

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 626.82

doi: 10.31774/2712-9357-2026-16-3-23-42

Обеспечение пропускной способности оросительных каналов Энгельсской оросительной системы во время их эксплуатации

Фярид Кинжаевич Абдразаков¹, Олег Александрович Беляков²,
Артур Сергеевич Григорян³

^{1, 2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация

³Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения
по Саратовской области, Саратов, Российская Федерация

¹abdrzakov.fk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3247-5257>

²olegbelykov63@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-2457-5650>

³gas_rsk@mail.ru

Аннотация. Цель: определить зависимость пропускной способности оросительных каналов Энгельсской оросительной системы от толщины наносов грунта и иловых отложений на дне каналов, а также обосновать применение для их очистки одноковшовых экскаваторов. **Материалы и методы.** В качестве материалов исследования использовались данные, полученные во время очистки оросительных каналов от наносов грунта и иловых отложений. Были проведены наблюдения за очисткой каналов одноковшовыми экскаваторами для выявления недостатков их работы. **Результаты.** Результаты исследования – таблица и график зависимости максимальной пропускной способности каналов Энгельсской оросительной системы от толщины наносов грунта и иловых отложений. Данный график используется для планирования подачи воды в оросительную систему и снижения рисков перелива воды через бровки каналов. **Выводы.** Перед подачей воды в оросительные каналы необходимо произвести расчеты фактической пропускной способности с учетом наносов грунта. Максимальный объем подачи воды насосной станцией не должен превышать фактической пропускной способности задействованных каналов после их заполнения водой. Рекомендуется производить очистку облицованных оросительных каналов при толщине наносов грунта и иловых отложений от 0,15–0,3 м, при этом не рекомендуется очищать облицованные оросительные каналы экскаватором при наносах грунта толщиной менее 0,1 м, так как это значительно повышает риск повреждения защитной облицовки рабочим органом. Учитывая все имеющиеся преимущества в работе одноковшовых экскаваторов, необходимо модернизировать или усовершенствовать их рабочие органы для повышения производительности и эффективности очистки оросительных каналов от наносов грунта, ила и мусора.

Ключевые слова: оросительные каналы, пропускная способность, очистка каналов от наносов, одноковшовый экскаватор, рабочие органы одноковшовых экскаваторов, засорение оросительных каналов, безопасная эксплуатация оросительных каналов

Источник финансирования: исследование выполнено за счет средств Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова.

Для цитирования: Абдразаков Ф. К., Беляков О. А., Григорян А. С. Обеспечение пропускной способности оросительных каналов Энгельсской оросительной систе-

мы во время их эксплуатации // Мелиорация и гидротехника. 2026. Т. 16, № 3. С. 23–42.
<https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-23-42>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Ensuring the irrigation canal carrying capacity of the Engels irrigation system during their operation

Fyrid K. Abdrazakov¹, Oleg A. Belyakov², Artur S. Grigoryan³

^{1, 2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation

³Saratovmeliovodkhoz Management, Saratov, Russian Federation

¹abdrazakov.fk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3247-5257>

²olegbelykov63@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-2457-5650>

³gas_rsk@mail.ru

Abstract. Purpose: to determine the dependence of the irrigation canal capacity of the Engels irrigation system on the soil and silt deposits thickness on the canal bed and to justify the use of single-bucket excavators for their cleaning. **Materials and methods.** The research data were obtained during the cleaning of irrigation canals from soil and silt deposits. Observations were conducted during the cleaning of canals by single-bucket excavators to identify deficiencies in their operation. **Results.** The results of the study are a table and a diagram of the maximum capacity of the Engels irrigation system canals dependence on the soil and silt deposit thickness. This diagram is used for planning water supply to the irrigation system and reducing the water overflowing risk over the canal edges. **Conclusions.** Before supplying water to irrigation canals, it is necessary to calculate the actual carrying capacity, taking into account soil deposits. The maximum water flow rate of the pumping station should not exceed the actual capacity of the canals being used after they are filled with water. It is recommended to clean the lined irrigation canals when the soil and silt deposit thickness is 0.15–0.3 m. However, it is not recommended to clean the lined irrigation canals with the excavator when the soil deposit thickness is less than 0.1 m, as this significantly increases the risk of damage to the protective lining by the excavator. Given all the advantages of the single-bucket excavators, it is necessary to modernize or improve their working parts to increase the productivity and efficiency of cleaning irrigation canals of soil, silt, and debris.

Keywords: irrigation canals, carrying capacity, canal cleaning, single-bucket excavator, single-bucket excavator working parts, irrigation canal clogging, safe operation of irrigation canals

Funding source: the study was funded by Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov.

For citation: Abdrazakov F. K., Belyakov O. A., Grigoryan A. S. Ensuring the irrigation canal carrying capacity of the Engels irrigation system during their operation. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2026;16(3):23–42. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-23-42>.

Введение. В настоящее время орошение является одним из самых значимых направлений в мелиорации Саратовской области и юга Российской Федерации. От количества и качества выращиваемой сельскохозяй-

ственной продукции зависят социально-экономическое развитие и продовольственная безопасность Российской Федерации [1].

Из-за засушливого климата и малого количества выпадающих в течение года осадков Саратовская область считается зоной рискованного земледелия. Несмотря на это, она является одной из самых крупных по производству отдельных видов сельскохозяйственной продукции (подсолнечник, рожь, кормовые культуры для животноводства и др.). Таких результатов удалось достичь благодаря построенным в 60–80-е гг. прошлого века оросительным системам. В настоящее время в Саратовской области орошается примерно 160 тыс. га из 257 тыс. га земель, пригодных для ведения сельскохозяйственной деятельности [2, 3].

Оросительные системы состоят из комплекса сооружений, целью которых является подача воды из водозаборного источника на отдаленные сельскохозяйственные территории, требующие полива. Одни из основных сооружений – это магистральные и распределительные каналы, по которым осуществляется транспортировка водных ресурсов.

Для эффективной эксплуатации оросительных каналов и контроля за их состоянием необходимо знать их основные параметры. Параметры канала можно разделить на несколько видов: гидравлические, геометрические, прочностные и экологические [4].

Диагностика технического состояния оросительных каналов является одной из ключевых задач во время их эксплуатации. Существуют различные способы диагностики технического состояния оросительных каналов. В основном используется визуально-инструментальный метод обследования канала с проведением необходимых замеров, расчетов и гидравлических испытаний. Периодический осмотр оросительных каналов позволяет выявить наличие различных повреждений их облицовки или разрушений профиля канала в земляном русле. Также серьезные проблемы, влияющие на работоспособность и необходимый КПД каналов, – это иловые отложе-

ния, наносы грунта и зарастание древесно-кустарниковой растительностью (мелколесьем).

Существует несколько причин засорения оросительных каналов.

1 Загрязненный водозаборный источник. Для большинства оросительных систем Саратовской области (Комсомольская, Приволжская, Энгельсская оросительные системы и т. д.) водозаборный источник – это р. Волга. Из нее через подводящие каналы и напорные трубопроводы головных насосных станций в канал попадают мелкие твердые частицы, которые со временем оседают на дне каналов.

2 Ежегодные весенне-осенние паводки. В весеннее время паводок в оросительных каналах возникает из-за резкого таяния снега в самом канале и на близлежащих территориях. В канал попадают частицы грунта, смываемого тающим снегом с откосов каналов. Весенний паводок наносит наибольший вред каналам, выполненным в земляном русле без защитной облицовки. Во время выпадения обильных осенних осадков есть вероятность того, что с потоком дождевой воды в канал будет попадать грунт с ближайших полей. Таким способом чаще всего загрязняются каналы, профиль которых выполнен в выемке или полувыемке [5].

3 Зарастание древесно-кустарниковой растительностью и мелколесьем дна, откосов и берм канала. Почва вокруг оросительного канала во время эксплуатации пропитывается водой и вызывает обильный рост растительности. Зарастание берм приводит к невозможности проезда специальной техники для проведения эксплуатационных и ремонтно-восстановительных работ. Также с древесно-кустарниковой растительности опадают листва и ветки в канал. Появление растительности на откосах и бермах канала интенсивно разрушает профиль канала в земляном русле и защитное полотно облицованного канала [6].

4 Размыв профиля оросительного канала. Во время эксплуатации канала сильное течение воды разрушает поверхностный слой откосов и дна.

Больше всего подвержены размыву оросительные каналы без защитной облицовки. Со временем размыв может привести к изменению параметров канала и его разрушению. Облицованные оросительные каналы больше всего размываются в весенний период после разморозки бетона [7].

5 Попадание в канал различного мусора и пыли. Оросительный канал засоряется мелкими твердыми частицами, переносимыми ветром. Сильнее всего таким образом засоряется канал, недалеко от которого есть автомобильные дороги или населенные пункты.

По степени засорения оросительные каналы предлагается разделить на четыре группы. К первой группе относятся участки канала, на которых за один сезон эксплуатации оседает не более 0,05 м наносов грунта и иловых отложений. Ко второй группе относятся участки, на которых за сезон оседает 0,05–0,1 м твердых частиц. К третьей группе относятся участки с засорением 0,1–0,2 м, свыше 0,2 м – это уже четвертая группа.

Материалы и методы. С каждым годом на оросительных каналах из-за оседания наносов грунта, иловых отложений и мусора уменьшается фактический профиль и соответственно изменяются геометрические и гидравлические параметры. Зная проектные показатели канала и толщину засорения на определенном участке, можно определить, как влияет засорение канала на пропускную способность.

Пропускная способность оросительного канала – это показатель максимального количества воды, которое может пропустить сечение канала через себя за единицу времени. Пропускная способность в основном зависит от геометрических параметров живого сечения канала (ширины канала по дну, коэффициента заложения откосов, шероховатости поверхности, уклона канала). Пропускная способность оросительного канала согласно СП 100.13330.2016¹ вычисляется по формуле:

¹Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85: СП 100.13330.2016: утв. Минстроем России 16.12.16: введ. в действие с 17.06.17. М., 2016. 222 с.

$$Q = Fv, \quad (1)$$

где F – поперечное сечение водного потока, м²;

v – скорость течения воды, м/с.

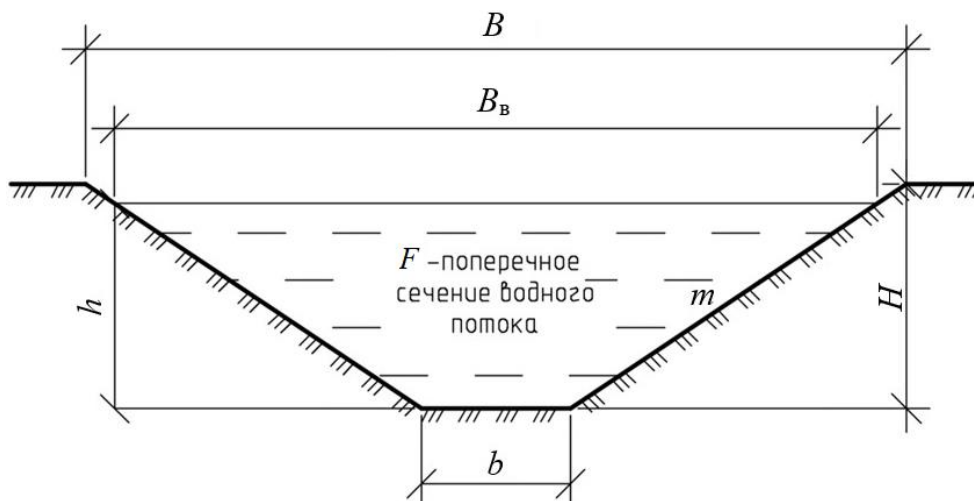
Расчет F зависит от формы поперечного сечения канала. Чаще всего встречаются трапецевидные каналы (рисунок 1), и для них формула согласно ГОСТ Р 58331.1-2018² выглядит так:

$$F = (b + B_v)/2h, \quad (2)$$

где b – ширина канала по низу сечения водного потока, м;

B_v – ширина водного потока по верху, м;

h – глубина потока воды, м.



b – ширина канала по низу сечения водного потока, м; B_v – ширина водного потока по верху, м; B – ширина канала по верху, м; h – глубина потока воды, м;

H – глубина оросительного канала, м; m – коэффициент заложения откосов

b – canal width at the bottom of the water flow cross-section, m; B_v – water flow width at the top, m; B – canal width at the top, m; h – water flow depth, m;

H – depth of the irrigation canal, m; m – slope ratio

Рисунок 1 – Поперечный профиль оросительного канала

Figure 1 – Irrigation canal cross-section

Согласно формулам (1) и (2) пропускная способность оросительных каналов напрямую зависит от поперечного профиля водного потока, который во время засорения уменьшается. При подаче в засоренный ороси-

²ГОСТ Р 58331.1-2018. Системы и сооружения мелиоративные. Каналы оросительные. Поперечные сечения. Введ. 2019-07-01. М.: Стандартинформ, 2019. 10 с.

тельный канал в защитной облицовке проектного количества воды может произойти ее перелив через бровки откоса, что в свою очередь приведет к затоплению близлежащих территорий, подъему уровня грунтовых вод, размыву грунта под облицовкой канала.

Контроль за состоянием мелиоративных систем Саратовской области и производством ремонтно-восстановительных работ на них осуществляет ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз». Помимо реконструкции и капитального ремонта оросительных систем, насосных станций и гидротехнических сооружений, ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» ежегодно производит расчистку особо загрязненных оросительных каналов. В связи с уменьшением КПД Энгельсской оросительной системы, засорением дна магистральных каналов и зарастанием берм древесно-кустарниковой растительностью и в целях сохранения показателей пропускной способности в 2025 г. ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» произвело расчистку магистральных каналов М1, М2, М3 Энгельсской оросительной системы, расположенной в Энгельсском районе Саратовской области.

Очистка дна магистральных каналов производилась механическим способом с применением одноковшовых экскаваторов (рисунок 2). Их использовали из-за универсальности, доступности и экономической эффективности в производстве работ. При очистке применялся рабочий орган одноковшового экскаватора типа обратной лопаты, так как он позволяет производить разработку грунта ниже уровня опорной точки экскаватора. Также использовался ковш с плоской режущей кромкой для снижения рисков повреждения железобетонной облицовки канала и уменьшения выпадения грунта из ковша при подъеме (см. рисунок 2).

На примере магистральных каналов М1, М2, М3 Энгельсской оросительной системы проводилось исследование влияния толщины наносов грунта и иловых отложений на пропускную способность оросительных каналов. Для расчета проектной пропускной способности каналов необходи-

мо знать их геометрические параметры. По проектным геометрическим параметрам магистральные каналы М1, М2, М3 делятся на следующие участки, разделенные переездами и перегораживающими сооружениями (таблица 1).



Рисунок 2 – Очистка оросительного канала одноковшовым экскаватором (автор фото О. А. Беляков)

Figure 2 – Cleaning an irrigation canal with a single-bucket excavator (photo by O. A. Belyakov)

Таблица 1 – Геометрические параметры участков магистральных каналов М1, М2, М3 Энгельсской оросительной системы

Table 1 – Geometric parameters of sections of main canals М1, М2, М3 of the Engels irrigation system

Участок магистральных каналов М1, М2, М3	Проектная ширина канала по дну b , м	Проектная глубина оросительного канала H , м	Коэффициент заложения откосов m
Канал М1: ПК 0 – ПК 26	2,5	3,5	2,0
Канал М1: ПК 26 – ПК 61	2,5	3,5	1,5
Канал М1: ПК 61 – ПК 83	2,5	3,0	1,5
Канал М1: ПК 83 – ПК 97	2,0	3,0	1,5
Канал М2: ПК 0 – ПК 49	2,0	3,0	1,5
Канал М2: ПК 49 – ПК 79	2,0	3,3	1,0
Канал М2: ПК 79 – ПК 110	1,5	3,0	1,0
Канал М2: ПК 110 – ПК 144	1,5	3,0	1,5
Канал М3: ПК 0 – ПК 47	2,0	2,0	1,5

Для расчета пропускной способности оросительного канала необходимо знать глубину водного потока h , она должна быть меньше глубины оросительного канала H , чтобы избежать перелива воды через бровки откосов. Превышение бровок оросительного канала над максимально возможной глубиной воды в канале напрямую зависит от пропускной способности канала и наличия защитных облицовок.

Из СП 100.13330.2016 приведена таблица с актуальными данными о превышении гребней дамб и бровок берм в зависимости от расхода воды в канале (таблица 2). Помимо превышения гребней дамб и бровок над поверхностью водного потока (по таблице 2), при эксплуатации оросительных каналов необходимо учитывать неровность бровок и высоту ветрового нагона воды. Обычно высота ветрового нагона в оросительных каналах незначительна, зависит от множества переменных факторов, в данной статье она не учитывается [8].

Таблица 2 – Превышение гребней дамб и бровок берм в зависимости от расхода воды в канале

В м

Table 2 – Elevation of dam crests and berm edges depending on flow rate in the canal

In m

Расход воды в оросительном канале, м ³ /с	Превышение бровки оросительного канала над максимальным уровнем воды	
	В оросительных каналах без облицовки	В оросительных каналах с облицовкой
< 1	0,2	0,15
1–10	0,3	0,20
10–30	0,4	0,30
30–50	0,5	0,35
50–100	0,6	0,40

Для определения безопасного максимального уровня воды в канале и последующего вычисления максимальной пропускной способности необходимо рассчитать диапазон максимального расхода воды в канале с максимальным уровнем воды ($Q_{\text{макс}}$, м³/с). Для первого участка канала М1 от ПК 0 до ПК 26 $Q_{\text{макс}}$ определяется по формуле:

$$Q_{\text{макс}} = SC\sqrt{Ri}, \quad (3)$$

где S – площадь профиля оросительного канала, м^2 :

$$S = (b + B)/2H, \quad (4)$$

где B – ширина канала на данном участке по верху, м. Вычисляется по формуле:

$$B = b + 2mH, \quad (5)$$

$$B = 2,5 + 2 \cdot 2 \cdot 3,5 = 16,5 \text{ м},$$

где m – коэффициент заложения откосов;

H – глубина оросительного канала, м;

C – коэффициент Шези;

R – гидравлический радиус, м;

i – уклон дна по трассе оросительного канала (в расчетах уклон канала будет учитываться как среднее значение 0,0001).

Соответственно S :

$$S = (2,5 + 16,5)/2 \cdot 3,5 = 33,25 \text{ м}^2.$$

Далее для расчета скорости потока на участке оросительного канала необходимо рассчитать гидравлический радиус (R , м), который вычисляется путем деления площади сечения оросительного канала (S , м^2) на смоченный периметр (P , м). Последний определяется по формуле:

$$P = b + 2H\sqrt{1+m^2}, \quad (6)$$

$$P = 2,5 + 2 \cdot 3,5\sqrt{1+2^2} = 18,15 \text{ м},$$

$$R = \frac{S}{P}, \quad (7)$$

$$R = \frac{33,25}{18,15} = 1,83 \text{ м}.$$

Коэффициент Шези C вычисляется по формуле:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (8)$$

где n – коэффициент шероховатости облицовочной поверхности оросительного канала (таблица 3);

y – показатель степени, зависящий от величины коэффициента шероховатости и гидравлического радиуса:

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1), \quad (9)$$

$$y = 2,5\sqrt{0,03} - 0,13 - 0,75\sqrt{1,83}(\sqrt{0,03} - 0,1) = 0,23.$$

Таблица 3 – Коэффициент шероховатости (n) облицованных оросительных каналов [9]

Table 3 – Roughness coefficient (n) of lined irrigation canals [9]

Тип облицовки	Коэффициент шероховатости
Бетонная монолитная: - хорошо отделанная - грубая	0,013–0,015 0,015–0,017
Железобетонная сборная из плит НПК	0,0165–0,0175
Бетонные и железобетонные облицовки после 5 лет эксплуатации: - без деформаций и зарастаний - с незначительными деформациями и зарастанием - с деформациями и зарастанием	0,016–0,020 0,020–0,030 0,030–0,040

Проведя вышеуказанные расчеты, можно вычислить коэффициент Шези для первого участка канала М1 и соответственно максимальную пропускную способность участка оросительного канала по формулам (8), (3):

$$C = \frac{1}{0,03} 1,83^{0,23} = 38,3,$$

$$Q_{\text{макс}} = 33,25 \cdot 38,3 \sqrt{1,83 \cdot 0,0001} = 17,22 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$Q_{\text{макс}} = 17,22 \text{ м}^3/\text{с}$ – это максимальная пропускная способность первого участка оросительного канала, если уровень воды будет максимален и доходить до бровок откосов [9, 10].

Коэффициент шероховатости n зависит от вида облицовочного материала, его отделки, наличия деформаций и повреждений и зарастания древесно-кустарниковой растительностью (см. таблицу 3) [9–11].

Повышение коэффициента шероховатости поверхности ороситель-

ных каналов приводит к уменьшению скорости водного потока. Профиль магистральных каналов М1, М2, М3 Энгельсской оросительной системы выполнен в железобетонной облицовке. Методом визуального осмотра было выявлено, что на поверхности облицовки имеются незначительные дефекты и незначительное зарастание древесно-кустарниковой растительностью и мелколесьем. В связи с этим было принято решение использовать верхнее значение коэффициента шероховатости для оросительных каналов в железобетонной облицовке с незначительными деформациями и зарастанием поверхности, равное 0,030.

Как было замечено ранее по тексту, для безопасного функционирования каналов и предотвращения затопления близлежащих территорий необходимо контролировать уровень воды в канале. Согласно данным таблицы 2, пропускная способность участка канала М1 от ПК 0 до ПК 26 находится в диапазоне 10–30 м³/с и превышение бровок для безопасной эксплуатации не должно превышать 0,3 м. Соответственно, для расчета безопасной максимальной пропускной способности участков оросительных каналов в вычислениях необходимо заменить глубину канала H глубиной водного потока h и ширину канала по верху B шириной водного потока по верху B_v . Таким образом можно рассчитать максимальную безопасную пропускную способность других участков оросительных каналов М1, М2, М3 без учета высоты ветрового нагона волн (таблица 4).

Таблица 4 – Максимальные безопасные уровень воды и пропускная способность участков оросительных каналов М1, М2, М3 Энгельсской оросительной системы

Table 4 – Maximum safe water level and carrying capacity of irrigation canal sections М1, М2, М3 of the Engels irrigation system

Участок магистральных каналов М1, М2, М3	Максимальный безопасный уровень водного потока, м	Максимальная безопасная пропускная способность, м ³ /с
1	2	3
Канал М1: ПК 0 – ПК 26	3,2	13,92
Канал М1: ПК 26 – ПК 61	3,2	11,27
Канал М1: ПК 61 – ПК 83	2,8	8,4

Продолжение таблицы 4

Table 4 continued

1	2	3
Канал М1: ПК 83 – ПК 97	2,8	7,54
Канал М2: ПК 0 – ПК 49	2,8	7,54
Канал М2: ПК 49 – ПК 79	3,1	7,00
Канал М2: ПК 79 – ПК 110	2,8	4,82
Канал М2: ПК 110 – ПК 124	2,8	6,75
Канал М3: ПК 0 – ПК 47	1,8	2,81

Результаты. С каждым годом эксплуатации оросительных каналов на дне скапливались наносы грунта и иловые отложения. Обычно они течением переносятся к концу канала и скапливаются возле перегораживающих сооружений и трубных переездов. Для определения фактической максимальной пропускной способности необходимо проводить замеры и расчеты на самых загрязненных участках, на которых скапливается наибольшее количество наносов грунта. Проведя необходимые расчеты, можно выявить зависимость, которая показывает, как увеличение засорения ведет к уменьшению максимальной безопасной пропускной способности магистральных каналов Энгельсской оросительной системы (таблица 5).

В данной таблице в последнем случае пропускная способность канала приблизится к нулю, а значит, его эксплуатация будет невозможна из-за его полного засорения наносами. Погрешность расчетов и измерений не превышает 5 %, что согласуется со всеми требованиями при эксплуатации каналов.

Как видно из данных таблицы 5, скопление на дне оросительных каналов наносов грунта и иловых отложений приводит к значительному снижению пропускной способности. Как показывает практика, эффективнее всего производить очистку каналов при потерях 15–25 % профиля живого сечения канала [10, 11].

Проанализировав данные таблицы 5, построили график зависимости пропускной способности каналов от толщины наносов на дне оросительных каналов (рисунок 3).

Таблица 5 – Максимальная безопасная пропускная способность участков магистральных каналов Энгельсской оросительной системы в зависимости от толщины наносов грунта

В м³/с

Table 5 – Maximum safe capacity of main canal sections of the Engels irrigation system depending on the thickness of soil deposits

In m³/s

Участок магистральных каналов М1, М2, М3	Максимальная безопасная пропускная способность Q магистральных каналов в зависимости от толщины наносов грунта (t , м)																				
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Канал М1: ПК 0 – ПК 26	13,92	13,66	13,45	13,16	12,87	12,61	12,28	11,86	11,46	11,03	10,61	10,08	9,61	9,09	8,50	7,95	7,43	6,8	6,26	5,63	5,01
Канал М1: ПК 26 – ПК 61	11,27	11,1	10,9	10,66	10,39	10,12	9,83	9,49	9,22	8,87	8,45	8,08	7,66	7,24	6,77	6,31	5,88	5,43	4,98	4,47	4,00
Канал М1: ПК 61 – ПК 83	8,40	8,24	8,03	7,87	7,60	7,29	7,00	6,74	6,40	6,09	5,70	5,38	5,03	4,64	4,26	3,88	3,47	3,08	2,70	2,31	1,93
Канал М1: ПК 83 – ПК 97	7,54	7,45	7,26	7,11	6,90	6,69	6,43	6,20	5,88	5,60	5,32	5,00	4,67	4,31	3,96	3,61	3,32	2,89	2,53	2,17	1,82
Канал М2: ПК 0 – ПК 49	7,54	7,45	7,26	7,11	6,90	6,69	6,43	6,20	5,88	5,60	5,32	5,00	4,67	4,31	3,96	3,61	3,32	2,89	2,53	2,17	1,82
Канал М2: ПК 49 – ПК 79	7,00	6,88	6,74	6,6	6,42	6,26	6,06	5,86	5,62	5,40	5,15	4,90	4,65	4,34	4,08	3,80	3,50	3,24	2,95	2,61	2,32
Канал М2: ПК 79 – ПК 110	4,82	4,73	4,63	4,52	4,40	4,29	4,14	3,98	3,79	3,63	3,45	3,24	3,04	2,85	2,60	2,36	2,14	1,90	1,67	1,44	1,22
Канал М2: ПК 110 – ПК 144	6,75	6,65	6,53	6,40	6,22	6,04	5,84	5,64	5,39	5,14	4,88	4,59	4,29	4,00	3,69	3,37	3,02	2,70	2,37	2,05	1,72
Канал М3: ПК 0 – ПК 47	2,81	2,71	2,55	2,44	2,28	2,11	1,95	1,75	1,54	1,38	1,16	0,93	0,76	0,59	0,41	0,26	0,13	0,05	–	–	–

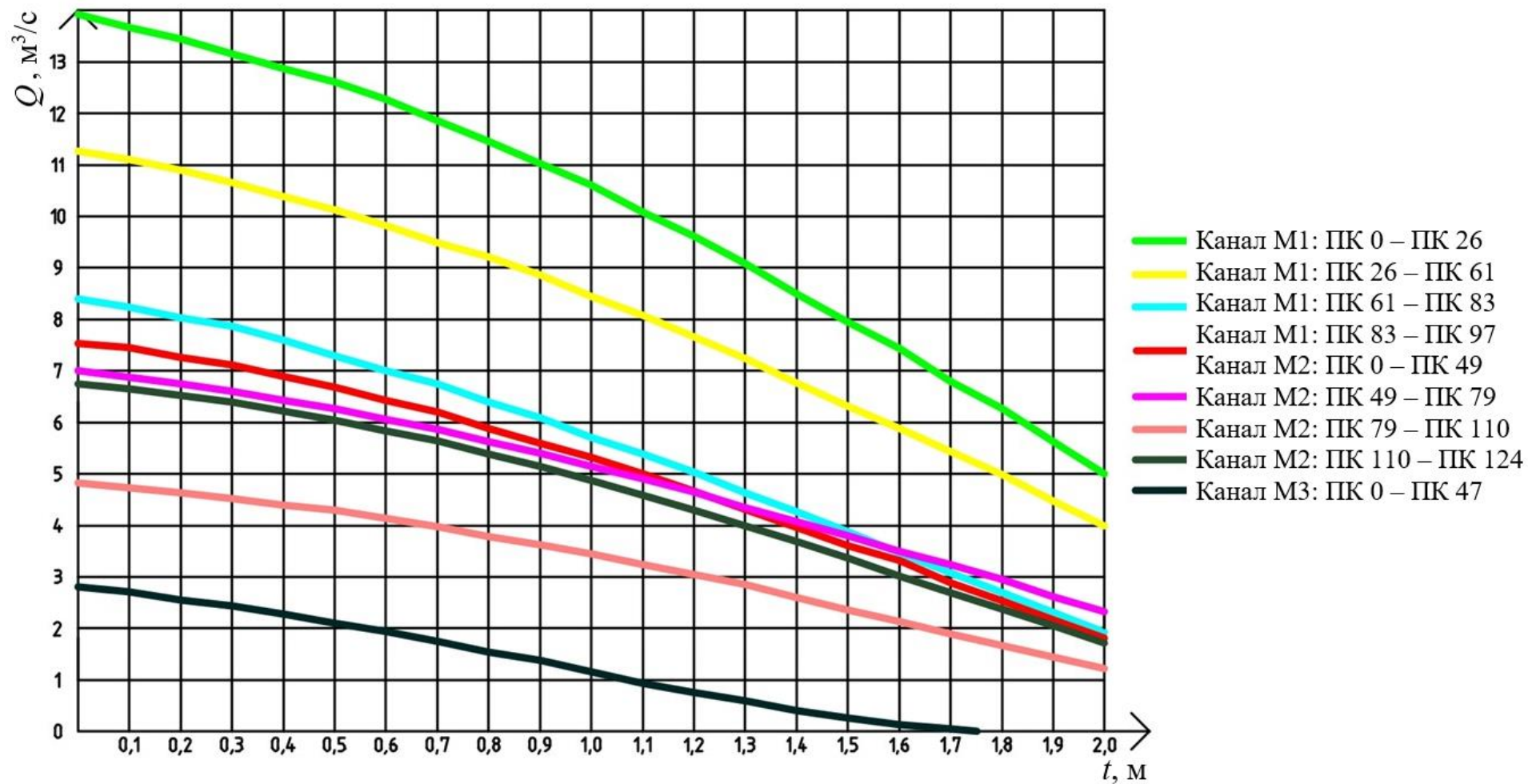


Рисунок 3 – График зависимости пропускной способности оросительных каналов от толщины наносов и иловых отложений
Figure 3 – Dependence diagram of the carrying capacity of irrigation canals on the thickness of sediments and silt deposits

По данным рисунка 3 можно определить пропускную способность Энгельсской оросительной системы на отдельных каналах и спланировать подачу воды в каналы в безопасном количестве. На оросительных каналах заиление дна на отдельных участках может достигать до 0,2–0,4 м за год. Необходимо перед каждым поливным сезоном проводить визуальное обследование планируемых к эксплуатации оросительных каналов и замеры толщины наносов грунта и иловых отложений в самых загрязненных местах [10, 12].

С каждым годом КПД оросительной системы будет уменьшаться, и для предотвращения несвоевременной подачи воды в необходимом объеме к сельскохозяйственным культурам необходимо производить очистку дна каналов. Использование одноковшовых экскаваторов для очистки каналов является эффективным способом производства эксплуатационных работ из-за их универсальности, доступности и возможности использования различных рабочих органов. Для очистки дна каналов чаще всего применяются широкие ковши с увеличенным объемом, что позволяет за один цикл работы экскаватора увеличить поднимаемые со дна наносы и иловые отложения и тем самым повысить КПД экскаватора. Так как плотность наносов грунта и иловых отложений низкая и сопротивление работе ковша при разработке небольшое, можно использовать ковш с плоской режущей кромкой вместо зубьев. Это увеличивает объем разрабатываемого наносного грунта и иловых отложений, а также уменьшает вероятность повреждения облицовки каналов.

Во время наблюдения за очисткой дна оросительных каналов был выявлен ряд требований для эффективной работы одноковшовых экскаваторов. Во-первых, это необходимость очистки от древесно-кустарниковой растительности на бермах каналов. Большинство оросительных каналов, если не проводить постоянные эксплуатационные работы, зарастают древесно-кустарниковой растительностью, которая мешает проезду спецтехники. Во-вторых, при очистке дна и откосов каналов всегда существует риск повреждения ковшом железобетонной облицовки канала. В-третьих,

для качественной очистки дна оросительных каналов экскаватором требуется полностью осушить канал. Очистка каналов с водой производится с помощью специальных ковшей с отверстиями, но такая очистка является менее эффективной [12].

Выводы. Перед подачей воды через головную насосную станцию в магистральный канал необходимо провести визуальные обследования фактического состояния каналов, которые планируется использовать для транспортировки воды для полива, и осуществить замеры толщины наносов грунта на их дне. Перед подачей воды в оросительные каналы необходимо рассчитать фактическую пропускную способность оросительных каналов с учетом наносов грунта. Максимальный объем подачи воды насосной станцией не должен превышать фактической пропускной способности задействованных каналов после их заполнения водой. Подача большего объема приведет к переливу воды через бровки канала и последующим негативным эффектам.

Рекомендуется производить очистку облицованных оросительных каналов при толщине наносов грунта и иловых отложений от 0,15–0,3 м. Своевременная очистка оросительных каналов позволяет сохранять проектные показатели поливов и предотвращать появление растительности в руслах каналов.

В настоящее время одним из самых эффективных способов очистки оросительных каналов является механический с применением одноковшовых экскаваторов из-за их универсальности и доступности. Несмотря на это, одноковшовые экскаваторы не способны в полной мере производить очистку дна каналов. Не рекомендуется очищать облицованные оросительные каналы экскаватором при наносах грунта толщиной менее 0,1 м, так как это значительно повышает риск повреждения защитной облицовки канала рабочим органом.

Учитывая все имеющиеся преимущества в работе одноковшовых экскаваторов, необходимо модернизировать или усовершенствовать их ра-

бочие органы для повышения их производительности и эффективности в процессе очистки оросительных каналов от наносов грунта, ила и мусора.

Список источников

1. Шевченко В. А., Кирейчева Л. В. Научное обоснование мелиорации для устойчивого развития сельского хозяйства России // Мелиорация и водное хозяйство. 2024. № 4. С. 43–46. EDN: EGMLWW.
2. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Технологии эксплуатации и ремонта современных оросительных каналов / Саратов. гос. ун-т генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова. Саратов, 2024. 152 с. EDN: VWJYES.
3. О роли водных мелиораций в природных зонах Саратовской области в условиях изменения климата / И. И. Демакина, Н. А. Пронько, Б. В. Фисенко, В. В. Корсак, Т. А. Панкова // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 4. С. 119–138. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-4-119-138. EDN: NVKMLM.
4. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А., Сафин Э. Э. Методы диагностики облицованных оросительных каналов // Природообустройство. 2024. № 5. С. 21–27. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-5-21-27. EDN: BCFKJC.
5. Huang P. C., Lee K. T. Channel hydrological response function considering inflow conditions and hydraulic characteristics // Journal of Hydrology. 2020. Vol. 591. Article number: 125546. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.125546. EDN: XINIQZ.
6. Перспективный способ очистки русла реки для проведения оросительных мелиораций / Н. Б. Мартынова, А. А. Кадысева, В. И. Балабонов, Н. В. Ханов, А. О. Щербаков, В. Б. Жезмер // Мелиорация и водное хозяйство. 2025. № 6. С. 15–17. DOI: 10.32962/0235-2524-2025-6-15-17. EDN: CDFRYV.
7. Работа и разрушение бетона в условиях высокой и низкой температуры / А. А. Парфенов, О. А. Сивакова, О. А. Гусарь, В. В. Балакирева // Строительные материалы. 2019. № 3. С. 64–66. DOI: 10.31659/0585-430X-2019-768-3-64-66. EDN: ZIKFHV.
8. Иванова Е. Э., Нелюбина Е. А. Расчет параметров волнового воздействия на откос грунтовой плотины // Вестник молодежной науки. 2018. № 5(17). EDN: YTSC TZ.
9. Баев О. А. Обоснование методов гидравлических расчетов оросительных каналов // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 3. С. 274–295. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-274-295. EDN: MCZWUA.
10. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Гидравлическая эффективность оросительных каналов при эксплуатации // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15, вып. 8. С. 1147–1162. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.8.1147-1162. EDN: OUXBGA.
11. Абдулмажидов Х. А., Карапетян М. А. Очистка мелиоративных каналов от наносов, заилений и растительности // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2016. № 5(75). С. 13–17. EDN: WMULAJ.
12. Абдулмажидов Х. А. Комплексное применение каналоочистительных машин // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2013. № 3(59). С. 28–32. EDN: TEFXXKX.

References

1. Shevchenko V.A., Kireycheva L.V., 2024. *Nauchnoe obosnovanie melioratsii dlya ustoychivogo razvitiya sel'skogo khozyaystva Rossii* [Scientific justification of land reclamation development to provide sustainable agriculture in Russia]. *Melioratsiya i vodnoe kho-*

zyaystvo [Land Reclamation and Water Management], no. 4, pp. 43-46, EDN: EGMLWW. (In Russian).

2. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., 2024. *Tekhnologii ekspluatatsii i remonta sovremennykh orositel'nykh kanalov* [Technologies for Maintenance and Repair of Modern Irrigation Canals]. Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, 152 p., EDN: VWJYES. (In Russian).

3. Demakina I.I., Pronko N.A., Fisenko B.V., Korsak V.V., Pankova T.A., 2024. *O roli vodnykh melioratsiy v prirodnykh zonakh Saratovskoy oblasti v usloviyakh izmeneniya klimata* [The role of water reclamation in natural zones of Saratov region under climate change]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 14, no. 4, pp. 119-138, DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-4-119-138, EDN: NVKMLM. (In Russian).

4. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., Safin E.E., 2024. *Metody diagnostiki oblitsovannykh orositel'nykh kanalov* [Diagnostic methods of lined irrigation canals]. *Prirodobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 5, pp. 21-27, DOI: 10.26897/1997-6011-2024-5-21-27, EDN: BCFKJC. (In Russian).

5. Huang P.C., Lee K.T., 2020. Channel hydrological response function considering inflow conditions and hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology*, vol. 591, article number: 125546, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.125546, EDN: XINIQZ.

6. Martynova N.B., Kadyseva A.A., Balabonov V.I., Khanov N.V., Shcherbakov A.O., Zhezmer V.B., 2025. *Perspektivnyy sposob ochistki rusla reki dlya provedeniya orositel'nykh melioratsiy* [A promising method for cleaning the riverbed for irrigation reclamation]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 6, pp. 15-17, DOI: 10.32962/0235-2524-2025-6-15-17, EDN: CDFRYV. (In Russian).

7. Parfenov A.A., Sivakova O.A., Gusar O.A., Balakireva V.V., 2019. *Rabota i razrushenie betona v usloviyakh vysokoy i nizkoy temperatury* [Operation and destruction of concrete at high and low temperatures]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], no. 3, pp. 64-66, DOI: 10.31659/0585-430X-2019-768-3-64-66, EDN: ZIKFHV. (In Russian).

8. Ivanova E.E., Nelyubina E.A., 2018. *Raschet parametrov volnovogo vozdeystviya na otkos gruntovoy plotiny* [Calculation of the parameters of the wave impact on the slope of an earth dam]. *Vestnik molodezhnoy nauki* [Bulletin of Youth Science], no. 5(17), EDN: YTSC TZ. (In Russian).

9. Baev O.A., 2023. *Obosnovanie metodov gidravlicheskikh raschetov orositel'nykh kanalov* [Justification of hydraulic calculation methods for irrigation canals]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 3, pp. 274-295, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-274-295, EDN: MCZWUA. (In Russian).

10. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2020. *Gidravlicheskaya effektivnost' orositel'nykh kanalov pri ekspluatatsii* [Hydraulic efficiency of irrigation canals in the course of operation]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU], vol. 15, iss. 8, pp. 1147-1162, DOI: 10.22227/1997-0935.2020.8.1147-1162, EDN: OUXBGA. (In Russian).

11. Abdulmazhidov H.A., Karapetyan M.A., 2016. *Ochistka meliorativnykh kanalov ot nanosov, zaileniy i rastitel'nosti* [Cleaning reclamation canals from sediments, silt and vegetation]. *Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina»* [Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education “Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin”], no. 5(75), pp. 13-17, EDN: WMULAJ. (In Russian).

12. Abdulmazhidov H.A., 2013. *Kompleksnoe primeneniye kanaloochistitel'nykh mashin* [Integrated use of canal cleaning machines]. *Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina»* [Herald of Federal State Educa-

tional Establishment of Higher Professional Education “Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin”], no. 3(59), pp. 28-32, EDN: TEFXKX. (In Russian).

Информация об авторах

Ф. К. Абдразаков – профессор кафедры гидромелиорации, природообустройства и строительства в АПК, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова (410012, г. Саратов, пр-т им. Петра Столыпина, зд. 4, стр. 3), abdrazakov.fk@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3247-5257;

О. А. Беляков – аспирант кафедры гидромелиорации, природообустройства и строительства в АПК, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова (410012, г. Саратов, пр-т им. Петра Столыпина, зд. 4, стр. 3), olegbelykov63@gmail.com, ORCID: 0009-0003-2457-5650;

А. С. Григорян – начальник отдела капитального строительства, Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Саратовской области (410028, г. Саратов, ул. им. Н. Г. Чернышевского, д. 116А), gas_rsk@mail.ru.

Information about the authors

F. K. Abdrazakov – Professor of the Department of Hydromelioration, Nature Management and Construction in the Agro-Industrial Complex, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (410012, Saratov, Petr Stolypin ave., build. 4, str. 3), abdrazakov.fk@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3247-5257;

O. A. Belyakov – Postgraduate Student of the Department of Hydromelioration, Nature Management and Construction in the Agro-Industrial Complex, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (410012, Saratov, Petr Stolypin ave., build. 4, str. 3), olegbelykov63@gmail.com, ORCID: 0009-0003-2457-5650;

A. S. Grigoryan – Head of the Capital Construction Department, Saratovmeliiovodkhoz Management (410028, Saratov, N. G. Chernyshevsky st., 116A), gas_rsk@mail.ru.

Вклад авторов: Ф. К. Абдразаков руководил исследованием, разработал методологию исследования и сформулировал общие выводы по работе. О. А. Беляков занимался обоснованием темы исследования, обзором источников литературы, созданием черновика данных и оформлением. А. С. Григорян занимался сбором и верификацией данных, практическим и теоретическим исследованием, на основании которого провели обобщение и написали черновик рукописи.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: F. K. Abdrazakov supervised the study, developed the research methodology, and formulated the overall conclusions. O. A. Belyakov substantiated the research theme, reviewed the literature, drafted the data, and wrote the paper. A. S. Grigoryan collected and verified the data, conducted the practical and theoretical research, on the basis of which a summary was made and a draft of the paper was written.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.04.2026; одобрена после рецензирования 21.08.2026; принята к публикации 09.09.2026.

The article was submitted 10.04.2026; approved after reviewing 21.08.2026; accepted for publication 09.09.2026.