

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2023.1.209-221>

EDN KHMWXE

УДК 622.24

Ликвидация поглощений буровых промывочных жидкостей низкой интенсивности при строительстве нефтяных скважин

Кузьмин В.Н., Аль Маолаи М.С.Д

ФГБОУ ВО "Удмуртский государственный университет", Ижевск, Россия

Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Ижевск, Россия

Elimination of absorption of low intensity drilling flushing fluids during the construction of oil wells

V.N. Kuzmin, M S.J. Al Maol

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

M.S. Gutseriev Institute of Oil and Gas, Izhevsk, Russia

E-mail: yakvn72@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена мероприятиям по борьбе с поглощениями буровых промывочных жидкостей низкой интенсивности; описаны теоретические аспекты поглощения буровых промывочных жидкостей, в том числе: признаки и причины поглощения буровых промывочных жидкостей, классификация поглощений буровых промывочных жидкостей по степени интенсивности, модели трещиноватых пластов; модели кавернозных и трещиновато-кавернозных пластов и классификация пластов по возможным способам их изоляции; предложено техническое решение по ликвидации поглощений низкой интенсивности и, как логическое завершение материала статьи, показана практическая ценность предлагаемого технического решения для ликвидации поглощений низкой интенсивности в ходе строительства скважин на нефть.

Ключевые слова: бурение скважин, поглощение буровых промывочных жидкостей, интенсивность поглощения буровых промывочных жидкостей, технология ликвидации поглощений буровых промывочных жидкостей

Для цитирования: Кузьмин В.Н., Аль Маолаи М.С.Д Ликвидация поглощений буровых промывочных жидкостей низкой интенсивности при строительстве нефтяных скважин//Нефтяная провинция.-2023.-№1(33).-С.209-221. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.1.209-221>. - EDN KHMWXE

Abstract. The article is devoted to measures to combat losses of low-intensity drilling fluids; describes the theoretical aspects of the absorption of drilling fluids, including: signs and causes of the absorption of drilling fluids, classification of losses of drilling fluids by the degree of intensity, models of fractured formations; models of cavernous and fractured-cavernous beds and classification of beds by possible methods of their isolation; disclosed is a technical solution for eliminating low-intensity absorbances and, as a logical completion of the article material, shows the practical value of the proposed technical solution for eliminating low-intensity absorbances during oil well construction.

Key words: *well drilling, absorption of drilling washing liquids, intensity of absorption of drilling washing liquids, technology of elimination of absorption of drilling washing liquids*

For citation: V. N. Kuzmin, M. S. J. Al Maol Likvidatsiya pogloshcheniy burovyykh promyvochnyykh zhidkostey nizkoy intensivnosti pri stroitel'stve neftyanykh skvazhin [Elimination of absorption of low intensity drilling flushing fluids during the construction of oil wells]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(33), 2023. pp. 209-221. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.1.209-221>. EDN KHMWXE (in Russian)

Одним из видов осложнений при бурении скважин является поглощение буровых промывочных жидкостей, ликвидация которых может потребовать значительных затрат времени и средств, а также может привести к дифференциальной прихвату, на ликвидацию которого потребуются дополнительные затраты материальных средств (химические реагенты, установка кислотной и/или углеводородной ванны, привлечение специальной тампонажной техники.

Объектами поглощений являются продуктивные и водоносные пласты с большой пористостью и низким пластовым давлением.

1. Теоретические аспекты поглощений буровых растворов

В основном поглощения буровых промывочных жидкостей происходят в случаях, когда наблюдаются следующие факторы [1]:

- гидродинамическое давление превышает давление гидроразрыва пласта при бурении скважины (буровой раствор с высокой плотностью, буровой

- раствор с высоким значением статического напряжения сдвига, спуск буровых труб со скоростью, превышающей допустимую, эффект поршневания);
- не перекрыты обсадной колонной вышележащие поглощающие горизонты;
 - неправильно выбран вид буровой промывочной жидкости;
 - несоответствие параметров буровых промывочных жидкостей (плотность, условная вязкость, статическое напряжение сдвига, динамическое напряжение сдвига) при бурении в интервалах поглощения [2];
 - несоблюдение режимов бурения (скорость подачи жидкости, механическая скорость, осевая нагрузка);
 - наличие в литологическом разрезе скважины кавернозных и трещиновато-кавернозных пластов;
 - наличие во вскрываемом пласте нескольких пропластков с резко отличающимся эквивалентом градиента давлений;
 - наличие пластов с аномально низким пластовым давлением.

Признаки поглощения делятся на прямые и косвенные.

К прямым признакам поглощения относится снижение объема промывочной жидкости в рабочих ёмкостях больше, чем необходимо на углубление скважин. То есть, при циркуляции промывочной жидкости наблюдается уменьшение количества, выходящего из скважины промывочной жидкости в отличие от закачиваемого объёма. Но все же прямые признаки трудно заметить, если во скрытой части разреза одновременно работают два пласта один поглощает промывочную жидкость, а второй проявляет.

Косвенные признаки проявляются в виде:

- провалов буровой колонны;
- увеличение механической скорости бурения;
- ухудшение выноса шлама при наличии циркуляции;

- зависание бурильной колонны;
- увлечение момента при вращении.

Поглощения определяются интенсивностью и перепадом давления в системе «скважина-пласт». Поглощения подразделяют на категории в зависимости от их интенсивности [3 - 8]:

1. Умеренное - с интенсивностью до 5 м³ в час, без потери циркуляции буровой промывочной жидкости.
2. Частичное - с интенсивностью до 5-30 м³ в час, без потери циркуляции буровой промывочной жидкости.
3. Среднее - с интенсивностью до 30-60 м³ в час, без потери циркуляции буровой промывочной жидкости.
4. Полное - с интенсивностью до 60-100 м³ в час - с небольшим падением уровня буровой промывочной жидкости в скважине и частичной или полной потерей циркуляции буровой промывочной жидкости.
5. Катастрофическое - с интенсивностью более 100 м³ в час - со значительным падением уровня буровой промывочной жидкости в скважине и полной потерей циркуляции буровой промывочной жидкости.

При этом поглощения умеренной и частичной интенсивности относятся к поглощениям низкой интенсивности, а полные и катастрофические поглощения – к поглощениям высокой интенсивности.

Поглощениям низкой интенсивности и посвящена практическая часть данной статьи.

Как правило, мероприятия по профилактике осложнений не дают 100 % [9] положительного результата в связи с тем, что:

- снижение плотности может привести к газонефтеводопроявлениям;
- повышение динамической вязкости приведёт к увеличению давления на пласт, вследствие чего может произойти гидроразрыв поглощающего пласта;

- ограничение скорости спуска бурового инструмента, плавное восстановление циркуляции приводит к увлечению срока строительства скважины;
- применение раствора с не диспергированной твёрдой фазой приводит к увлечению толщины "глинистой корки", что при дальнейшем строительстве скважины может привести к сальникообразованию, что в свою очередь может привести к прихватам, а также потребуются дополнительные проработки интервалов с увеличенной толщиной корки, что в конечном счёте приведёт к увлечению срока строительства скважины;
- аэрация растворов, применение сжатого воздуха, пен позволит добурить скважину до проектной глубины, но резко ухудшит качество крепления обсадной колонны, что при эксплуатации скважины может привести к межпластовому перетоку.

Модели трещиноватых пластов

Совокупность многочисленных трещин, способствовала скоплению в них нефти и между объемом нефти и количеством трещин наблюдается прямая зависимость. Аналогичная зависимость наблюдается в отношении интенсивности поглощения промывочной жидкости при бурении скважин, в силу чего те скважины, в которых были поглощения, оказывались высокопродуктивными. При этом расположение всех аномальных скважин было линейным, приуроченным к двум основным направлениям: северо-восток и северо-запад, пересекающимся под углом 70-90°. О приуроченности трещин, в основном, к своду антиклиналей.

Описанное распределение вертикальных макротрещин обязано тому, что на крутом крыле структуры, на сводах структур и в местах максимального изгиба слоев появляются максимальные разрывные напряжения, тектоническая трещиноватость развита больше. В местах перехода от сравнительно пологого свода к другому крылу наблюдаются наибольшие притоки нефти в скважинах.

В зависимости от поперечных размеров трещины подразделяются на макротрещины (раскрытие более 0,1 мм) и макротрещины. В свою очередь, среди макротрещин в зависимости от протяженности вдоль напластования и по вертикали, от густоты и условий существования выделяют две группы: I и II порядка (другие названия: внутрипластовые трещины, трещины усыхания, эпейроклаз).

Макротрещины I порядка, как правило, вертикальные или слабо наклонены "независимо от изменений залегания пластов", имеют протяженность по вертикали до нескольких десятков, редко 100 м, рассекая несколько пластов и даже стратиграфических подразделений без различия их литологического состава (Рис. 1). Обычно характеризуются малой густотой 5-8 трещин на 10 м. максимальное расстояние между макротрещинами порядка I редко превышает 2 м, достигая значений 5-10 м (Рис. 2).

Отсюда можно сделать вывод, что с точки зрения моделирования движения в них жидкости, между сетями, образованными трещинами порядка I или II, существенных различий не просматривается. Вполне возможно, в приведенных примерах под трещинами порядка II могли выступать трещины порядка I и наоборот.



Рис. 1. Фотография вертикальной трещины протяженностью около 15 м в газовой скважине (трещина рассекает полость скважины)

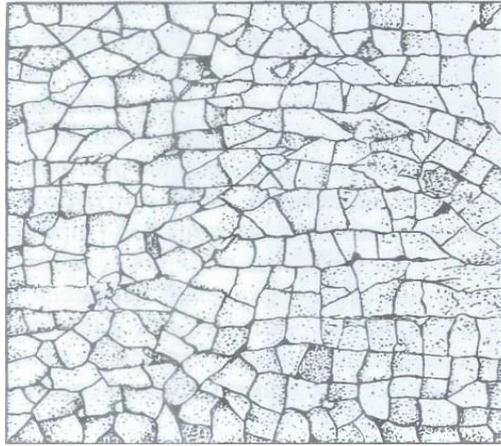


Рис. 2. Натуральная модель трещиноватого пласта

Модели кавернозных и трещиновато-кавернозных пластов

Существует несколько классификаций каверн по величине. В обиходе микро и мелкие каверны называют просто порами, а породы, характеризующиеся такими кавернами, пористыми. Очень большие каверны по-другому называют карстовыми формами, к которым также относят пещеры, полости размером в десятки и сотни метров.

Образование каверн всех типов связывают с растворением (выщелачиванием), в особенности гипса и известковистой части породы, водой, движущейся по трещинам (Рис. 3). Это согласуется с выводом автора и ряда других исследователей, что каверны соединяются друг с другом преимущественно посредством трещин, образуя тем самым взаимосвязанную единую гидравлическую систему. Отсюда следует, что каверны вторичны по отношению к трещинам и их следует моделировать как пустоты, встроенные в совокупность трещин пласта.



Рис. 3. Выщелоченная поверхность стенки вертикальной трещины

Классификация пластов по возможным способам их изоляции [3, 4]

1. Пласты, в которые ещё не проникает глинистый или цементный раствор;
2. Проникает глинистый или цементный раствор, но движение их ещё не свободное;
3. Текут свободно глинистый или цементный раствор, в связи с чем появляется необходимость ввода в них наполнителей;
4. В каналах пласта и в системе скважина-пласт существен гравитационный эффект;
5. Пласт не может быть изолирован без применения решений технического характера.

2. Практическая часть. Предлагаемое техническое решение для ликвидации поглощений низкой интенсивности

Предлагаемое техническое решение для ликвидации поглощений низкой интенсивности относится к способу закачки насыщенных растворов разных солей и порционной закачки их в поглощающий пласт, с дальнейшим перемешиваем в пласте, для образования нерастворимого осадка, который закупоривает каналы зон поглощения.

Результат ликвидации частичного поглощения оценивается различием интенсивности поглощения до начала и после выполнения разработанных мероприятий (технологических операций).

В целях сохранности информации, составы рецептур и процентное соотношение компонентов рецептур (растворов) в статье не приводятся.

Мероприятия (последовательность технологических операций) по ликвидации поглощений низкой интенсивности:

1. Определить глубину начала поглощений низкой интенсивности по вертикали. Замерить фактический удельный вес буровой промывочной жидкости, статический уровень в скважине. Определить давление "сопротивляемости" поглощающего пласта гидростатическому давлению по формуле [10]:

$$P_{\text{пог.}} = 0,1 \times \rho_{\text{б.р.}} \times (H_1 - H_2)$$

где: 0,1 – переводной коэффициент;

$\rho_{\text{б.р.}}$ – фактическая плотность бурового раствора (выходящего со скважины, до очистки), кг/м³;

H_1 – глубина начала поглощения (по вертикали), м;

H_2 – статический уровень (по вертикали), м.

2. Полностью вскрыть интервал поглощений низкой интенсивности по механической скорости (уменьшение механической скорости при бурении будет косвенно свидетельствовать о полном вскрытии). Повторно определить фактический удельный вес промывочной жидкости, статический уровень и интенсивность поглощения при полном вскрытии интервала частичного поглощения.
3. Спустить открытый конец бурильных труб (специальная "воронка") на подошву поглощающего пласта.
4. Расставить специальную цементирующую технику согласно схеме (Рис. 4):

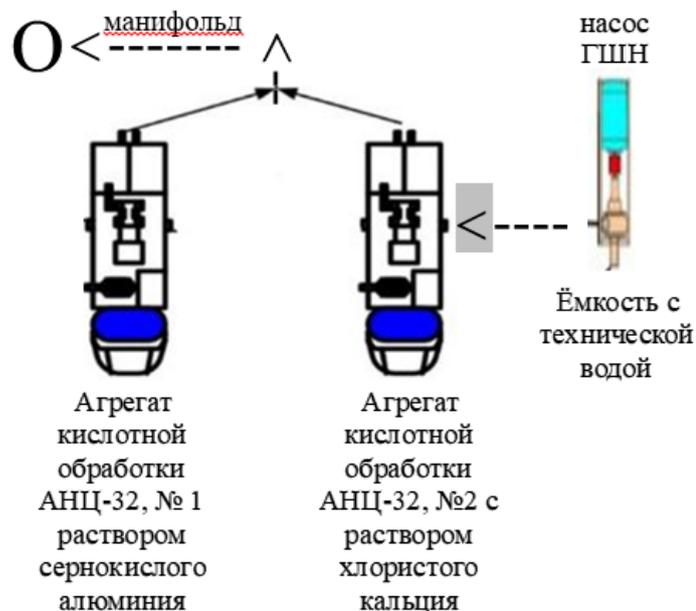


Рис. 4. Схема расстановки цементирующей спецтехники

5. Создать циркуляцию, определить процент её выхода.
6. Загерметизировать устье скважины.

7. Произвести исследование скважины на приемистость, определить коэффициент приемистости с помощью цементирующего агрегата на различных режимах закачки. Определиться с оптимальным режимом закачки компонентов в пласт.
8. Разгерметизировать устье скважины.
9. Приготовить водные растворы сернокислого алюминия и хлористого кальция (здесь и далее, в целях сохранности информации, составы рецептур и процентное соотношение компонентов рецептур (растворов) в статье не приводятся).
10. В разных агрегатах приготовить растворы солей - в суммарном объеме из расчета перекрытия полной мощности зоны частичного поглощения и радиуса проникновения в пласт 30-50 см по всей мощности.
11. Соединить агрегаты в одну линию и обвязать с манифольдом высокого давления.
12. В виде буфера закачать в скважину водный раствор полиакриламида.
13. Закачать порционно в скважину разделив их водой во избежание их преждевременного вступления в реакцию весь объем приготовленных растворов.
14. Произвести продавку из расчета выхода химических растворов из специальной "воронки".
15. При загерметизированном устье скважины задавить в пласт весь объем приготовленных смесей. Отметить конечное давление закачки.
16. Оставить скважину на распределение давления и реагирования химических реагентов на 4-6 часов; в течение этого времени образуется нерастворимый осадок, который заполнит и закупорит каналы поглощающего интервала.
17. По истечении 4-6 часов разгерметизировать устье скважины.
18. Определить наличие или отсутствие интенсивности поглощения.

3. Вывод. Практическая ценность предлагаемого технического решения для ликвидации поглощений низкой интенсивности

Данный метод ликвидации поглощений низкой интенсивности разработан ООО «Буровые Системы» (г. Ижевск) и к настоящему времени успешно опробован и применён на 17 скважинах нефтяных месторождений Удмуртской Республики, Пермского края и соседних регионов, при этом, во всех случаях получен положительный эффект, а именно: на 15 скважинах поглощения низкой интенсивности ликвидированы полностью, а на двух скважинах, при первоначальной интенсивности поглощения буровых промывочных жидкостей 8 м³/ч, интенсивность снизилась до 0,5 м³/ч.

При дальнейшем бурении дифференциальные прихваты отсутствовали (до применения данной технологии признаки дифференциального прихвата отмечались во всех подобных ситуациях, скважинах)

Внедрение данных мероприятий позволило сократить на указанных скважинах непроизводительное время, за счёт чего сроки строительства скважины сократились в среднем на 4,6 суток.

Данные мероприятия для ликвидации поглощений буровых растворов низкой интенсивности рекомендуются для нефтяных месторождений Удмуртской Республики, Пермского края, Республики Татарстан и соседних к ним регионов, а также для месторождений со схожими горно-геологическими и технико-технологическими условиями.

Список литературы

1. Семёнов, Н.Я. Гидродинамика поглощающего пласта. - Уфа: ООО "Монография". - 2019. - 718 с., с ил.
2. В.Н. Кузьмин, А.Г. Абашев / Авторский надзор за строительством эксплуатационных и поисково-разведочных скважин на месторождениях нефти ОАО "Удмуртнефть" // Современные технологии извлечения нефти и газа. Перспективы развития минерально-сырьевого комплекса (российский и мировой опыт): Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием - Ижевск: Удмуртский университет, 2018. - С. 289-294.
3. Харитонов А.А., Н.Г. Квеско / Методы ликвидации осложнений при бурении скважин на Куюмбинском лицензионном участке // Международный научно-исследовательский журнал. - 2016. - №5-6. - С. 99-101.

4. С.А. Сверкунов, А.Г. Вахроев, Н.Н. Мартынов / Ликвидация осложнений при бурении скважин на нефть и газ сложных геологических условиях Восточной Сибири // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. – 2017. - №4. - С. 94-97.
5. Семёнов Н.Я. исследование и изоляция поглощающих и водопроявляющих пластов: пособие для инженера-технолога по бурению скважин. Технология изоляционных работ. - Уфа: ООО "Монография". - 2014. - 528 с., с ил.
6. И.Т. Нургалева, Ю.О. Санникова, А.С. Мыльников, В.Н. Кузьмин / Профилактика поглощений малой интенсивности [Электронный ресурс] // Вестник Западно-Казахстанского инновационно-технологического университета. - 2020. - № 1, тем. вып. Материалы XX Международной конференции молодых ученых «Прогресс науки – залог развития инновационного общества», посв. 1150-летию выдающегося мыслителя Востока аль-Фараби, 13-15 апреля 2020 года, г. Уральск. - С. 62-64.
7. Р. Ахлгребави, А.В. Алрайхан, С.С. Макаров, В.Н. Кузьмин / Усовершенствование технологии изоляции зон поглощения бурового раствора профильным перекрывателем // Сборник тезисов XII Международной научно-практической конференции, 15 апреля 2022 г. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2022. С. 138-143
8. Ф.А. Губайдуллин, В.Н. Кузьмин, Р.Ф. Аскаров [и др.] / Ликвидация зон катастрофического поглощения бурового раствора с помощью современного полимерсодержащего реагента "ПРМД" // Бурение&нефть. - 2020. - № 3. - С. 44-47.
9. Кузьмин, В.Н. Практические рекомендации по предупреждению и ликвидации геолого-технических осложнений при бурении скважин [Электронный ресурс] / В.Н. Кузьмин // Нефтяная провинция. - 2020. - № 1. - С. 44-55.
10. Элияшевский И.В., Сторонский М.Н., Орсуляк Я.М. Типовые задачи и расчеты в бурении. Учебное пособие. - М.: Недра. - 1982. - 296 с.

References

1. Semenov, N.Ya. Hydrodynamics of the absorbing reservoir. - Ufa: LLC "Monograph". - 2019. - 718 p., with il.
2. V.N. Kuzmin, A.G. Abashev / Author's supervision over the construction of operational and exploration wells at the oil fields of JSC Udmurtneft // Modern technologies of oil and gas extraction. Prospects for the development of the mineral resource complex (Russian and world experience): All-Russian scientific and Practical conference with international Participation - Izhevsk: Udmurt University, 2018. - pp. 289-294.
3. Kharitonova A.A., N.G. Kvesco / Methods of elimination of complications during drilling wells at the Kuyumbinsky license area // International Scientific Research Journal. - 2016. - №5-6. - pp. 99-101.
4. S.A. Sverkunov, A.G. Vakhroev, N.N. Martynov / Elimination of complications during drilling of oil and gas wells in difficult geological conditions of Eastern Siberia // Izvestiya Sibirskogo secession of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Sciences. – 2017. - №4. - pp. 94-97.
5. Semenov N.Ya. research and isolation of absorbing and water-manifesting formations: a manual for a well drilling engineer. Technology of insulation works. - Ufa: LLC "Monograph". - 2014. - 528 p., with il.
6. I.T. Nurgaleeva, Yu.O. Sannikova, A.S. Mylnikov, V.N. Kuzmin / Prevention of low-intensity absorption [Electronic resource] // Bulletin of the West Kazakhstan Innovation and Technology University. - 2020. - No. 1, tem. vol. Materials of the XX International Conference of Young Scientists "The progress of science is the key to the development of an innovative society", dedicated to the 1150th anniversary of the outstanding thinker of the East al-Farabi, April 13-15, 2020, Uralsk. - pp. 62-64.
7. R. Akhlgrebavi, A.V. Alraikhan, S.S. Makarov, V.N. Kuzmin / Improving the technology

- of isolation of the absorption zones of drilling mud with a profile overlap // Collection of abstracts of the XII International Scientific and Practical Conference, April 15, 2022 – Izhevsk: Institute of Computer Research, 2022. pp. 138-143
8. F.A. Gubaidullin, V.N. Kuzmin, R.F. Askarov [et al.] / Liquidation of zones of catastrophic absorption of drilling mud using a modern polymer-containing reagent "PRMD" // Drilling & Oil. - 2020. - No. 3. - pp. 44-47.
 9. Kuzmin, V.N. Practical recommendations for the prevention and elimination of geological and technical complications during well drilling [Electronic resource] / V.N. Kuzmin // Oil Province. - 2020. - No. 1. - pp. 44-55.
 10. Eliyashevsky I.V., Sidonsky M.N., Orsulyak Ya.M. Typical tasks and calculations in drilling. Textbook. - M.: Nedra. - 1982. - 296 p.

Сведения об авторах

Кузьмин Вячеслав Николаевич, кандидат наук, доцент, кафедра БНГС, ФГБОУ ВО "Удмуртский государственный университет", Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева
Россия, 426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 7
E-mail: yakvn72@yandex.ru

Аль Маолаи Мохаммед Садек Джаафар, магистрант 2 курса, ФГБОУ ВО "Удмуртский государственный университет", Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева,
Россия, 426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 7
E-mail: tshmal1996@mail.ru

Authors

V. N. Kuzmin, Candidate of Sciences, Associate Professor, BNGS Department, Udmurt State University, M.S. Gutseriev Institute of Oil and Gas
Russia, 426034, Izhevsk, Universitetskaya str., 1, building. 7
E-mail: yakvn72@yandex.ru

M S.J. Al Maol, 2nd year Master's student, Udmurt State University, M.S. Gutseriev Institute of Oil and Gas,
Russia, 426034, Izhevsk, Universitetskaya str., 1, building 7
E-mail: tshmal1996@mail.ru

Признание: авторы статьи выражают благодарность за практическую помощь в написании статьи Леониду Яныбековичу Янышеву, главному специалисту по решению сложных технологических задач наклонно-направленного и горизонтального бурения ООО «Буровые Системы», г. Ижевск, Удмуртская Республика.

Статья поступила в редакцию 06.03.2023

Принята к публикации 20.03.2023

Опубликована 30.03.2023