

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИТОГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА

В.А. Лотарев  
НФ ЗАО «Сибирская сервисная компания», г. Нефтеюганск  
e-mail: lotarevva@mail.ru

## Введение

Невозможно исследовать геологическую среду (ГС) в ненарушенном состоянии, поэтому необходимо всегда учитывать латентное влияние техногенеза. Это позволит понять как природу геологических процессов, так и динамику влияния техногенеза на разработку месторождений полезных ископаемых. Подобные целевые исследования проводились достаточно редко, но, тем не менее, логические построения, статистические и специальные исследования позволили сделать соответствующие выводы о сложных процессах преобразований ГС, их последовательности и динамике развития различных эффектов.

Множество факторов влияют на преобразования ГС, действуя как в отдельности, так и комплексно. В динамике их «силовое» воздействие увеличивают активность ГС, анизотропия коллекторских свойств горных пород, термодинамические условия залегания объекта разработки, его неоднородность (и, соответственно, восприимчивость к физическим полям различной природы и физико-химическим процессам). Особое значение имеют горные породы, переходящие в тиксотропное состояние при вибро-волновом воздействии и при этом изменяющие свои термодинамические параметры. В работах [1–4] показаны примеры, подтверждающие тиксотропное поведение не только грунтов, но и горных пород на больших глубинах. Д. Джоуль, проводя опыты по измерению температуры различных жидкостей при повышении давления, показал теоретически и практически их взаимозависимость вследствие роста внутренней энергии.

Для горных пород при переходах в квазитиксотропное состояние наблюдается более значительная зависимость роста температуры от давления. Так при проходке бурением горных пород, склонных к тиксотропным эффектам, буровой раствор разогревается более, чем на 20 °С; при кумулятивной перфорации сильно глинистых песчаников амплитудные аномалии иногда превышают 30 °С.

Горные породы баженовской свиты не имеют жесткого скелета и склонны к переходу в тиксотропное состояние, вследствие чего здесь при эксплуатации скважин с дебитом более 10 т/сут в продукции присутствовали глина и щебенка [5]. Совместное

действие термодинамического эффекта, дилатансии кремнистых сланцев и георыхления позволяли вести разработку месторождений с неконвенциональными ресурсами.

### Отклик геологической среды на естественные и техногенные факторы воздействия

При техногенном воздействии всегда существует возможность регистрировать отклик флюидогеодинимических систем и ГС, несущий важную информацию об их текущих параметрах и фиксирующий наличие или отсутствие существенных преобразований наблюдаемого объекта. Например, при бурении скважин шарошечными долотами иногда наблюдался аномальный разогрев бурового раствора; при проведении кумулятивной перфорации иногда (в 20–25% случаев) регистрируются различного вида термоаномалии до 30 °С, превышающие энергетику процесса (рис. 1–2).

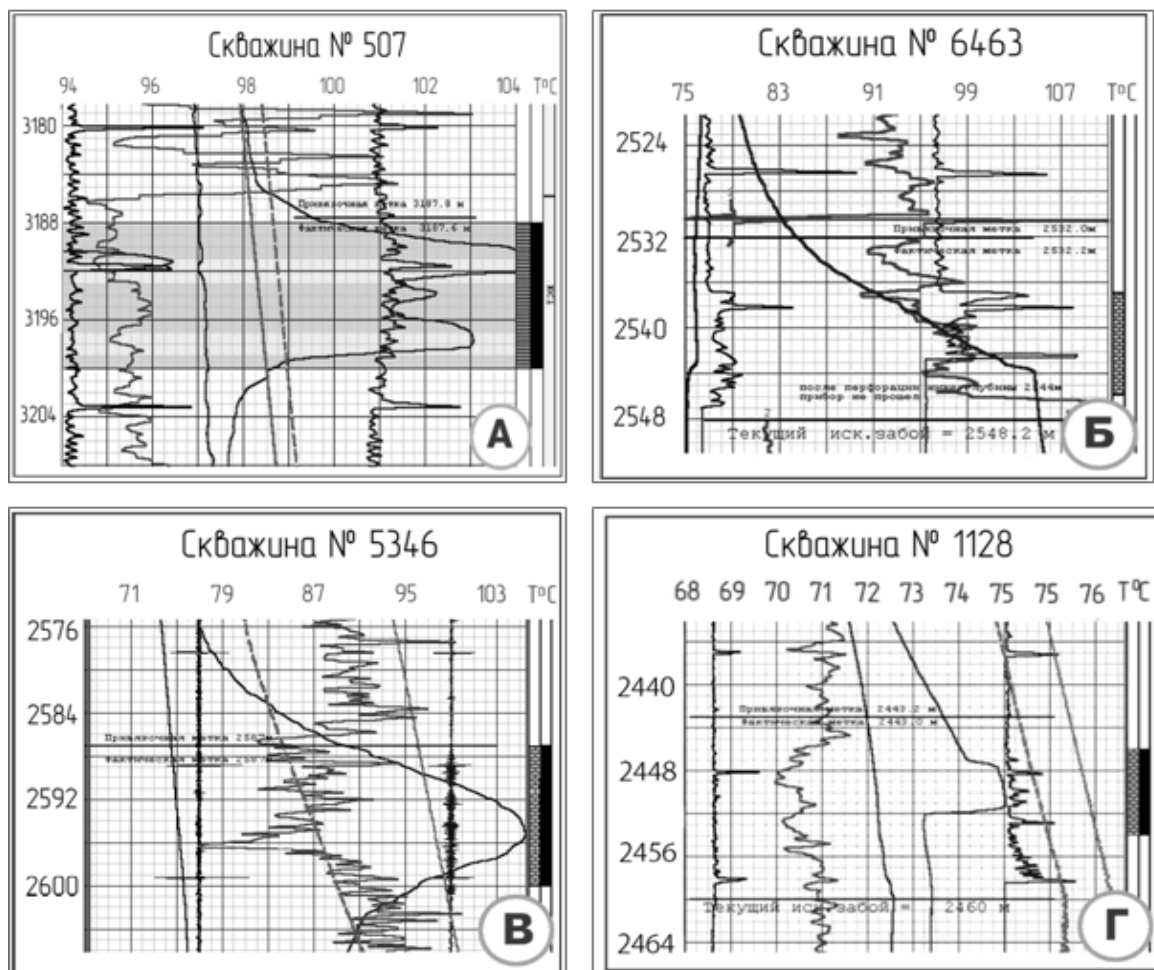


Рис. 1. Термоаномалии, характеризующие пластовые преобразования

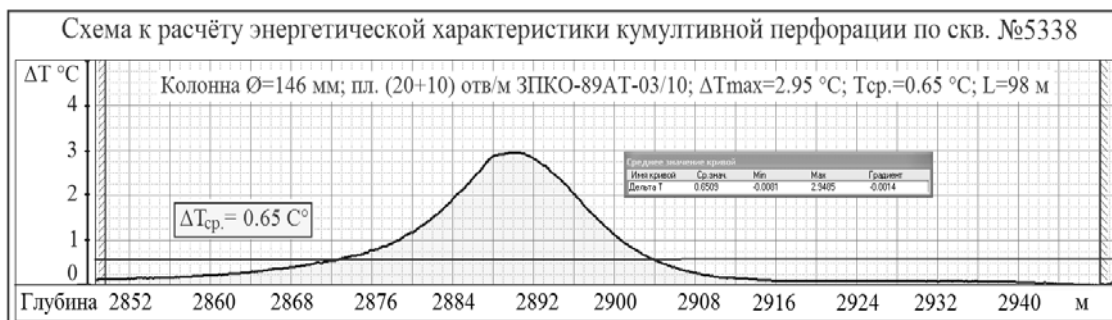


Рис. 2. Обработка «обычной» термоаномалии по программе «Геофит»

Это является свидетельством развития комплексных литогидрогеохимических и термодинамических процессов. Вскрываемый объект частично или полностью преобразуется в слабоприточный или бесприточный [4]. Волновой характер процессов при перфорации и фильтрации флюидов в скважину указывает на особые свойства ГС и проявления в ней при определенных условиях эмерджентных эффектов. Принципиально важно изучать механизмы воздействия разработки нефтегазовых объектов с регистрацией специфических откликов ГС, т.к. в идеале эти исследования станут решением обратной задачи разработки – этапов формирования залежей. «Решение этой задачи позволит понять, как природа формировала нефтяные скопления, и попытаться реализовать на практике такие же механизмы для извлечения углеводородов» [6].

Преобразования ГС при техногенезе обусловлено рядом факторов, имеющих сложную причинно-следственную взаимосвязанность. Некоторые из них имеют доминирующее значение, другие – второстепенное. Стандартные исследования скважин и пластов не позволяют регистрировать процессы, происходящие в прискважинной зоне ГС при техногенезе в моменты бурения, перфорации, гидроразрыва пласта и др., поэтому необходимо вносить коррективы в методологию исследований и анализировать изменение значимых параметров литологических разностей при различных технологических условиях.

Тема преобразований ГС при естественно-техногенных процессах поднимается в инженерной геологии, экологии, геодезии и др. но в должной мере не рассматривается в прикладных дисциплинах горного искусства и геологии. Это осложняется отсутствием единой понятийно-терминологической базы, что устранимо при более широком учете фактических материалов комплексных исследований.

Актуальность темы преобразований ГС при разработке нефтегазовых объектов связана с тем, что данные процессы при различных технологических условиях могут

влиять как негативно, так и позитивно на добычу УВ, с увеличением КИН или его снижением. Но самое главное заключается в том, что существует возможность управления сложными процессами преобразований ГС и разрабатываемых объектов в более рациональном направлении. Для этого достаточно изменить стереотипные подходы в методологии исследований, интерпретации и технологиях разработки, что реализуемо дополнением комплексов ГИС при первичном и вторичном вскрытии пластов известными методами: термобарометрией и трехосевыми акселерометрией и гироскопией. Динамику литогидрогеохимических процессов необходимо регистрировать методами сопряженных исследований по результатам трассерных, промысловых и гидрогеохимических замеров в нагнетательном и добывающем фондах скважин. В комплексных исследованиях отклика ГС на техногенные воздействия кроются ответы на решение сложнейших проблем прикладных и фундаментальных наук. Техногенез инициирует и запускает процессы нам известные, но не изученные в должной мере; они комплексно связаны с физико-химическими гетерогенными реакциями, скорость протекания и активность воздействия которых в соответствии с правилом Вант-Гоффа для пористых сред отражены в табл. 1.

Таблица 1

**Параметры относительной безразмерной активности пластовых систем в различных термобарических условиях**

№ п/п	Параметры геологической среды при: $m = 0,2 - \text{const}; \gamma = 2; \text{grad } T = 10; S_{\text{уд.}} = 10^4$					Параметр активности		
	$d_{\text{эф., м}}$	$S_{\text{уд.}} (M^2/M^3)$	$P(\text{атм., } ^\circ\text{C})$	$F(P, T)$	$\nu$	$A$	$A^*$	$c \equiv I c$
1	0,0002	$2,4 \cdot 10^4$	1; 20	1	$10^4$	$10^4$	1670	0,5 час
2	0,0003	$1,6 \cdot 10^4$	50; 50	400	$4 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$0,667 \cdot 10^6$	8 сут
3	0,0005	$0,96 \cdot 10^4$	250; 100	64000	$6,4 \cdot 10^8$	$6,4 \cdot 10^8$	$1,07 \cdot 10^8$	3,4 года
4	0,001	$0,48 \cdot 10^4$	350; 130	716800	$7,2 \cdot 10^9$	$7,2 \cdot 10^9$	$1,2 \cdot 10^9$	40 лет

Отклик ГС формируют ее литогидрогеохимическая неоднородность, напряженно-деформированное состояние, виброволновое воздействие при техногенезе, влекущие за собой процессы перекристаллизации, георыхления и дилатансии, перевод горных пород, содержащих глауконит и др., в гидрослюды подкласса слоистых силикатов (в тиксотропное состояние), что, в свою очередь, вызывает термодинамические процессы, изменяющие состав, свойства, структуру и текстуру породы (рис. 3–5).

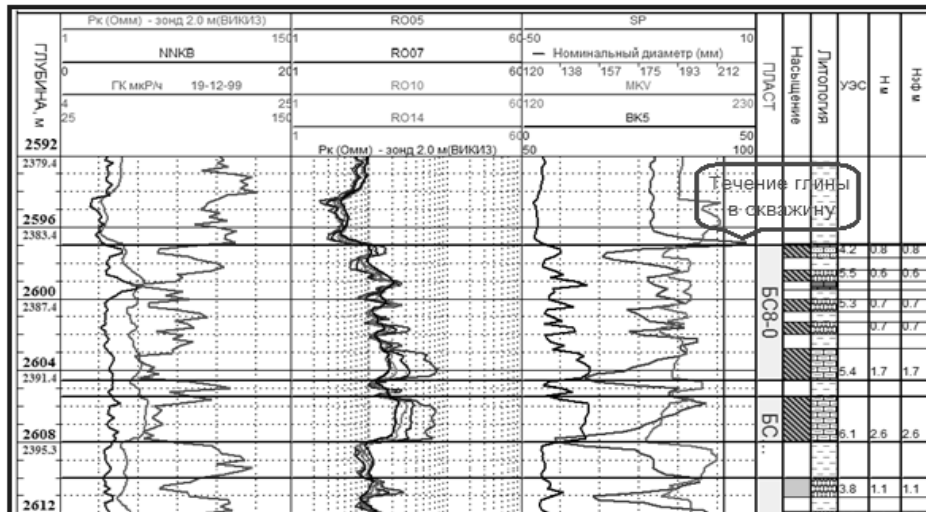


Рис. 3. Тиксотропные процессы на границе литологических разностей по данным ГИС (метод – SP), течение глины в скважину № 705 ЗМБ, пласт BC8(0)

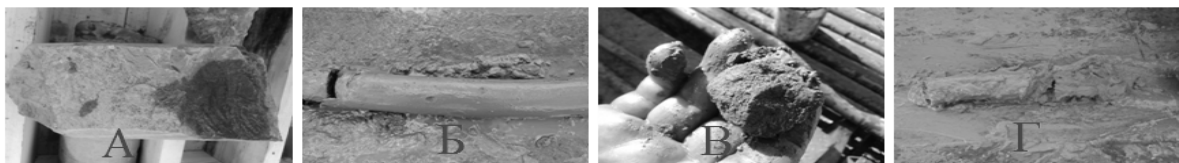


Рис. 4. Влияние техногенеза на преобразования ГС по результатам отбора керн, скважина № 705 ЗМБ, пласт BC8(0)



Рис. 5. Развитие тиксотропии на глубине 2900 м при отборе керн, скважина № 543 Восточно–Сургутского месторождения (георгиевская свита, кровля пласта ЮС<sub>1</sub>)

### Заключение

Доминирующим правилом развития цивилизации при новом технологическом укладе должен быть принцип сбережения ресурсов, что невозможно без вложений в новые знания и развитие естественных наук. Стремительно растущее количество техногенных аварий и катастроф в мире требует более тщательного проектирования технологий, именно они, а не так называемый «человеческий фактор» оказываются виновниками всех бед. Коллективный фактор кроется в нашем слабом знании естественно-техногенных процессов и эффектов, изменении их характера при волновом взаимодействии. Изменение

свойств массива горных пород в разломных зонах под влиянием переменных циклических нагрузений довольно распространенное явление. Однако внешне его признаки не контрастны, и выявление непосредственного их влияния на объекты весьма проблематично. Структурные блоки и изготовленные из них образцы пород при испытаниях имеют те же (или близкие) показатели, что и аналогичные литологические виды пород, примыкающих к разломной зоне. В разломной зоне свойства горных пород существенно отличаются. Эти зоны тектонических нарушений оказывают существенное влияние при горных работах. Было высказано предположение, что в разломной зоне массив горных пород находится в квазитиксотропном состоянии [1].

Широкий перечень естественно-техногенных процессов можно исследовать, регистрируя их различными методами, позволяющими проводить качественный анализ данных для выявления коридора допустимых технологических условий проведения операций, не выходя за параметры критических моментов резонансных состояний ГС.

Только в этом случае перестанет возрастать проницаемость тел плотин, снизится количество разрывов нефтепроводов, разрушений наземных и подземных сооружений. Если посмотреть на специфику буровых работ, то заметим: произошло принципиальное изменение – снизилось количество инцидентов и аварий, несмотря на усложнение ситуации по геологическим и техногенным причинам. Это произошло из-за перехода на щадящее для ГС вооружение бурового инструмента (со спектром амплитудно-частотных характеристик ( $f \sim n \cdot 10$  Гц) вместо ранее использовавшихся шарошечных долот, работавших в ином спектральном диапазоне  $f \approx 1000$  Гц). Технология, изменившая спектр виброволнового воздействия на ГС при бурении, позволила разрабатывать сланцевые запасы углеводородов и добывать нефть из баженовской свиты!

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Сашурин А.Д.* Современная геодинамика и техногенные катастрофы // Геомеханика в горном деле: Докл. Междунар. конф. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2003. С. 77-81.
2. *Гликман А.Я.* Физика и практика спектральной сейсморазведки. <http://www.newgeophys.spb.ru/ru/book/index.shtml>.
3. *Лотарев В.А.* Аспекты разработки неконвенциональных ресурсов баженовской свиты // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд-во АИС, 2015. Вып. 5(251). С. 62-71.

4. *Лотарев В.А., Згоба И.М., Каменский А.Ю.* Информативность комплекса геофизических методов и характеристика процессов, происходящих при вскрытии пластовых систем кумулятивной перфорацией // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд-во АИС, 2007. Вып. 2(155). С. 124–135.

5. *Нестеров И.И.* Нефтегазоносность глинистых пород Западной Сибири. М.: Недра, 1987. 256 с.

6. *Иванников В.И.* Формирование залежей нефти и добыча ее остаточных запасов // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд-во АИС, 2013. Вып. 2(224). С. 77-87.