

4. Гамкрелидзе И.П. Основные черты тектонического строения и развития Кавказа // Проблемы нефтегазоносности Кавказа. — М.: Наука, 1988. — С. 33—41.
 5. Глоговский В., Фиников Д. Кинематические фильтры миграционных преобразований реальных сейсмических наблюдений // Исследования и разработки нефтяной геофизики в странах-членах СЭВ. — М., 1987. — Т. 1. — С. 334—338.
 6. Глоговский В., Меишбей В., Цейтлин М., Лангман С. Кинематико-динамическое преобразование сейсмической записи для определения скоростного и глубинного строения среды // Сб. докл. Второго науч. семинара стран-членов СЭВ по нефтяной геофизике. — М., 1982. — Т. 1. — С. 320—327.
 7. Геологическая история Черного моря по результатам глубоководного бурения. — М.: Наука, 1980. — 202 с.
 8. Геологическое строение Черноморской впадины / Д.А. Туголесов, А.С. Горшков, Л.Б. Мейснер и др. // ДАН СССР. — 1983. — Т. 269, № 2. — С. 440—444.
 9. Грачевский М.М., Кучерук А.С. Нефтегазоносность рифов Мирового океана. — М.: Недра, 1989. — 189 с.

10. Ильин В.Д., Фортунатова Н.К. Методы прогнозирования и поисков нефтегазоносных рифовых комплексов. — М.: Недра, 1988. — 300 с.
 11. Маловицкий Я.П. Тектоника акваторий южных морей СССР и перспективы их нефтегазоносности: Автореф. докт. дис. — М., 1964. — 40 с.
 12. Муратов М. В., Непрочнов Ю.П. Строение дна Черноморской котловины и ее происхождение // БМОИП, отд. геол. — 1967. — № 5. — С. 40—58.
 13. Туголесов Д.А. и др. Тектоника мезозойских отложений Черноморской впадины. — М.: Недра, 1985. — С. 212.
 14. Непрочнов Ю.П. Глубинное строение земной коры под Черным морем по сейсмическим данным // Бюл. МОИП, отд. геол. — 1960. — Т. 35. — С. 30—35.
 15. Сейсмическая стратиграфия / Пер. под ред. Н.Я. Кунина и Г.Н. Гогоненкова. — М.: Мир, 1982. — Т. 2. — С. 381—846.
 16. Шимкус К.М., Шлезингер А.Е. Генетические типы геологических тел осадочного чехла (по материалам сейсмопрофилирования) // Бюл. МОИП, отд. геол. — 1984. — Т. 59, вып. 1. — С. 28—36.

УДК 550.834.3.05

ПОЛЯРНОСТЬ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ

Р.Ф. Лукьянов

(Пермьнефтегеофизика)

При нормальном падении плоской упругой волны на отражающую границу (ОГ) энергетический коэффициент ее первого смещения (ΣA) между проходящей (A_p) и отраженной ($A_{об}$) волнами распределится следующим образом [2, 3]:

$$\Sigma A = A_p + A_{об} = 1. \quad (1)$$

При этом

$$A_p = 2p_1v_1 / (p_2v_2 + p_1v_1) = a_2/a_0; \quad (2)$$

$$A_{об} = (p_2v_2 - p_1v_1) / (p_2v_2 + p_1v_1) = a_1/a_0. \quad (3)$$

Произведения плотности (p) на скорость (v) называются «акустическими жесткостями» (pv) или «акустическими сопротивлениями»; a_0 , a_1 , a_2 — амплитуды падающего, отраженного и проходящего импульсов.

Из выражений (1)—(3) видно, что проходящий импульс смещения A_p никогда не меняет своего знака, при $\Sigma A = +1$ всегда положителен. Пределы изменений энергетического коэффициента импульса смещения проходящей волны $0 < A_p < 2$. На поверхности земли при $p_2v_2 \rightarrow 0$ (воздух) смещение A_p удваивается ($A_p \rightarrow 2$). При $p_2v_2 \gg p_1v_1$ $A_p \rightarrow 0$ (экранирующий эффект).

Из формулы (3) следует, что для пластов с очень высокой акустической жесткостью ($p_2v_2 \gg p_1v_1$), $A_{об} \rightarrow 1$, а при уменьшении жесткости ($p_2v_2 < p_1v_1$) происходит смена полярности (вступления) импульса ОБ, т. е. изменение полярности ОБ по отношению к падающей. Так, на поверхности земли возникающая крат-

Даны рекомендации по обеспечению идентичности полярности при регистрации сейсмических сигналов для взрывных (ударных) и вибрационных источников возбуждения.

Questions of seismic record polarity under normal elastic wave front drop on boundaries for earth and well observations are discussed. Recommendations for polarity identity reception during registration of seismic signals from explosive (impact) and vibration excitation sources are given.

ная ОБ всегда меняет свой знак. Для нее $A_{об} \rightarrow (-1)$, так как в воздухе $p_2v_2 \ll p_1v_1$.

Полярность сейсмических трасс можно регулировать за счет различных вариантов подключения элементов, входящих в цепочку регистрируемых или обрабатываемых систем сейсмических каналов. Не накладывая ограничений на отдельные элементы записывающих и воспроизводящих устройств сейсмической информации, руководящие документы (РД) устанавливают общие отличительные стандарты полярности для всей системы: источник возбуждения — регистрация — обработка [1, 4]. Так, для РД стандарта полярности SEG [1] принято, что импульсное движение корпуса сейсмоприемника вниз (растяжение) вызывает положительную последовательность выборок на магнитной записи и положительный импульс (максимум) при воспроизведении сейсмической трассы. Таким образом, для источников возбуждения взрыв, удар, вибратор направление первого смещения — сжатие — совпадает с направлением фронта распространения волны и при приходе к сейсмоприемнику на поверхности земли прямой волны будет регистрироваться отрицательный импульс (минимум).

Существуют и другие варианты стандартов полярности. Поэтому выражение (1) в общем виде можно представить как:

$$\Sigma A = A_{об} + A_p = (+1 \text{ или } -1). \quad (4)$$

Соответственно в формулах (2) и (3) также будут меняться знаки при смене полярности сейсмического канала.

Рассмотрены вопросы полярности сейсмической записи при нормальном падении фронта упругих волн на границы для наземных и скважинных наблюдений.

На рис. 1 для наземного (МОГТ) и скважинного (ВСП) сейсмоприемников (СП) показан механизм изменения поляризации импульсов смещения на фронте падающей (Р) и отраженной (ОВ) волны для границ раздела с $v_2 > v_1$ (А) и $v_2 < v_1$ (Б). Стандарт полярности SEG, источник возбуждения взрывной. Направление сжатия на фронте волны для лучевых путей Р и ОВ показано короткой стрелкой. Отличие путей от нормального падения сделано для повышения наглядности рисунка.

На рис. 1, А импульс сжатия падающей волны Р подходит к сейсмоприемнику СП_{могт} снизу, направление вступления первой волны — вниз. Для СП_{всп} он подходит сверху — первый «срыв» вступления вверх. При отражении от границы раздела с $v_2 > v_1$ направление фронта волны меняется на противоположное, а направление поляризации первого импульса не меняется. За счет этого на фронте волны сжатие сменяется растяжением. Поэтому для СП_{могт} и СП_{всп}, к которым ОВ приходят снизу, направление вступления будет вверх.

На рис. 1, Б ситуация с Р-волной остается прежней. ОВ при $v_2 < v_1$ меняет поляризацию и при подходе к СП_{могт} и СП_{всп} снизу имеет направление первого вступления вниз. Очевидно также, что если глубина взрыва больше глубины расположения СП_{всп}, то он будет регистрировать импульсы с полярностью, аналогичной СП_{могт}.

Более сложная ситуация с полярностью регистрации возникает при использовании вибрационного источника упругих волн. Сейсмические волны сжатия излучаются в среду опорной плиты, которая нагружается весом транспортного средства. При корреляции вибросейсмических записей с возбуждаемым свип-сигналом получают симметричные нуль-фазовые импульсы Р и ОВ. Сам процесс корреляции напрямую влияет на полярность нуль-фазового импульса Р и ОВ на сейсмограммах. На рис. 2 показаны результаты корреляции единичных сигналов разной полярности (А, Б) между собой. Если коррелируемые сигналы имеют одинаковую полярность (положительную или отрицательную), то результирующий сигнал (R) всегда будет иметь вид положительного экстремума (максимума). Если сигнал на виброграмме и свип-сигнал имеют разную полярность, то ре-

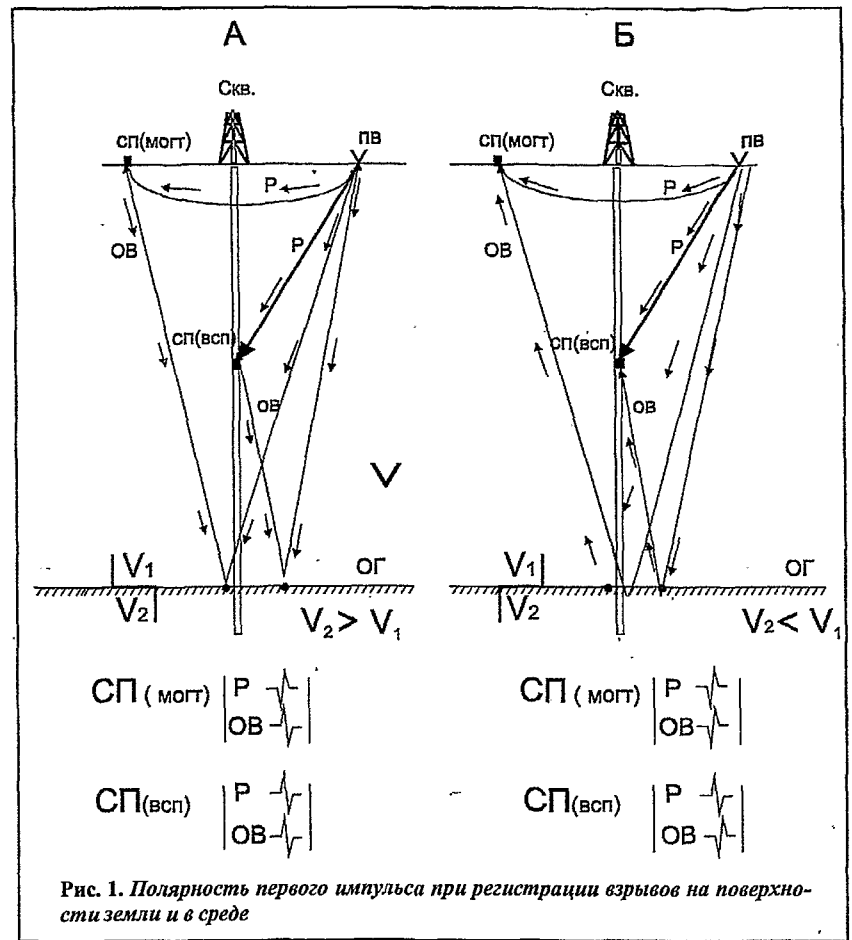


Рис. 1. Полярность первого импульса при регистрации взрывов на поверхности земли и в среде

зультат корреляции всегда будет представлять собой отрицательный экстремум (минимум).

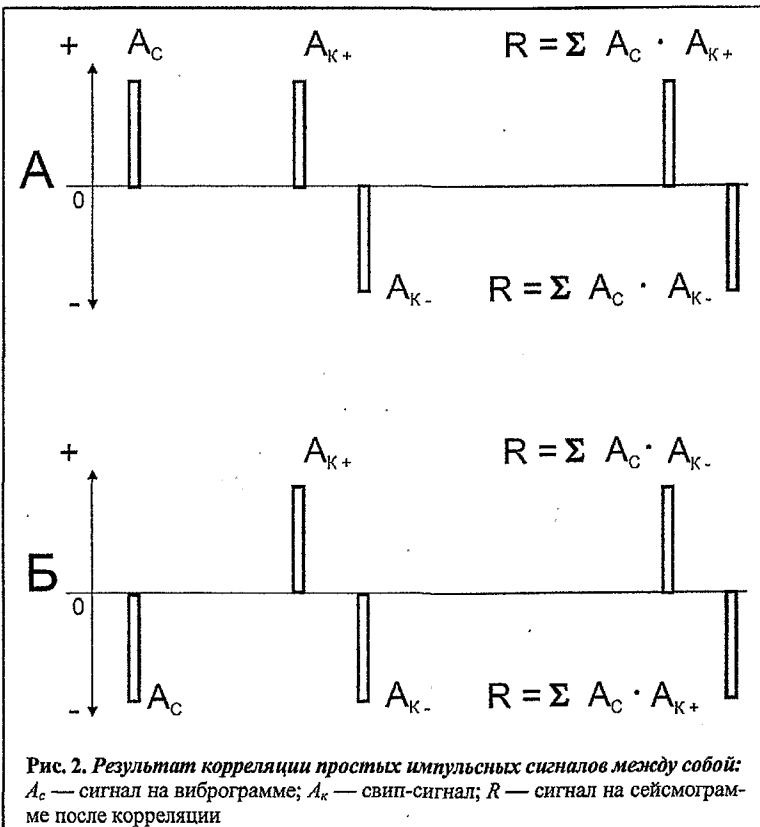
В таблице приведены варианты полярности сейсмической записи при взрывном и вибрационном воздействиях. Для наземного СП_{могт} при однополярной корреляции со стандартом полярности SEG первый импульс Р будет соответствовать максимуму нуль-фазового сигнала. Для СП_{всп} первый импульс Р будет отрицательным. При $v_2 > v_1$ сигнал ОВ на СП_{могт} и СП_{всп} будет отрицательным. При $v_2 < v_1$ сигнал ОВ на СП_{могт} и СП_{всп} будет положительным. То есть при однополярной корреляции свип-сигнала и виброграммы полярность ОВ в стандарте SEG будет обратной по отношению к взрывным, ударным источникам.

Теперь рассмотрим полярность, обратную SEG — движение корпуса СП вниз дает положительный импульс. В этом случае при вибрационном источнике и однополярной корреляции для Р-волны СП_{могт} даст импульс вверх (положительный), а СП_{всп} — импульс вниз (отрицательный). Для ОВ при $v_2 > v_1$ СП_{могт} и СП_{всп} дадут положительный экстремум, а при $v_2 < v_1$ СП_{могт} и СП_{всп} — отрицательный экстремум. Значит, полярность сейсмической записи ОВ при таком варианте подключения СП будет соответствовать взрывному источнику с полярностью стандарта SEG.

Рассмотрим очень важный случай с разнополярной корреляцией свип-сигнала и виброграммы.

Полярность сейсмической записи

Полярность регистрации	Полярность корреляции	Вид волны	Вид сейсмического импульса				Примечание	
			$V_2 > V_1$		$V_2 < V_1$			
			МОГТ	ВСП	МОГТ	ВСП		
Взрывной источник	1. Стандарт полярности SEG	P					Основной стандарт SEG при взрывах	
		OB						
	2. Обратная полярность сейсмоприемников	P						
		OB						
Вибрационный источник	3. Стандарт полярности SEG	P					Основной стандарт SEG при вибраторах	
		OB						
		Ак-	P					Совпадает со стандартом SEG при взрывах
			OB					
	4. Обратная полярность сейсмоприемников	Ак+	P					
			OB					
		Ак-	P					Совпадает со стандартом SEG при взрывах
			OB					



При стандарте SEG импульс P на СП_{могт} будет отрицательным, а на СП_{всп} — положительным. На ОБ при $v_2 > v_1$ СП_{могт} и СП_{всп} выдадут импульс вверх, а при $v_2 < v_1$ — импульс вниз. То есть в этом варианте полярность работ вибрационным и взрывным источниками будет одинаковой как для P , так и для OB . В таблице рассмотрены и другие варианты полярности сейсмической записи.

В современных обрабатывающих комплексах принято, что при $p_2 v_2 > p_1 v_1$ коэффициент отражения положителен и ему должен соответствовать максимум сейсмической записи [2—4]. Если для взрывных источников при стандарте SEG это выполняется, то для вибрационных при следовании требованиям стандарта SEG полярность будет противоположной. Наиболее простой путь совмещения полярности записей взрывного и вибрационного источников — смена полярности свип-сигнала при корреляции виброграмм. Все остальные параметры остаются без изменений. В корреляторе, кроме обыч-

ного режима проверки и настройки вибраторов в соответствии со стандартом SEG — корреляция с однополярным свип-сигналом, должен быть дополнительный рабочий режим корреляции записей виброграмм, где свип-сигнал имеет обратную полярность. Потребуется очень незначительное усовершенствование корреляторов, которое позволит привести полярность регистрируемых коррелограмм в соответствие с требованиями РД Миннеаполиса [4].

1. Lardrum R.A., Brook R.A., Sallas I.I. Соглашение по полярности вибрационных источников и регистрирующих систем // РД. Доклад технического комитета по стандартам общества геофизиков-разведчиков (SEG) / Пер. — 1998. — 11 с.
2. Рябинкин Л.А. Теория упругих волн. — М.: Недра, 1987. — 182 с.
3. Сейсморазведка: Справочник геофизика. — М.: Недра, 1981. — 464 с.
4. РД. Техническая инструкция по наземной сейсморазведке при проведении работ на нефть и газ / Минтопэнерго. — М., 1999.

РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 622.276.43.01

ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ СМЕШИВАЮЩЕГОСЯ ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ

В.В. Мазаев, Н.Н. Лебедева, Н.Н. Лунева

(Тюменский государственный университет, ОАО "Тандем")

Смешивающееся вытеснение нефти (СВН) — один из эффективных способов разработки сложнопостроенных нефтяных залежей. Однако из-за значительных материально-технических затрат метод может быть применен в нефтяной практике только при наличии реагентов, способных эффективно вытеснить нефть из пласта и обеспечивать снижение давления закачки. Последнее обстоятельство крайне важно при разработке низкопроницаемых залежей заводнением. Перспективными реагентами для СВН являются органические растворители. Их использование направлено на изменение свойств или состояния насыщающих пласт флюидов и отложений. Эффективность от обработки пласта составами на основе растворителей обусловлена их высокой нефтевытесняющей способностью за счет сильного снижения межфазного натяжения и высокой растворяющей способностью к органическим соединениям, выпавшим в призабойной зоне пласта (ПЗП). Известно более 100 углеводородных растворителей, в той или иной степени используемых при добыче нефти, [1, 2]. Многие из них применяются как компоненты составов или индивидуальные вещества для обработки ПЗП и создания оторочки при вытеснении нефти из пласта. Однако в литературе отсутствуют рекомендации по применению растворителей для СВН и не описаны параметры протекающих процессов.

В связи с этим в настоящей работе проведены исследования влияния природы растворителя на динамику закачки воды в модель пласта и прирост коэффициента нефтевытеснения в процессе смешивающегося вытеснения нефти.

Проведены лабораторные испытания по влиянию ряда органических растворителей на процесс смешивающегося вытеснения нефти. Исследована динамика давления при закачке растворителей в модель пласта и определены коэффициенты нефтевытеснения. Найдены оптимальные условия подачи растворителей в модель пласта. Наиболее эффективные реагенты — пропиловый, бутиловый и октиловый спирты — испытаны в сочетании с водо- и маслорастворимыми неоналами.

Laboratory tests of the number of organic solvents are fulfilled for evaluation of their influence on the process of petroleum mixed displacement. Pressure dynamic under solvents injection into formation model is investigated and petroleum recovery factors are defined. Optimal conditions of solvents injection into the formation model are found. The most effective reagents — propyl, butyl and octyl alcohol — are tested in combination with water- and oil dissolved neonols.

В качестве растворителей были выбраны отличные по природе и свойствам, в том числе и по совместимости с водной фазой и нефтью органические соединения: гексан, *m*-ксилол, метилэтилкетон, диизопропиловый эфир, ряд спиртов C₃ — C₈. Исследование нефтевытесняющих свойств указанных растворителей проводили на однородной модели пласта при постоянной скорости фильтрации. Модель пласта готовили путем заполнения специальной колонки дезинтегрированным керном с последовательным насыщением ее водой и нефтью. Затем в приготовленную модель закачивали оторочку растворителя объемом 15 % от порового и воду до прекращения выделения нефти. Последовательность подачи жидкостей варьировали. Закачка реагента после заводнения пласта является традиционной в нефтедобыче. Однако предварительная подача растворителя может не только повысить коэффициент нефтевытеснения за счет образования зоны смешения, но и существенно улучшить процесс нагнетания воды.

В процессе фильтрации жидкостей через модель пласта измеряли перепад давления и объем вытес-