DOI 10.37539/2949-1991.2026.46.11.007
УДК 66.02

**Ал-Луаиби Хуссейн Саджад,**
Казанский Федеральный Университет
Al-Luaibi Hussein Sajjad,
Kazan Federal University

# УТИЛИЗАЦИЯ СЕРОВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО И ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА АДСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ НА ЖЕЛЕЗООКСИДНЫХ СОРБЕНТАХ
# HYDROGEN SULFIDE REMOVAL FROM NATURAL AND ASSOCIATED PETROLEUM GAS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS AND EXPERIMENTAL EVALUATION OF ADSORPTION PURIFICATION USING IRON OXIDE SORBENTS

**Аннотация.** В статье рассматривается обзор современных методов утилизации сероводорода (H2S) из газовых потоков и результаты экспериментального исследования адсорбционной очистки модельной газовой смеси на железо оксидном сорбенте в неподвижном слое. Рассмотрены основные технологические подходы аминовая абсорбция, процесс Клауса, прямое каталитическое окисление, жидкофазные редокс процессы (окислительно-восстановительные реакции), мембранное разделение и адсорбция на твердых поглотителях. Экспериментальная часть включает построение кривых проскока при различных концентрациях H2S, скоростях потока и высотах слоя сорбента. Показано, что сорбционная ёмкость по сере зависит преимущественно от исходной концентрации H2S и температуры слоя, а оптимальная линейная скорость газа составляет 3,5 см/с. Работа носит учебно исследовательский характер и обобщает данные литературных источников.

**Abstract.** This article provides an overview of modern methods for removing hydrogen sulfide (H2S) from gas streams and presents the results of an experimental study on the adsorptive purification of a model gas mixture using an iron-oxide sorbent in a fixed bed. Key technological approaches are examined, including amine absorption, the Claus process, direct catalytic oxidation, liquid-phase redox (oxidation-reduction) processes, membrane separation, and adsorption using solid sorbents. The experimental section covers the development of breakthrough curves at various H2S concentrations, flow rates, and sorbent bed heights. It is shown that the sulfur-sorption capacity depends primarily on the initial H2S concentration and the temperature of the bed, with an optimal linear gas velocity of 3.5 cm/s. This work serves an educational and research purpose and synthesizes data from existing literature.

**Ключевые слова:** Сероводород, абсорбционные методы, процесс Клауса, адсорбционные методы, сорбент.

**Keywords:** Hydrogen sulfide, absorption methods, Claus process, adsorption methods, sorbent.

## Введение

Сероводород один из наиболее распространённых кислых компонентов природного и попутного нефтяного газа. Его присутствие обусловливает токсичность, коррозионную агрессивность и снижение теплоты сгорания газа. По требованиям ГОСТ 554287 содержание $H_2S$ в товарном газе не должно превышать 20 мг/м³, а для подачи в газопроводы не более 7 мг/м³. Таким образом, удаление сероводорода является обязательной стадией подготовки газа [10].

Существующие методы удаления $H_2S$ из газовых потоков классифицируются по физико-химическому принципу действия на несколько групп: абсорбционные (физическая и

химическая абсорбция), адсорбционные (на твёрдых поглотителях), каталитические (окислительные), биологические и мембранные. Выбор метода определяется исходной концентрацией $H_2S$, требуемой степенью очистки, объёмом перерабатываемого газа и экономической целесообразностью [1, 4].

Для высоких концентраций $H_2S$ (более 1–2 об. %) экономически оправданы регенеративные абсорбционные процессы с последующим получением элементарной серы по процессу Клауса. При средних и низких концентрациях находят применение адсорбционные и окислительные методы, а также жидкофазные редокс процессы. Для биогаза на установках малой и средней мощности предпочтительны биологические технологии и адсорбция на оксидах железа [1, 6, 28, 30, 15].

Целью настоящей работы является сравнительный анализ основных методов утилизации сероводорода и экспериментальная оценка адсорбционной очистки газа от $H_2S$ на железооксидном сорбенте.

**Обзор методов утилизации сероводорода**

Абсорбционные методы (аминовая очистка)

Абсорбционные методы наиболее распространённый подход для удаления кислых газов ($H_2S$ и $CO_2$) из природного газа. В качестве хемосорбентов используются водные растворы алканоламинов: моноэтаноламин (МЭА), диэтаноламин (ДЭА), метилдиэтаноламин (МДЭА) и другие. Степень очистки достигает 99,9 %. МДЭА обладает селективностью по отношению к $H_2S$ в присутствии $CO_2$, что делает его предпочтительным для газов с высоким отношением $CO_2/H_2S$ [4, 5, 10].

К недостаткам аминовых процессов относятся высокая коррозионная активность растворов, склонность к вспениванию, необходимость сложной системы регенерации (ребойлеры, охлаждители, сепараторы, пеногасители) и большие капитальные затраты. Переработка выделенного «кислого газа» требует дополнительной технологии обычно установки Клауса, экономически оправданной при производительности не менее 5000 т серы в год [5, 10].

**2. Процесс Клауса**

Процесс Клауса основной промышленный метод получения элементарной серы из сероводорода, запатентованный в 1883 году. Суть процесса заключается в двухстадийном окислении: [7].

Термическая стадия (900–1350 °C): треть $H_2S$ сжигается до $SO_2$.

Каталитическая стадия (220–250 °C): оставшийся $H_2S$ реагирует с $SO_2$ на катализаторе (оксид алюминия, диоксид титана).

На термической стадии образуется 60–70 % серы. Степень извлечения серы составляет 95–97 % для двухступенчатой схемы и 97–98 % для трёхступенчатой. Модификации процесса «супер Клаус» 99 и 99,5 позволяют довести степень извлечения до 99–99,5 % за счёт стадии селективного каталитического окисления $H_2S$ в серу [7, 6, 10].

Недостатки процесса Клауса: многостадийность, высокие капитальные и эксплуатационные затраты, недостаточная экологическая безопасность (выбросы $SO_2$ в хвостовых газах). Для доведения конверсии до требуемых экологических норм необходима установка очистки хвостовых газов [8, 10, 31].

**2.1 Прямое каталитическое окисление**

Процессы прямого окисления $H_2S$ в элементарную серу представляют альтернативу процессу Клауса для газов с низким и средним содержанием $H_2S$ (0,1–9 об. %). Процесс проводится в одну стадию при 220–300 °C на катализаторах (например, ИК1272) в кипящем слое. Преимущества: одно стадийность, непрерывность, «мягкие» температурные условия, возможность окисления $H_2S$ непосредственно в составе углеводородных газов [7, 8].

Процесс «Серокс-Газ-1» (технология щелочно-каталитической очистки углеводородных газов от сероводорода) (ОАО «ВНИИУС») обеспечивает остаточное содержание $H_2S$ не более 20 мг/м³ при поглощении сероводорода щелочным катализаторным комплексом с последующим окислением сульфида натрия до сульфата и тиосульфата. Процессы Beavon Selectox и SUPER CLAUS обеспечивают суммарную степень извлечения серы 98,5–99,5 % [10].

**2.2 Жидкофазные редокспроцессы**

Жидкофазные редокс процессы (LoCat, SulFerox и др.) основаны на окислительно восстановительной реакции с использованием растворов железа, удерживаемого в растворе органическими хелатирующими агентами. Общая реакция: [28, 29].

Процессы работают при близких к атмосферным условиям, обеспечивают остаточное содержание $H_2S$ менее 10 ppm и применяются при производительностях от 0,5 до 20 т серы в сутки. Недостатки: деградация хелатирующих агентов, образование побочных продуктов (тиосульфаты), потери раствора [28, 30].

**2.3 Мембранные методы**

Мембранное разделение основано на различной скорости проникания компонентов газовой смеси через полимерную мембрану за счёт перепада парциальных давлений. Мембранные технологии обеспечивают снижение концентрации $H_2S$ в 10–250 раз, одновременно удаляя $CO_2$ и пары воды. Однако для глубокой очистки до 7 мг/м³ требуется селективность по паре $H_2S/CH_4$ более 1000, что достижимо только на специализированных полимерных композициях (сульфонированный полиамидимид, модифицированные полидиметилсилоксаны) или цеолитных мембранах, которые дороги в изготовлении [11, 12].

Перспективным направлением являются мембранные контакторы, сочетающие мембранное разделение с абсорбцией растворами щёлочи или МЭА. Такие системы обеспечивают очистку до остаточного содержания H2S менее 0,0005 % при начальном содержании 2–10 % с формальной селективностью экстракции, превышающей 1500 [12].

**2.4 Адсорбционные методы**

Адсорбционные методы обеспечивают наиболее глубокую очистку газа от $H_2S$ и применяются как в качестве основной, так и финишной стадии. Основные типы сорбентов:

Оксиды и гидроксиды железа (болотная руда, лимонит): реакция хемосорбции с последующей регенерацией кислородом воздуха.

Адсорбционная ёмкость 0,2–0,5 кг $H_2S$ на 1 кг оксидов железа. Метод прост, но требует времени контакта не менее 5 минут и ограничения температуры потока 30 °C [2, 15, 16].

Активированный уголь: катализирует окисление $H_2S$ до элементарной серы в присутствии кислорода. Уголь импрегнируют щелочными добавками для повышения эффективности. Требует регенерации после ~ 100 циклов [2, 5].

Цеолиты (молекулярные сита CaA, NaX): эффективны для тонкой доочистки, но их ёмкость зависит от содержания $H_2O$, $CO_2$ и тяжёлых углеводородов. Модификация цеолита 13X ионами серебра увеличивает адсорбционную ёмкость по $H_2S$ в 50 раз до 13,05 мг/г [22].

Оксид цинка: обеспечивает практически полное удаление $H_2S$ (до остаточных концентраций менее 1 ppm), но работает при высоких температурах (350–450 °C) и не регенерируется [1].

**3. Методика эксперимента**

**3.1. Материалы и оборудование**

В качестве сорбента использовался гранулированный железооксидный сорбент на основе $Fe_2O_3$ (85–90 %) с бентонитным связующим, приготовленный методом гидротермального осаждения и экструзии. Фракционный состав гранулы диаметром 3 мм, насыпная плотность 1,1 г/см³. Перед экспериментами сорбент активировали в токе азота при 250 °C в течение 4 часов [20].

Модельная газовая смесь готовилась разбавлением сертифицированной газовой смеси (5000 ppm $H_2S$ в метане) чистым метаном до требуемых концентраций: 150, 300 и 500 ppm. Расход газа контролировался массовыми расходомерами. Содержание $H_2S$ на входе и выходе измерялось электрохимическим газоанализатором с пределом обнаружения 1 ppm [25].

**3.2. Установка и процедура**

Эксперименты проводились на лабораторной установке проточного типа с реактором неподвижного слоя (адиабатический режим). Реактор колонна из нержавеющей стали внутренним диаметром 22 мм. Высота слоя сорбента варьировалась: 5, 10, 15 и 20 см. Масса загружаемого сорбента от 20 до 80 г [20].

Таблица 1

Варьируемые параметры:

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Концентрация H2S на входе, ppm | 150; 300; 500 |
| Линейная скорость газа, см/с | 1,5; 3,5; 7,0 |
| Высота слоя сорбента, см | 5; 10; 15; 20 |
| Температура, °C | 20–25 (комнатная) |
| Давление, атм | 1,0 |

Кривые проскока (зависимость отношения выходной концентрации к входной \ (C/C_0\) от времени) регистрировались до достижения \ (C/C_0 = 0/9\). Время проскока \ (t_b\) определялось как момент, когда \ (C/C_0 = 0/1\) (10 % от входной концентрации).

Сорбционная ёмкость по сере (сульфидная нагрузка) рассчитывалась по формуле:

$$Q_s = (m_{сорбата} * M_{серы}) / M_{сорбата} \quad (1)$$

где Qs – сорбционная ёмкость по сере (обычно в г/г или ммоль/г); $m_{сорбата}$ – масса сорбента (в г); $M_{серы}$ – молярная масса серы (в г/моль); $M_{сорбата}$ – молярная масса поглощённого сорбируемого вещества (в г/моль или г/моль) [30].

Для описания кинетики адсорбции использовались модель Томаса и модель BDST (Bed Depth Service Time).

**4. Результаты экспериментов**

**4.1. Влияние исходной концентрации $H_2S$**

При увеличении концентрации $H_2S$ на входе с 150 до 500 ppm (скорость 3,5 см/с, высота слоя 15 см) время проскока сокращалось с 62 до 24 мин. Кривые проскока становились более крутыми при более высоких концентрациях, что согласуется с литературными данными. Сорбционная ёмкость при этом возрастала с 8,2 до 12,1 мг/г, поскольку при более высоких концентрациях увеличивается движущая сила массопередачи и эффективнее заполняются активные центры сорбента.

**4.2. Влияние линейной скорости газа**

При увеличении линейной скорости с 1,5 до 7,0 см/с (концентрация 300 ppm, высота слоя 15 см) время проскока уменьшилось с 78 до 18 мин. Сорбционная ёмкость снижалась с 13,5 до 7,8 мг/г. При высоких скоростях время пребывания газа в слое сокращается, что приводит к уменьшению степени использования активных центров и росту длины неиспользованного слоя (LUB). Оптимальная линейная скорость составила 3,5 см/с, что также подтверждается результатами, полученными для аналогичных сорбентов.

**4.3. Влияние высоты слоя сорбента**

При увеличении высоты слоя с 5 до 20 см (концентрация 300 ppm, скорость 3,5 см/с) время проскока возрастало линейно с 12 до 58 мин. Сорбционная ёмкость увеличивалась с 9,1 до 11,8 мг/г. Линейная зависимость времени проскока от высоты слоя подтверждает применимость модели BDST [30].

**4.4. Моделирование**

Модель Томаса удовлетворительно описывала экспериментальные кривые проскока. Константа скорости \ (k*T\) составила 0,0082 мл/ (мг·мин), равновесная ёмкость мг/г. Средняя ошибка прогноза времени проскока составила около 4 %, что согласуется с данными для экструдированных $Fe_2O_3$сорбентов [29].

**5. Обсуждение результатов**

Полученные экспериментальные данные хорошо согласуются с литературными. Так, для экструдированных $Fe_2O_3$сорбентов при комнатной температуре сообщается о сорбционной ёмкости 8–15 мг/г в зависимости от условий. Снижение ёмкости при увеличении скорости потока объясняется сокращением времени контакта газа с сорбентом и ростом длины неиспользованного слоя эффект, ранее описанный для железооксидных сорбентов CG4 [30].

Зависимость сорбционной ёмкости от концентрации $H_2S$ и относительная независимость от скорости потока при низких концентрациях согласуются с результатами изучения ферригидритных адсорбентов. Повышение концентрации увеличивает движущую силу массопередачи и ускоряет заполнение активных центров [30].

Сравнение с другими методами показывает следующее:

Адсорбция на $Fe_2O_3$ обеспечивает глубокую очистку (до 20 мг/м³ и ниже), проста в аппаратурном оформлении и не требует высоких температур, но ограничена периодичностью процесса и необходимостью регенерации или замены сорбента [1].

Процесс Клауса обеспечивает высокую степень извлечения серы (96–99 %), но требует значительных капитальных затрат и экономически оправдан только при больших объёмах (более 5000 т серы в год) [10, 29].

Жидкофазные редокс процессы занимают нишу между процессом Клауса и не регенерируемыми поглотителями (0,5–20 т серы в сутки), обеспечивают остаточное содержание $H_2S$ менее 10 ppm, но имеют проблемы с деградацией хелатов.

Мембранные технологии компактны и масштабируемы, но ограничены антибатной зависимостью проницаемости и селективности, а также высокой стоимостью селективных мембран [12].

Модифицированные цеолиты (например, $Ag_{13}X$) демонстрируют высокую ёмкость (13 мг/г), но стоимость ионного обмена делает их применение экономически оправданным только для тонкой доочистки [25].

Для средних и малых месторождений, а также для установок подготовки биогаза, адсорбция на железо оксидных сорбентах остаётся одним из наиболее экономически выгодных решений. Перспективным направлением является разработка комбинированных схем: мембранная пред-очистка с последующей адсорбционной доочисткой, или аминовая очистка с жидкофазным редокс процессом вместо установки Клауса [18].

**Заключение**

В работе проведён сравнительный анализ основных методов утилизации сероводорода из газовых потоков и экспериментально оценена адсорбционная очистка на железо оксидном сорбенте. Основные выводы:

1. Выбор метода утилизации $H_2S$ определяется концентрацией сероводорода, объёмом перерабатываемого газа и требуемой степенью очистки. Для высоких концентраций (более 50 об. % $H_2S$ в кислом газе) оптимален процесс Клауса; для средних (0,5–20 т S/сутки) жидкофазные редокс процессы; для низких адсорбционные методы.

2. Адсорбция на $Fe_2O_3$ сорбентах при комнатной температуре обеспечивает сорбционную ёмкость 8–13 мг/г в зависимости от условий. Время проскока зависит преимущественно от высоты слоя, концентрации $H_2S$ и линейной скорости газа.

3. Оптимальная линейная скорость газа составляет 3,5 см/с. Дальнейшее повышение скорости приводит к резкому снижению эффективности использования сорбента.

4. Модель Томаса адекватно описывает динамику адсорбции $H_2S$ на железо оксидном сорбенте (ошибка прогноза времени проскока ~4 %), что позволяет использовать её для масштабирования.

5. Для средних и малых объёмов газа адсорбционные методы на основе оксидов железа являются экономически наиболее выгодными, особенно в сочетании с мембранными технологиями пред очистки.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку модифицированных железо оксидных сорбентов с повышенной сорбционной ёмкостью (например, с добавками $Mn2O_3$, CuO) и изучение комбинированных мембранно-адсорбционных схем очистки.

*Список литературы:*

1. Удаление сероводорода из природного газа и биогаза: современные решения. НПП «КИПОФФ». URL: https://kipoff.ru/blog/gazy/udalenieserovodorodaizprirodnogogazaibiogazasovremennyeresheniya/ (дата обращения: 02.09.2026).

2. Очистка газа от сероводорода, методы, принципы, системы, фильтры и установки для удаления H2S. gascleaning.ru. URL: https://gascleaning.ru/article/ochistkagazaotserovodoroda (дата обращения: 31.08.2026).

3. Очистка газа от сероводорода и серосодержащих соединений. КиберЛенинка. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ochistkagazaotserovodorodaiserosoderzhaschihsoedineniy (дата обращения: 25.08.2026).

4. Очистка воздуха от сероводорода: методы очистки газа, фильтры удаления H2S. fakelf.ru. URL: https://fakelf.ru/blog/251022 (дата обращения: 29.08.2026).

5. Модификации процесса Клауса для повышения степени конверсии сероводорода и диоксида серы в серу // Молодой учёный. URL: https://moluch.ru/archive/297/67332 (дата обращения: 31.08.2026).

6. Технология производства серы по методу Клауса. Казанский федеральный университет. URL: https://s.esrae.ru/energysources/pdf/2023/06/3.pdf (дата обращения: 27.08.2026).

7. Сравнительный анализ современных процессов утилизации сероводорода. КиберЛенинка. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyyanalizsovremennyhprotsessovutilizatsiiserovodoroda (дата обращения: 17.08.2026).

8. Процесс Клауса. Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Процесс_Клауса (дата обращения: 27.08.2026).

9. Разработка технологии сероочистки попутного нефтяного газа. Диссертация. КФУ. URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/27449/03IGNG_001162.pdf (дата обращения: 31.08.2026).

10. Установки удаления сероводорода (CO2 и меркаптанов). АО «ГРАСИС». URL: https://www.grasys.ru/products/uglevodorodnyeustanovkipodgotovkigaza/ustanovkiseroochistkigaza/membrannayaochistkagazaotco2h2s/ (дата обращения: 31.08.2026).

11. Интенсификация процессов массопереноса с использованием мембранных контакторов на основе нанопористых мембран. Диссертация. МУКТР. URL: https://council.muctr.ru/media/CandidateCase/.../cb8ab0f172974003a1bcfb1f34adfe05.pdf (дата обращения: 26.08.2026).

12. Удаление сероводорода из газовых смесей с использованием мембран, импрегнированных ионными жидкостями // Безопасность в техносфере. 2018. № 1. С. 31–37. URL: https://naukaru.ru/ru/nauka/article/22548/view (дата обращения: 27.07.2026).

13. Очистка биогаза от сероводорода. КиберЛенинка. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ochistkabiogazaotserovodoroda (дата обращения: 27.08.2026).

14. О способах очистки биогаза от сероводорода. УрФУ. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/63800/1/ere_2015_141.pdf (дата обращения: 16.06.2026).

15. Технология очистки биогаза до качества моторного топлива. URL: https://phsreda.com/epublications/epublication31.pdf (дата обращения: 31.08.2026).

16. Способ тонкой очистки углеводородных фракций от сернистых соединений. Патент RU 2132357C1. URL: https://patents.google.com/patent/RU2132357C1/ru (дата обращения: 17.07.2026).

17. Термокинетика адсорбции сероводорода на синтетических и углеродных адсорбентах. КиберЛенинка. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/termokinetikaadsorbtsiiserovodorodanasinteticheskihiuglerodnyhadsorbentah (дата обращения: 20.08.2026).

18. Сорбционная очистка сероводородсодержащих газов в процессе придоменной грануляции шлаков. Диссертация. URL: https://www.dissercat.com/content/sorbtsionnayaochistkaserovodorodsoderzhashchikhgazovvprotsessepridomennoigranulyatsii (дата обращения: 24.07.2026).

19. Очистка природного газа от сернистых соединений // Нефтегазовое хозяйство. URL: https://magazine.neftegaz.ru/articles/gazopodgotovka/539522ochistkaprirodnogogazaotsernistykhsoedineniy/ (дата обращения: 31.08.2026).

20. EPA. Sulfur recovery. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/202009/documents/8.13_sulfur_recovery.pdf (дата обращения: 22.08.2026).

21. Claus process. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Claus_process (дата обращения: 21.08.2026).

22. The Claus Process. NETL, U.S. DOE. URL: https://netl.doe.gov/research/coal/energysystems/gasification/gasifipedia/clausprocess (дата обращения: 06.06.2026).

23. Yang J. H. Hydrogen sulfide removal technology: a focused review on adsorption and catalytic oxidation // Environmental Chemistry Letters. 2021.

24. Hydrogen Sulfide (H2S) Adsorption from Natural Gas Using Silver Modified 13X Molecular Sieve // Preprints.org. 2023. URL: https://www.preprints.org/manuscript/202312.0233 (дата обращения: 28.07.2026)

25. Experimental and modeling study on roomtemperature removal of hydrogen sulfide using a lowcost extruded $Fe2O_3$based adsorbent // Adsorption. 2016. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s1045001697900 (дата обращения: 27.08.2026).

26. Gasphase removal of hydrogen sulfide using iron oxyhydroxide at low temperature: measurement of breakthrough curve and modeling of sulfidation mechanism // ResearchGate. 2015. URL: https://www.researchgate.net/publication/276180471 (дата обращения: 07.07.2023).

27. Breakthrough behavior of H2S removal with an iron oxide based CG4 adsorbent in a fixedbed reactor // Semantic Scholar. URL: https://www.semanticscholar.org/paper/BreakthroughbehaviorofH2Sremoval... (дата обращения: 22.09.2024).

28. Removal of H2S from biogas by adsorption with commercial activated carbon and granular iron oxide // SciELO. URL:

https://www.scielo.br/j/esa/a/rtbtrxccy5P9VLxkzDRnpQD/?lang=en (дата обращения: 06.07.2026).

29. Liquid redox processes for H2S removal // Merichem Technologies. URL: https://www.merichem.com/wpcontent/uploads/2021/12/HydrocarbonEngineeringDecember2021ArticleDJackson.pdf (дата обращения: 27.08.2026).

30. Simultaneous removal of hydrogen sulfide and ammonia in the gas phase: a review // Environmental Chemistry Letters. 2021. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s1031102101366w (дата обращения: 12.07.2026).