



УДК 622.24.05

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ПЕРЕВОДНИКА КАК ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ И АВАРИЙ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

### APPLICATION OF THE CIRCULATION VALVE AS EQUIPMENT FOR PREVENTING COMPLICATIONS AND ACCIDENTS DURING DRILLING OF OIL AND GAS WELLS

**Егорова Елена Валерьевна**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры разработка и эксплуатация  
нефтяных и газовых месторождений,  
Астраханский государственный технический университет  
egorova\_ev@list.ru

**Приходько Екатерина Николаевна**

студент-магистрант кафедры разработка и эксплуатация  
нефтяных и газовых месторождений,  
Астраханский государственный технический университет  
katya.p02@mail.ru

**Срымов Арсен Аскарлович**

студент-магистрант кафедры разработка и эксплуатация  
нефтяных и газовых месторождений,  
Астраханский государственный технический университет  
srymov2001@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена применению циркуляционного переводника как эффективного средства для предотвращения осложнений и аварий при бурении нефтяных и газовых скважин, вызванных поглощением бурового раствора. Поглощение бурового раствора в проницаемых и неструктурированных породах может приводить к образованию газонефтеводопроявлений (ГНВП), осыпаниям горных пород, механическим прихватам инструментов и нарушению циркуляции, что существенно усложняет процесс бурения. В статье рассматривается конструкция кольматирующего циркуляционного переводника PBL, который предназначен для кольматации ствола скважины, предотвращая вышеуказанные проблемы. Описание устройства переводника и его принципа действия включает в себя его компоненты, такие как корпус с боковыми отверстиями, регулирующие пробки, золотник с седлом и механизм активации. Применение этого оборудования позволяет значительно снизить риски и повысить безопасность и эффективность процесса бурения.

**Ключевые слова:** газонефтеводопроявление, поглощение бурового раствора, циркуляционный переводник PBL, кольматация.

**Egorova Elena Valeryevna**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of the Department  
of Development and Exploitation  
of Oil and Gas Fields,  
Astrakhan State Technical University  
egorova\_ev@list.ru

**Prikhodko Ekaterina Nikolaevna**

Master's Student of the Department  
of Development and Exploitation  
of Oil and Gas Fields,  
Astrakhan State Technical University  
katya.p02@mail.ru

**Srymov Arsen Askaryevich**

Master's Student of the Department  
of Development and Exploitation  
of Oil and Gas Fields,  
Astrakhan State Technical University  
srymov2001@mail.ru

**Annotation.** This paper is dedicated to the application of the circulation valve as an effective tool for preventing complications and accidents during the drilling of oil and gas wells caused by the absorption of drilling fluid. The absorption of drilling fluid in permeable and unstructured rocks can lead to the formation of gas-oil-water shows (GOWS), sloughing and collapsing of rock formations, mechanical sticking of tools, and circulation problems, which significantly complicate the drilling process. The paper discusses the design of the plugging circulation valve PBL, which is intended for wellbore plugging to prevent the aforementioned issues. The description of the valve's structure and its operating principle includes components such as a body with side holes, regulating plugs, a valve with a seat, and an activation mechanism. The application of this equipment allows for a significant reduction in risks, as well as an increase in the safety and efficiency of the drilling process.

**Keywords:** gas-oil-water shows, drilling fluid absorption, circulation valve PBL, plugging.

Одной из проблем, возникающих при бурении скважин, является поглощение бурового раствора [1].

Поглощение бурового раствора создает благоприятные условия для образования газонефтеводопроявлений (ГНВП), ведет к осыпаниям и обвалам горных пород, механическим прихватам инструментов [2].

Поглощение бурового раствора в процессе бурения скважин является распространенной проблемой, возникающей при работе с проницаемыми или неструктурированными породами. Эти породы



способны поглощать значительные объемы жидкости, что может привести к различным негативным последствиям. Среди них можно выделить такие проблемы, как:

**Образование газонефтеводопроявлений (ГНВП):** Поглощение бурового раствора в нижележащие водоносные или нефтегазовые пласты может способствовать миграции углеводородов в зону бурения. Это может вызвать опасные ситуации, связанные с прорывом газа и образованием высоконапорных газонефтеводопроявлений.

**Осыпание и обвалы горных пород:** При наличии избыточного поглощения бурового раствора возможно ослабление породы в скважине, что приводит к осыпаниям и обвалам горных пород. Эти явления могут повлиять на геометрическую форму скважины, затрудняя дальнейшее бурение и восстановление её структуры.

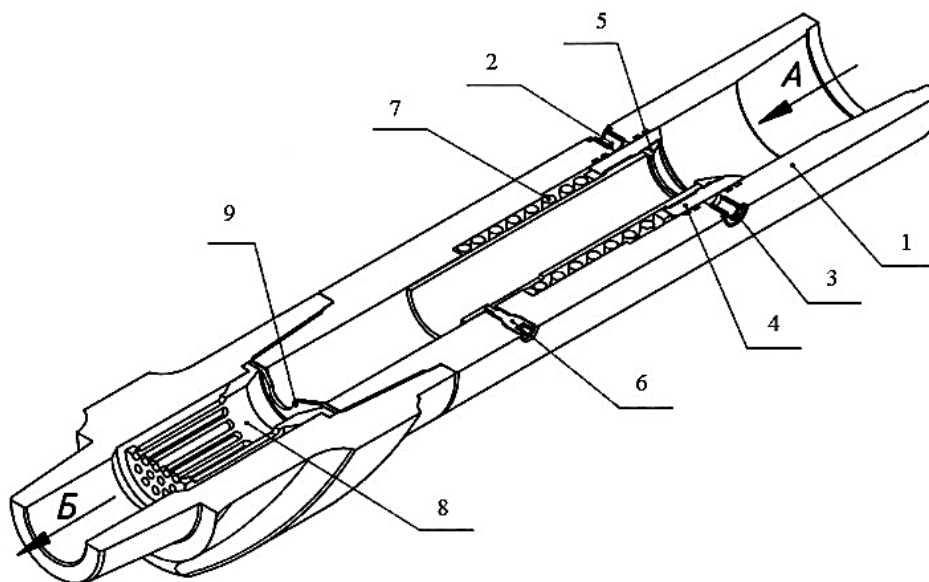
**Механические прихваты инструмента:** При попадании бурового раствора в зоны с высокой проницаемостью или в трещиноватые пласты могут возникать механические прихваты инструмента, что значительно увеличивает время на его извлечение и ремонт. Это влечет за собой дополнительные затраты и потери.

**Нарушение циркуляции:** Поглощение бурового раствора может привести к нарушению циркуляции жидкостей в процессе бурения. В таких случаях становится невозможно продолжать бурение с необходимыми расходами жидкостей, что затрудняет процесс и увеличивает его стоимость.

Для предотвращения вышеописанных осложнений предлагается использовать кольматирующий циркуляционный переводник

Кольматирующий циркуляционный переводник относится к строительству нефтяных и газовых скважин, а именно к циркуляционным переводникам в составе компоновки, используемой для кольматации ствола скважины в процессе бурения [3].

Кольматирующий циркуляционный переводник (рис. 1) состоит из корпуса с боковыми отверстиями. В боковые отверстия установлены пробки. Пробки отличаются размером сквозных отверстий, регулирующих скорость потока текучей среды. В корпусе располагается перемещающийся золотник с седлом, установленный на пружине. Направляющая, закрепленная на корпусе переводника, входит в паз на золотнике, не давая последнему проворачиваться вокруг своей оси. Под корпусом прикреплен корпус калибратора, в нем располагается устройство приема шаров. Активация циркуляционного переводника осуществляется посредством сброса шара активации и его последующей установки на седло золотника.



**Рисунок 1** – Кольматирующий циркуляционный переводник (разрез):  
 1 – корпус; 2 – боковые отверстия; 3 – пробки; 4 – золотник; 5 – седло;  
 6 – направляющая; 7 – пружина; 8 – устройство приема шаров; 9 – мембрана

В нерабочем состоянии золотник находится в верхнем положении, перекрывая боковые отверстия. Весь поток жидкости направлен по каналу А-Б. Для активации переводника сбрасывается шар активации, который переносится рабочей жидкостью до седла золотника. После посадки шара активации, создается герметичная система. Увеличение давления рабочей жидкости над шаром активации приводит к сжатию пружины и перемещению золотника в нижнее положение. В таком состоянии открываются боковые отверстия переводника, образуя канал, соединяющий внутреннее пространство



труб с затрубным. Шар активации изготовлен из разлагающихся материалов, поэтому для возвращения кольматирующего циркуляционного переводника в исходное состояние достаточно прокачать высокоминерализованную жидкость. После растворения верхних слоев шар активации проталкивается через седло и задерживается в устройстве приема шаров, в котором разлагается окончательно. В свою очередь золотник под действием пружины возвращается в верхнее положение, перекрывая боковые отверстия и образуя канал А-Б.

Данное оборудование позволяет проводить закачку всех типов кольматационных и тампонажных материалов в зоны поглощения промывочной жидкости, прокачивание которых через нижележащие элементы КНБК не желательно. Сегодня многие буровые компании, пытаясь уменьшить расходы, предпочитают сэкономить на дополнительных инструментах в КНБК. Однако стоимость аренды циркуляционного переводника ничтожно мала в свете вероятных потерь бурового раствора, а тем более отягощенных последствий. Исходя из вышесказанного, применение переводника PBL является не только технологически целесообразным, но и экономически рентабельным.

#### **Преимущества применения циркуляционного переводника PBL**

**Управление циркуляцией жидкости:** С помощью кольматирующего циркуляционного переводника можно точно контролировать скорость потока бурового раствора и других жидкостей, что значительно снижает вероятность их поглощения в породы. Это позволяет избежать нарушения циркуляции и предотвращает образование ГНВП [4].

**Защита от механических прихватов:** Циркуляционный переводник помогает снизить вероятность механических прихватов инструмента, предотвращая нежелательные изменения в геометрии скважины. Таким образом, он способствует более стабильному процессу бурения, снижая риски, связанные с возможными повреждениями оборудования.

**Повышение безопасности:** Использование кольматирующего циркуляционного переводника позволяет снизить вероятность аварийных ситуаций, таких как газонефтеводопроявления и обвалы горных пород. Это значительно повышает общую безопасность буровых работ.

**Экономическая выгода:** Хотя аренда и использование циркуляционного переводника сопряжены с определёнными затратами, эти затраты значительно ниже в сравнении с потенциальными убытками от аварий и осложнений, вызванных поглощением бурового раствора. Применение устройства помогает сэкономить средства за счет уменьшения времени простоя оборудования и предотвращения аварийных ситуаций.

**Универсальность:** Кольматирующий циркуляционный переводник подходит для работы с различными типами буровых растворов и может быть использован в различных геологических условиях, включая сложные и высоконапорные пласты.

Циркуляционные переводники PBL активно используются в различных нефтегазовых компаниях, и опыт их применения в реальных буровых условиях подтверждает их эффективность. Например, на некоторых крупных месторождениях в Западной Сибири и на Штокмановском месторождении в Баренцевом море, где были установлены высоконапорные пласты и сложные геологические условия, использование циркуляционных переводников позволило успешно предотвратить газонефтеводопроявления и минимизировать поглощение бурового раствора.

В одном из случаев на месторождении в районе Ханты-Мансийска, где были зафиксированы случаи частого поглощения бурового раствора, было решено внедрить циркуляционные переводники в систему буровых установок. Это позволило значительно повысить стабильность бурения и уменьшить количество аварий, связанных с поглощением жидкости. Ожидаемые экономические показатели, такие как сокращение времени простоя и увеличение производительности, также подтвердились.

#### **Долговечность и техническое обслуживание**

Одним из ключевых аспектов, на который следует обратить внимание при использовании циркуляционных переводников PBL, является их долговечность и необходимость в техническом обслуживании. Несмотря на простоту устройства, циркуляционные переводники могут подвергаться определённым механическим и химическим нагрузкам, что требует регулярной проверки их состояния и своевременного обслуживания [5].

Производители кольматирующих циркуляционных переводников рекомендуют проводить регулярные проверки устройства на наличие износа элементов, таких как пружины, золотник и пробки. Для продления срока службы оборудования важно использовать качественные материалы для изготовления элементов переводника, а также следить за чистотой бурового раствора, чтобы избежать загрязнения и засорения системы. В случае с сильным загрязнением или износом элементов, замена деталей на новые или техническое обслуживание может быть необходимым шагом для поддержания эффективности работы устройства.

#### **Перспективы развития и инновации**

В будущем циркуляционные переводники будут продолжать совершенствоваться с учетом новых технологий и изменений в требованиях нефтегазовой отрасли. В последние годы наблюдается тенденция к применению более устойчивых материалов для производства переводников, что позво-



ляет увеличить срок их службы и эффективность в сложных геологических условиях. Кроме того, в разработке находятся новые типы циркуляционных переводников с более высокой пропускной способностью и улучшенной герметичностью, что также поможет повысить эффективность работы буровых установок.

Инновации, направленные на улучшение работы бурового оборудования, также касаются автоматизации процесса управления циркуляцией жидкости. Например, разработка системы, которая будет автоматически регулировать давление и скорость потока в зависимости от текущих условий бурения, обеспечит более высокую точность и ускорение работы при предотвращении аварий.

#### **Реальные примеры использования циркуляционных переводников**

**Штокмановское месторождение, Баренцево море:** В ходе бурения на Штокмановском месторождении были выявлены проблемы с поглощением бурового раствора в области высокопроницаемых пород. Для предотвращения аварийных ситуаций и обеспечения безопасной циркуляции бурового раствора были внедрены циркуляционные переводники PVL. Применение этих устройств позволило обеспечить нормальную циркуляцию жидкости, предотвратить поглощение и минимизировать риски возникновения газонефтеводопроявлений. В результате работы на этом месторождении с использованием КЦП удалось снизить количество аварийных ситуаций, а также сократить время простоя буровых установок.

**Западная Сибирь, месторождение в районе Ханты-Мансийска:** На одном из месторождений в Западной Сибири была зафиксирована частая проблема с поглощением бурового раствора в трещиноватые породы. Введение кольматирующих циркуляционных переводников в систему буровых установок позволило снизить поглощение бурового раствора и избежать значительных потерь жидкости. Также было предотвращено несколько случаев, связанных с осыпанием горных пород в стволе скважины, что могло привести к повреждению бурового инструмента.

**Месторождение в Тюменской области:** На этом месторождении также возникла проблема с поглощением бурового раствора в высокопроницаемые песчаные и глинистые породы. Для решения этой проблемы было решено внедрить циркуляционные переводники PVL, что позволило значительно улучшить контроль за циркуляцией бурового раствора. Применение этого оборудования повысило стабильность работы буровых установок и снизило риски возникновения аварий, связанных с непредсказуемыми изменениями в геологической структуре.

#### **Влияние геологических особенностей на эффективность применения циркуляционных переводников**

Одним из важных факторов, влияющих на эффективность работы циркуляционных переводников, являются геологические особенности бурового участка. Различные породы и их структура могут значительно изменять поведение бурового раствора, что, в свою очередь, требует корректировки в использовании кольматирующих устройств, таких как циркуляционные переводники.

##### **Пористость и проницаемость горных пород**

Одним из ключевых факторов, который необходимо учитывать при применении циркуляционных переводников, является пористость и проницаемость горных пород. В местах с высокой проницаемостью и пористостью, таких как песчаники или пористые известняки, буровой раствор может поглощаться в значительном объеме, что создает условия для возникновения газонефтеводопроявлений. В таких случаях циркуляционные переводники, используемые для кольматации, помогают контролировать циркуляцию раствора и предотвращают чрезмерное поглощение жидкости в пластах.

На таких участках бурения циркуляционные переводники играют важную роль, обеспечивая эффективную регулировку потока бурового раствора, предотвращая его утрату и помогая в удержании необходимого давления в скважине. В свою очередь, высокая проницаемость может потребовать дополнительной активации переводников с более высоким давлением или использования специальных кольматирующих жидкостей.

##### **Трещиноватость и глинистые породы**

Трещиноватость породы является еще одним фактором, который может влиять на эффективность применения циркуляционного переводника. В местах с интенсивной трещиноватостью, где возникают крупные трещины или системы трещин, буровой раствор может быстро проникать в них, вызывая непредсказуемые последствия. В таких случаях использование кольматирующих циркуляционных переводников особенно важно для предотвращения быстрого проникновения раствора в эти зоны. Применение переводников с дополнительными функциями регулирования потока и защиты от газонефтеводопроявлений позволяет повысить безопасность бурения.

Также важным фактором является наличие глинистых слоев. Глина в скважине может сильно влиять на циркуляцию бурового раствора, создавая высокое сопротивление или образуя «глинистую корку» вокруг скважины, что ограничивает циркуляцию жидкости. В таких случаях кольматирующие переводники помогают регулировать циркуляцию и контролировать проход раствора через такие слои.



### **Влияние глубины скважины**

Глубина бурения также оказывает существенное влияние на выбор и эффективность применения циркуляционных переводников. На глубоких скважинах, где высокое давление и температура, циркуляционные переводники должны быть рассчитаны на более тяжелые условия эксплуатации. Эти устройства должны обеспечивать стабильную работу на больших глубинах, эффективно регулируя давление и предотвращая поглощение бурового раствора в экстремальных геологических условиях. В таких случаях могут использоваться более прочные материалы для изготовления переводников, что увеличивает их долговечность и надежность.

### **Геологические особенности и экономическая эффективность**

Применение циркуляционных переводников, как и любой другой технологии бурения, всегда должно быть связано с тщательной оценкой геологических особенностей участка. Геологическое картирование, изучение состава пород и их характеристик позволяет точно подобрать тип оборудования и методов бурения, что может значительно повлиять на экономическую эффективность всего проекта. Если геология участка не требует применения дополнительных мер, таких как кольматация или активация циркуляционного переводника, можно сэкономить на использовании более сложных и дорогих технологий.

Однако, в случаях, когда геологические условия сложно предсказуемы, а вероятность поглощения бурового раствора или возникновения газонефтеводопроявлений высока, применение циркуляционного переводника становится не только технически необходимым, но и экономически оправданным.

Простой анализ геологических характеристик участка и своевременное внедрение технологий, направленных на предотвращение осложнений, может значительно снизить риски аварий и повысить рентабельность бурового проекта.

Таким образом, геологические особенности имеют прямое влияние на эффективность применения циркуляционных переводников. Важно учитывать не только физико-химические характеристики бурового раствора, но и детально анализировать геологическую структуру пласта, чтобы выбрать оптимальные методы для предотвращения осложнений при бурении.

Применение циркуляционных переводников, в частности кольматирующих моделей, играет важную роль в обеспечении безопасности и эффективности процесса бурения нефтяных и газовых скважин. Газонефтеводопроявления, поглощение бурового раствора и связанные с ними проблемы, такие как осыпи, обвалы горных пород и механические прихваты инструментов, являются одними из основных осложнений при бурении. Эти сложности могут не только замедлить процесс бурения, но и существенно повысить эксплуатационные расходы, а также создать угрозу для безопасности.

Циркуляционные переводники, в том числе кольматирующие, служат эффективным средством предотвращения таких осложнений, позволяя контролировать циркуляцию бурового раствора, поддерживать необходимое давление и предотвращать поглощение жидкости в продуктивные горизонты. Применение этих устройств помогает минимизировать риск газонефтеводопроявлений, которые могут существенно осложнить процесс бурения, а также сократить потенциальные затраты на устранение последствий аварий.

Особое внимание следует уделить использованию современных циркуляционных переводников с возможностью активации через шар, что позволяет быстро и эффективно адаптировать процесс бурения к изменениям в условиях на месте. Такие устройства легко адаптируются к различным геологическим условиям, эффективно регулируя давление и потоки жидкости, что делает их незаменимыми при бурении в сложных геологических условиях, таких как трещиноватые или высокопористые пласты.

Современные кольматирующие циркуляционные переводники, наряду с другими методами, такими как закачка газа или использование высокоэффективных кольматирующих жидкостей, позволяют создавать комплексную систему защиты от осложнений бурения. Комплексный подход, включающий выбор оптимальных технологий на основе геологических характеристик месторождения, позволяет значительно повысить безопасность бурового процесса, повысить коэффициент извлечения углеводородов и, что немаловажно, снизить эксплуатационные затраты.

Однако важно подчеркнуть, что стоимость использования циркуляционного переводника оправдывает себя в долгосрочной перспективе, особенно если учитывать потенциальные риски потери бурового раствора, дополнительные расходы на устранение аварийных ситуаций и простои бурового оборудования. Экономическая рентабельность применения данных устройств подтверждается не только технической необходимостью, но и важностью для долгосрочной стабильности буровых операций.

Внедрение инновационных технологий в бурение, таких как циркуляционные переводники, представляет собой не просто технический прогресс, но и экономически обоснованный шаг, который способствует увеличению эффективности добычи углеводородов. В условиях растущих требований к безопасности и эффективности добычи, а также с учетом глобальных трендов в энергетической от-



расли, таких как оптимизация и устойчивость процессов, внедрение таких технологий становится важным элементом обеспечения конкурентоспособности и успешной эксплуатации нефтяных и газовых месторождений.

Таким образом, применение кольматирующих циркуляционных переводников в бурении нефтяных и газовых скважин можно считать не только технологически необходимым, но и экономически оправданным шагом для предотвращения осложнений, повышения эффективности буровых процессов и оптимизации расходов. В будущем развитие этих технологий, а также их интеграция с другими инновационными решениями, поможет обеспечить еще большую безопасность и экономичность в процессе бурения, что позволит повысить рентабельность и эффективность добычи углеводородов на всех этапах разработки месторождений.

Использование циркуляционного переводника PBL является эффективным методом предотвращения осложнений и аварий при бурении нефтяных и газовых скважин. Это устройство позволяет контролировать процессы циркуляции бурового раствора, минимизировать риски поглощения жидкости, а также предотвращать газонефтеводопроявления и механические прихваты инструментов. В условиях высокой конкуренции и необходимости повышения эффективности буровых работ, циркуляционный переводник не только является технологически обоснованным решением, но и экономически выгодным инструментом.

Таким образом, внедрение циркуляционных переводников PBL в систему буровых операций на нефтегазовых месторождениях является важным шагом для обеспечения безопасности, повышения эффективности и минимизации рисков, связанных с поглощением бурового раствора и возникновением аварийных ситуаций.

#### Список литературы:

1. Кудряшов Б.Б., Яковлев А.М. Бурение скважин в осложненных условиях. – М. : Недра, 1987. – 269 с.
2. Бурение – Осложнения и ликвидация. – URL : <https://engineeringru.livejournal.com/439850.html> (дата обращения 20.02.2025).
3. Патент № 206444 Российская Федерация, МПК E21B 21/10 (2006.01). Кольматирующий циркуляционный переводник: № 2020140874: заявл. 10.12.2020: опубликовано 13.09.2021 / Д.Л. Бакиров, В.А. Бурдыга, М.М. Фаттахов, Г.Н. Грицай, В.В. Антонов.
4. Чистяков В.Н. Современные технологии бурения и эксплуатация скважин / В.Н. Чистяков, В.И. Мельников. – М. : Горячая линия – Телеком, 2015. – 428 с.
5. Хусаинов Р.М. Осложнения в процессе бурения и методы их устранения / Р.М. Хусаинов, А.И. Мухаметшина. – Казань : Казанский государственный университет, 2018. – 324 с.
6. Куликов В.А. Проблемы бурения в условиях высоких пластовых давлений / В.А. Куликов, В.Г. Калиниченко. – М. : Машиностроение, 2013. – 341 с.

#### List of references:

1. Kudryashov B.B. Drilling of wells under challenging conditions / B.B. Kudryashov, A.M. Yakovlev. – M. : Nedra, 1987. – 269 p.
2. Drilling – Complications and their elimination. – URL : <https://engineeringru.livejournal.com/439850.html> (date of application 20.02.2025).
3. Patent № 206444 Russian Federation, IPC E21B 21/10 (2006.01). Plugging circulation valve: № 2020140874: filed 10.12.2020, published 13.09.2021 / D.L. Bakirov, V.A. Burdyga, M.M. Fattakhov, G.N. Gritsai, V.V. Antonov.
4. Chistyakov V.N. Modern drilling technologies and well operation / V.N. Chistyakov, V.I. Melnikov. – M. : Hot Line – Telecom, 2015. – 428 p.
5. Khusainov R.M. Complications in the drilling process and methods of their elimination / R.M. Khusainov, A.I. Mukhametshina. – Kazan : Kazan State University, 2018. – 324 p.
6. Kulikov V.A. Drilling problems under high formation pressures / V.A. Kulikov, V.G. Kalinichenko. – M. : Machine Engineering, 2013. – 341 p.