее важное значение, имеют исследования, связанные с изучением влияния изменения термобарических условий на геохимические и геодинамические процессы. В более широком плане это требует изучения теоретических и практических аспектов искусственной дефлюидизации недр. Многого можно рассчитать, но нужны и целенаправленные широкомасштабные исследования поведения геологической среды под влиянием антропогенной деятельности. В качестве эталонных необходимо проведение целенаправленных экспериментов по выявлению закономерностей процессов естественного изменения геологической среды в натуральных условиях, чтобы в дальнейшем иметь возможность оценки последствий техногенных влияний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магидов С.Х. Изучение антропогенных изменений подземной геогидросферы для оценки и прогноза геоэкологической опасности // Вестник ОНЗ РАН, том 3, NZ 6068, doi: 10.2505/2011NZ000198, 2011.
2. Магидов С.Х. Истощение запасов упругой энергии в нефтегазовых месторождениях СССР и РФ и изменение уровня добычи нефти// Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений. М., ГЕОС, 2011. С.490-495
3. Соколин В.Л. и др. Содружество независимых государств в 2009 году (статистический ежегодник). М., 2010. С.38.
4. Зорькин Л.М. и др. Воды нефтяных и газовых месторождений СССР. М., 1989, с.110.
5. Валяев Б.М. Углеродная дегазация Земли, геотектоника и происхождение нефти и газа//Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений. М., Геос, 2011. С.17, 25.
6. Магидов С.Х. Широкомасштабный геохимический и флюидодинамический «эксперимент» и его возможные последствия в ближайшей перспективе//Вестник ОНЗ РАН, №1(27), 2009.
7. Виноградов А.П. Газовый режим Земли//Химия земной коры. М., Наука, 1964. С.5-21.