

В.В. Нескоромных

# НАПРАВЛЕННОЕ БУРЕНИЕ И ОСНОВЫ КЕРНОМЕТРИИ

Учебное пособие

Институт горного дела, геологии и геотехнологий



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Сибирский федеральный университет

# ***НАПРАВЛЕННОЕ БУРЕНИЕ и основы кернометрии***

Учебное пособие

Допущено УМО по образованию в области прикладной геологии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 130203 «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» направления подготовки 130200 «Технологии геологической разведки» (протокол №6 заседания учебно-методического Совета УМО от 18.09.2007 г.)

Красноярск  
СФУ  
2012

УДК 622.243.2

Рецензенты: Почетный работник высшего профессионального образования РФ, доцент ИрГТУ В.В. Большаков;  
главный специалист ФГУП «Иркутскгеофизика»  
А.В. Новобрицкий

Нескоромных В.В.

**H552 Направленное бурение и основы кернометрии:** Учебное пособие – 2-е изд., пераб. и доп. / В.В. Нескоромных. – Красноярск : СФУ, 2012. – 328 с.

Рассмотрены основные вопросы теории, техника и технологии направленного бурения и кернометрии применительно к бурению геологоразведочных скважин. Приводятся сведения о причинах и закономерностях искривления скважин, средствах и технологиях бурения скважин по заданным траекториям, технологиях и технических средствах искривления скважин, бурения многоствольных скважин, отбора ориентированного керна. Дана методика обоснования экономической эффективности направленного бурения. Приведены примеры расчетов, основная терминология.

Учебное пособие предназначено для студентов ВУЗов, обучающихся по направлению 130200 «Технологии геологической разведки», специальность 130203 «Технология и техника разведка месторождений полезных ископаемых» (ГОС-2000) и для студентов специальности 130102.65 «Технология геологической разведки», специализация 130102.65.03 «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» (ФГОС-2010).

Книга будет полезна для аспирантов научного направления 25.00.14 – «Технология и техника геологоразведочных работ», 25.00.15 – «Технология бурения и освоения скважин», научных сотрудников и специалистов производственных организаций, занятых решением технологических задач бурения скважин.

© В.В. Нескоромных, 2012  
© Сибирский федеральный университет, 2012

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В процессе бурения все скважины в большей или меньшей степени искривляются. В ряде случаев искривление скважин не оказывает существенного влияния на результаты бурения, поэтому фактическое положение ствола скважины и координаты забоя не определяются. Это относится к картировочным, инженерно-геологическим, взрывным и др. скважинам, имеющим незначительную глубину. При бурении глубоких скважин, особенно на поздних стадиях разведки месторождений, вопросы проведения скважин по проектным траекториям приобретают очень большое значение, и для их решения затрачиваются значительные средства.

Если искривление скважин не измеряется и не учитывается, это может привести к большим погрешностям в оценке перспектив месторождения и соответственно к значительным экономическим потерям.

В практике геологической отрасли известны случаи, когда результаты многолетних геологоразведочных работ и выявленные запасы полезных ископаемых не утверждались из-за значительного искривления разведочных скважин.

При разведке многих месторождений довольно значительный объем буровых работ вынужденно не учитывается при подсчете запасов месторождения из-за отклонения скважин от проектных траекторий и невыполнения ими, таким образом, геологического задания. В то же время искривленные скважины сложнее бурить с точки зрения реализации оптимальных технологий высокопроизводительного бурения, а в ряде случаев проходку разведочной скважины вынужденно прекращают из-за серьезных осложнений связанных с неудовлетворительной реализацией методов направленного бурения. Основные причины подобных ситуаций - неквалифицированно выполненные работы по направленному бурению скважин.

В то же время квалифицированно реализованные методы направленного бурения и кернометрии способны существенно повысить качество и снизить затраты на геологоразведочные работы, увеличить многократно эффективность эксплуатации месторождений углеводородного сырья, решить многие сложнейшие технические задачи при реализации геотехнологий, прокладке коммуникаций под природными и техногенными объектами.

**Направленное бурение** – техническая система бурения скважин, включающая комплексы методов, технологий, аппаратных и технических средств, призванная решать проблему бурения скважин в заданном направлении, часто по определенно-выверенной траектории, а забой приводить в заданную проектом точку с учетом возможных допустимых отклонений.

**Кернометрия** – комплекс методов, технологий, аппаратных и технических средств, которые призваны получить сведения об элементах залегания горных пород по специально отобранному керну с меткой (**ориентированный керн**), положение которой на керне строго увязано с

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАПРАВЛЕННОМ БУРЕНИИ .....	4
1.1. Задачи, решаемые методами направленного бурения .....	4
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	6
1.2. Сведения об истории развития направленного бурения .....	6
1.3. Положение стволов скважин в пространстве, понятие об их искривлении .....	11
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	16
1.4. Классификация трасс скважин .....	17
<i>Контрольные вопросы к главе 1</i> .....	19
Глава 2. ПРИЧИНЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ИСКРИВЛЕНИЯ СКВАЖИН .....	19
2.1. Организационно-технические причины искривления скважин .....	20
2.2. Технологические причины искривления скважин .....	21
2.2.1. Влияние на искривление скважин осевого усилия и устойчивости буровых компоновок .....	21
2.2.2. Влияние на искривление скважин характера вращения деформированной буровой компоновки .....	31
2.2.3. Влияние на искривление скважин типа и конструкции породоразрушающего инструмента .....	34
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	41
2.2.4. Механизм искривления скважин при вращательном бурении .....	42
2.2.5. Влияние технологических факторов на искривление скважин, буримых ССК .....	45
2.2.6. Технологические причины искривления скважин при ударно-вращательном бурении .....	46
2.3. Геологические причины естественного искривления скважин .....	50
2.3.1. Влияние анизотропии горных пород на процесс искривления скважин .....	51
2.3.1.1. Оценка анизотропии горных пород .....	55
2.3.1.2. Особенности механики разрушения анизотропных горных пород .....	62
2.3.1.3. Особенности формирования стволов скважин в анизотропных горных породах .....	80
2.3.2. Влияние перемежаемости горных пород по твердости на процесс искривления скважин .....	81
2.4. Закономерности естественного искривления скважин .....	87
2.4.1. Закономерности естественного искривления скважин в анизотропных горных породах .....	88
2.4.2. Оценка перспектив снижения искривления скважин в анизотропных горных породах при использовании экспериментальных способов бурения (на примере термомеханического бурения) .....	92

2.4.3. Закономерности естественного искривления в перемежающихся по твердости горных породах.....	93
2.4.4. Закономерности искривления горизонтальных скважин.....	93
2.5. Методика выявления закономерностей искривления скважин.....	95
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	100
<i>Контрольные вопросы к главе 2</i> .....	100

### Глава 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ИСКРИВЛЕНИЯ СКВАЖИН ..... 101

3.1. Приборы, использующие для определения зенитного угла скважины принцип горизонтального уровня жидкости (апсидоскопы) .....	102
3.2. Инклинометры.....	103
3.2.1. Инклинометры для одного или нескольких измерений углов, характеризующих положение скважины в пространстве .....	104
3.2.2. Инклинометры, позволяющие многократно производить измерения зенитного и азимутального углов.....	106
3.2.3. Инклинометры для производства работ в условиях, характеризующихся влиянием магнитного поля .....	109
3.2.4. Приборы, средства и методы инклинометрии в горизонтальных, восстающих и пологонаклонных скважинах .....	109
3.2.5. Технические средства контроля над искривлением ствола в процессе бурения .....	111
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	115
<i>Контрольные вопросы к главе 3</i> .....	115

### Глава 4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ..... 116

4.1. Технические средства для снижения естественного искривления скважин .....	116
4.1.1. Компоновки для снижения естественного искривления скважин для бурения с отбором керна.....	116
4.1.2. Компоновки для алмазного бурения снарядами со съёмным кернаприемником.....	132
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	137
4.1.3. Компоновки для управления направлением горизонтальных скважин.....	137
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	139
4.1.4. Буровые компоновки для бескернового бурения шарошечными долотами.....	139
4.1.4.1. Основные принципы применения буровых компоновок на основе УБТ для бурения скважин большого диаметра.....	139
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	145
4.1.4.2. Буровые компоновки для бурения шарошечными долотами малых диаметров.....	146

4.1.5. Разработка и совершенствование бурового инструмента.....	149
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	155
4.2. Технические средства для развития естественного искривления.....	155
4.3. Технические средства для искусственного искривления скважин в любом заданном направлении .....	160
4.3.1. Отклонители.....	160
4.3.1.1. Стационарные клиновые отклонители.....	162
4.3.1.2. Извлекаемые (съёмные) клиновые отклонители.....	170
4.3.1.3. Отклонители непрерывного действия (ОНД)...	180
4.3.1.4. Отклонители непрерывного действия для искривления скважин с одновременным отбором керна.....	201
4.3.1.5. ОНД на базе забойных двигателей .....	204
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	211
4.4. Основные факторы, влияющие на точность искривления скважины отклонителями .....	213
4.4.1. Основные факторы, влияющие на точность искривления скважины клиновыми отклонителями .....	213
4.4.2. Основные факторы, влияющие на точность искривления скважины ОНД .....	215
4.5. Породоразрушающий инструмент и его возможности при реализации искривления ОНД.....	217
4.6. Технологические снаряды для проработки интервалов искусственного искривления скважин ОНД.....	220
4.7. Технические средства ориентированного управления направлением скважин на неограниченном интервале бурения.....	225
<i>Контрольные вопросы к главе 4</i> .....	228
Глава 5. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ .....	229
5.1. Способы и средства ориентирование отклонителей, расчет угла установки отклонителя .....	229
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	236
5.2. Ориентаторы и приемы работы с ними .....	237
5.2.1. Ориентаторы механического типа. Самоориентаторы .....	237
5.2.2. Ориентаторы электро-механического типа.....	245
5.2.3. Ориентаторы гидро-механического типа.....	252
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	256
5.3. Основные причины погрешности ориентирования.....	256
5.4. Выбор параметров и оценка точности искусственного искривления скважин.....	257

5.5.	Определение допустимых значений кривизны ствола скважины по условиям вписываемости буровых компоновок, прочности обсадных и бурильных труб.....	261
5.5.1.	Анализ вписываемости буровых компоновок в искривленный ствол скважины.....	261
5.5.2.	Определение допустимых значений кривизны ствола скважины по условиям прочности обсадных и бурильных труб.....	263
5.6.	Способы и технологии забуривания дополнительных стволов.....	267
5.6.1.	Технология постановки искусственного забоя и забуривания с него дополнительного ствола съёмными клиновыми отклонителями.....	270
5.6.2.	Технологии забуривания дополнительных стволов отклонителями непрерывного действия.....	273
5.6.2.1.	Анализ процесса забуривания уступа.....	273
5.6.2.2.	ОНД для забуривания дополнительных стволов скважины с искусственного забоя.....	277
5.6.2.3.	Совершенствование бурового инструмента для забуривания дополнительных стволов.....	279
<b>ТЕРМИНОЛОГИЯ.....</b>		281
5.6.3.	Забуривание дополнительных стволов скважин спрямлением ствола в интервале искривления.....	281
5.7.	Расчет траекторий проектируемых скважин.....	282
5.7.1.	Расчет траектории проектируемой наклонно-направленной скважины.....	282
5.7.2.	Проектирование параметров дополнительных стволов при многоствольном бурении.....	287
<b>ТЕРМИНОЛОГИЯ.....</b>		292
<b>Контрольные вопросы к главе 5.....</b>		292
<b>Глава 6. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ.....</b>		293
<b>Контрольные вопросы к главе 6.....</b>		303
<b>Глава 7. ОСНОВЫ КЕРНОМЕТРИИ.....</b>		303
7.1.	Общие сведения о кернометрии.....	303
7.2.	Технические средства и технологии отбора ориентированного керна.....	304
7.3.	Определение элементов залегания горных пород по ориентированному керну.....	311
<b>ТЕРМИНОЛОГИЯ.....</b>		312
<b>Контрольные вопросы к главе 7.....</b>		313



Глава 8. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ.....	313
8.1. Технология бестраншейного строительства подземных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения..	313
8.2. Бурение скважин сложного профиля различного назначения.....	317
<i>ТЕРМИНОЛОГИЯ</i> .....	321
<i>Контрольные вопросы к главе 8</i> .....	321
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	322

Учебное издание  
**Нескоромных В.В.**

Направленное бурение и основы кернометрии

Подписано в печать 29.05.2012. Формат 60х84/16.  
Бумага тип. Печать офсетная.  
Усл. печ. листов 20,5. Тираж 70 экз. (дополнительный). Заказ 8496.

Редакционно-издательский отдел  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79  
Тел/факс (391) 206-21-49, e-mail: rio@lan.krasu.ru

Отпечатано:

Полиграфический центр  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а