

**ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ/HYDRAULIC ENGINEERING, HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY**DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49> EDN: NXVZRV**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НИЖНЕГО БЬЕФА НОВОСИБИРСКОГО ГИДРОУЗЛА НА ФИЛЬТРАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Научная статья

Ефременко Д.А.^{1,*}, Куприянов Д.Е.², Пилипенко Т.В.³¹ ORCID : 0009-0004-7369-7272;² ORCID : 0009-0000-1454-1420;³ ORCID : 0000-0001-5080-6588;^{1,2} ООО «Запсибгипроводхоз», Новосибирск, Российская Федерация³ Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, Новосибирск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (efremenk0dmit[at]yandex.ru)

Аннотация

Нижний бьеф Новосибирского гидроузла работает в условиях нестационарного режима уровней воды из-за суточного и сезонного регулирования стока Новосибирской ГЭС. *Цель работы* — оценить влияние фактических перепадов уровня воды на фильтрационную надежность берегозащитных сооружений в черте г. Новосибирска. Проанализированы натурные данные Верхне-Обского БВУ за 2023–2025 гг. по перепадам уровня на гидропосту «р. Обь — г. Новосибирск». Фильтрационные расчеты выполнены в MODFLOW с использованием гидрогеологической модели. Установлено, что фактические амплитуды колебаний уровня достигают 2,4 м при скорости спада до 0,15 м/час. Фильтрационные градиенты в основании сооружений составляют 0,28–0,32, приближаясь к критическим значениям, а зона влияния паводкового подпора достигает 600–850 м от уреза воды. Существующие нормативные документы не в полной мере учитывают специфику работы таких сооружений в зоне влияния ГЭС с суточным регулированием. Многолетнее понижение уровней (162 см за 1957–1982 гг.) обусловлено карьерными разработками и искусственным понижением проектных отметок. Результаты рекомендуются для актуализации проектов инженерной защиты Новосибирска и программ мониторинга берегозащитных сооружений.

Ключевые слова: Новосибирское водохранилище, нижний бьеф, берегозащитные сооружения, перепады уровня воды, фильтрация, MODFLOW, суточное регулирование, зоны подтопления, инженерная защита, фильтрационная надежность.

EVALUATION OF THE IMPACT OF THE NON-STATIONARY HYDROLOGICAL REGIME OF THE DOWNSTREAM OF THE NOVOSIBIRSK HYDROELECTRIC COMPLEX ON THE FILTRATION RELIABILITY OF SHORELINE PROTECTION STRUCTURES

Research article

Efremenko D.A.^{1,*}, Kupriyakov D.Y.², Pilipenko T.V.³¹ ORCID : 0009-0004-7369-7272;² ORCID : 0009-0000-1454-1420;³ ORCID : 0000-0001-5080-6588;^{1,2} ООО "Zapsibgiprovodhoz", Novosibirsk, Russian Federation³ Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk, Russian Federation

* Corresponding author (efremenk0dmit[at]yandex.ru)

Abstract

The downstream of the Novosibirsk hydroelectric complex operates under conditions of non-stationary water levels due to the daily and seasonal regulation of discharge by the Novosibirsk HPP. *The aim of the study* is to evaluate the impact of actual water level fluctuations on the filtration reliability of shoreline protection structures within the city limits of Novosibirsk. Field data from the Upper Ob Hydrological Observatory for 2023–2025 on water level fluctuations at the 'Ob River – Novosibirsk' hydrological station were reviewed. Seepage analyses were performed in MODFLOW using a hydrogeological model. It was established that actual water level fluctuations reach 2.4 m with a decrease rate of up to 0.15 m/h. Seepage gradients at the base of the structures range from 0.28 to 0.32, approaching critical values, and the zone of influence of flood backwater extends 600–850 m from the water's edge. Existing regulatory documents do not fully take into account the specific operating conditions of such structures within the influence zone of a hydroelectric power station with daily regulation. The long-term drop in water levels (162 cm between 1957 and 1982) is due to quarrying and the artificial lowering of design elevations. The results are recommended for updating the engineering protection projects for Novosibirsk and the monitoring programmes for coastal protection structures.

Keywords: Novosibirsk Reservoir, downstream, shoreline protection structures, water level fluctuations, filtration, MODFLOW, daily regulation, underflood zone, engineering protection, filtration reliability.

Введение

Новосибирский гидроузел — единственное крупное гидротехническое сооружение на р. Обь, осуществляющее многолетнее и сезонное регулирование стока. Нижний бьеф гидроузла расположен в границах г. Новосибирска рис. 1 и испытывает интенсивную антропогенную нагрузку, связанную с работой Новосибирской ГЭС в энергосистеме Сибири [1].

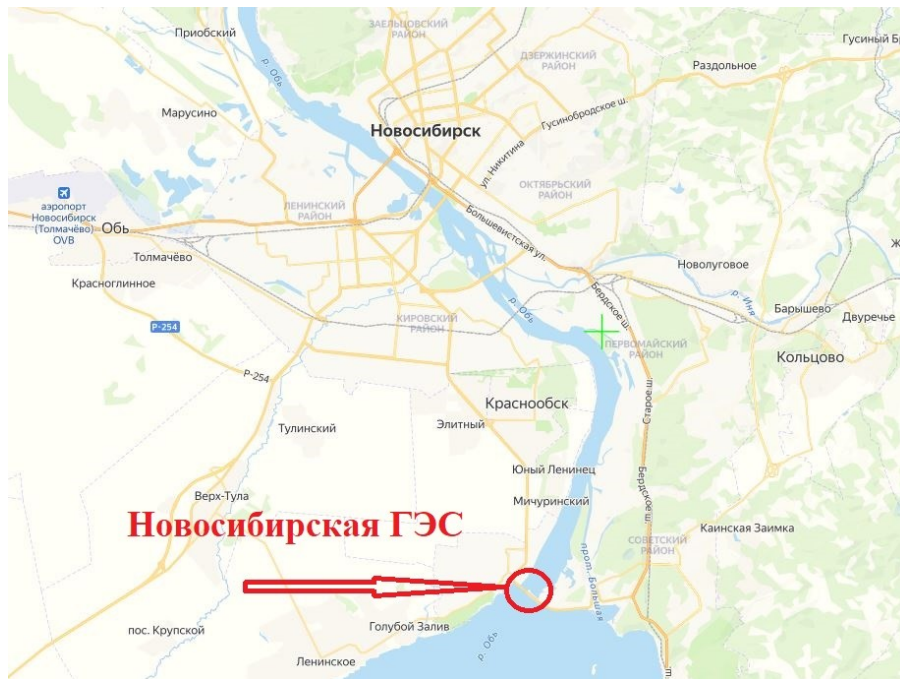


Рисунок 1 - Гидроузел Новосибирская ГЭС
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49.1>

На участке нижнего бьефа в границах города расположены берегозащитные сооружения различных типов. Непосредственно ниже плотины ГЭС (левый берег, протяженностью около 1 км) выполнено крепление бетонными плитами для защиты земляного тела плотины и прилегающих специфичных грунтов. Ниже по течению, включая правобережье и участок ниже устья р. Иня (около 15–25 км от плотины), береговая линия представляет собой естественные склоны, постепенно поднимающиеся от уреза воды, либо локальные участки берегоукрепления в зоне жилой и промышленной застройки [4]. Именно на этих неукрепленных или слабо укрепленных участках фильтрационные процессы, активизируемые колебаниями уровня воды, представляют наибольшую опасность, так как могут вызывать оползневые явления, суффозию и подтопление прилегающих территорий. Фильтрационная надежность данных сооружений определяется их способностью сохранять устойчивость и водонепроницаемость при воздействии фильтрационного потока, формирующегося в береговых склонах при колебаниях уровня воды в реке.

Особенностью эксплуатации гидроузла является суточное и недельное регулирование, приводящее к резким колебаниям расходов и уровней воды в нижнем бьефе. В период открытого русла (июнь–август) амплитуда суточных колебаний может достигать 2,0–2,5 м [2], что создает специфические условия для работы берегозащитных сооружений: при подъеме уровня вода фильтруется в берег, формируя кривую депрессии, а при резком спаде возникает неустановившийся фильтрационный поток, направленный со стороны берега в реку, который может вызвать взвешивающее давление на плиты крепления, суффозионные деформации и потерю устойчивости сооружений.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 360 от 18.04.2014 г. [3], на территориях, прилегающих к водным объектам, устанавливаются зоны затопления и подтопления. Для территории г. Новосибирска такие исследования были выполнены в 2018 г. [4], и именно их результаты (гидрогеологическая модель, фильтрационные параметры, границы зон подтопления) использованы в настоящей работе для оценки фильтрационного режима в основании берегозащитных сооружений. Гидропост «р. Обь — г. Новосибирск», данные которого использованы в работе, расположен в 24 км ниже плотины Новосибирской ГЭС, ниже впадения р. Иня, и его данные интегрально отражают гидрологический режим на всем протяжении нижнего бьефа в границах города с учетом притока р. Иня и трансформации паводочной волны.

Цель настоящего исследования — оценка влияния фактических перепадов уровня воды в нижнем бьефе Новосибирского водохранилища на фильтрационную надежность берегозащитных сооружений на основе анализа натуральных данных 2023–2025 гг. и численного гидрогеологического моделирования.

Методы и принципы исследования

2.1. Исходные данные

В работе использованы данные Верхне-Обского бассейнового водного управления (ВОБВУ) по гидрологическому посту «р. Обь — г. Новосибирск (нижний бьеф)» за период 2023–2025 гг. Наблюдения охватывают летнюю межень (июнь–август) — период максимальной рекреационной нагрузки и наиболее интенсивной работы берегозащитных сооружений.

Таблица 1 - Перепады уровня воды р. Обь на гидропосту (нижний бьеф) в 2023–2025 гг.

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49.2>

Год	Месяц	Диапазон перепадов уровня, м	Амплитуда, м
2023	Июнь	1,90 – 3,10	1,20
	Июль	3,10 – 1,00	2,10
	Август	1,00 – 1,00	0,00
2024	Июнь	2,80 – 3,60	0,80
	Июль	3,60 – 1,20	2,40
	Август	1,20 – 0,70	0,50
2025	Июнь	2,58 – 1,60	0,98
	Июль	1,60 – 1,00	0,60
	Август	1,00 – 1,30	0,30

Примечание: приведены значения уровня воды на начало и конец месяца, а также рассчитанная амплитуда колебаний

Для визуализации уровня режима и подтверждения репрезентативности выбранного периода на рис. 2 представлен совмещенный гидрограф уровня воды р. Обь за 2023–2026 гг. по данным гидропоста «р. Обь – г. Новосибирск» (ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»). Средний уровень за этот период составил 249 см относительно нуля поста. В качестве фоновой характеристики отметим, что за многолетний период наблюдений абсолютный минимум уровня (-83 см) был зафиксирован 01.01.2021 г., а абсолютный максимум (527 см) — 12.05.2015 г., что свидетельствует о значительной межгодовой изменчивости гидрологического режима.

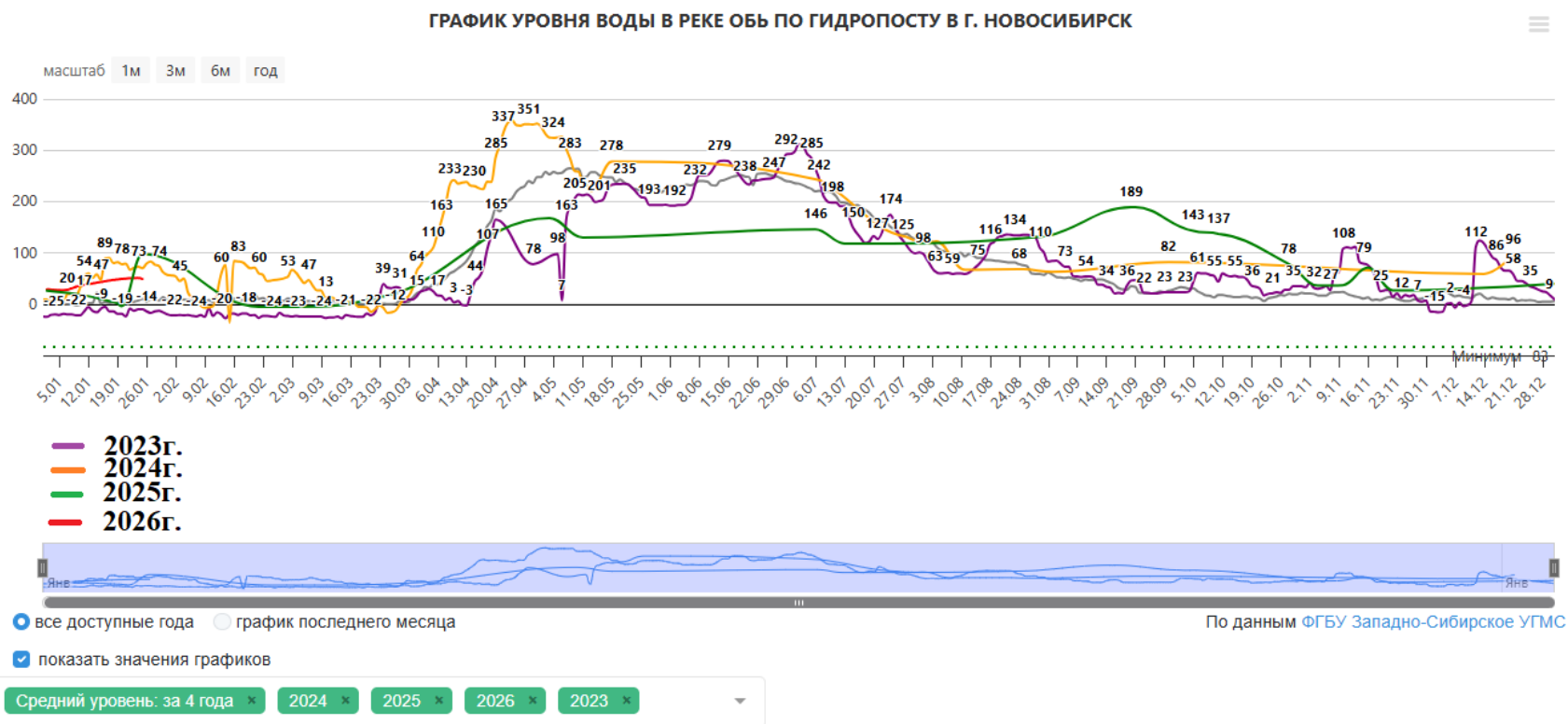


Рисунок 2 - Совмещенный гидрограф уровня воды р. Обь по данным гидропоста «р. Обь – г. Новосибирск» за 2023–2026 гг.
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49.3>

Примечание: по данным ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»; уровни воды приведены относительно нуля поста; средний уровень за период – 249 см



Детальные гидрографы за 2023–2025 гг. (рис. 3, рис. 4, рис. 5) позволяют проследить внутригодовую динамику. Наиболее многоводным был 2024 г., когда максимальные уровни достигали 400 см, а амплитуда суточных колебаний в июле составляла до 2,40 м, что полностью соответствует данным таблицы 1. Напротив, 2025 г. характеризовался аномально стабильным режимом с минимальной амплитудой колебаний (менее 1,0 м), что также согласуется с табличными данными. Зимние периоды во все годы характеризуются низкими уровнями, иногда опускающимися ниже нуля поста (до -83 см в 2021 г.), что связано с естественным истощением стока и режимом работы ГЭС.

Детальные гидрографы уровня воды р. Обь за 2023–2025 гг. (по данным ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС») на рис. 3–5.

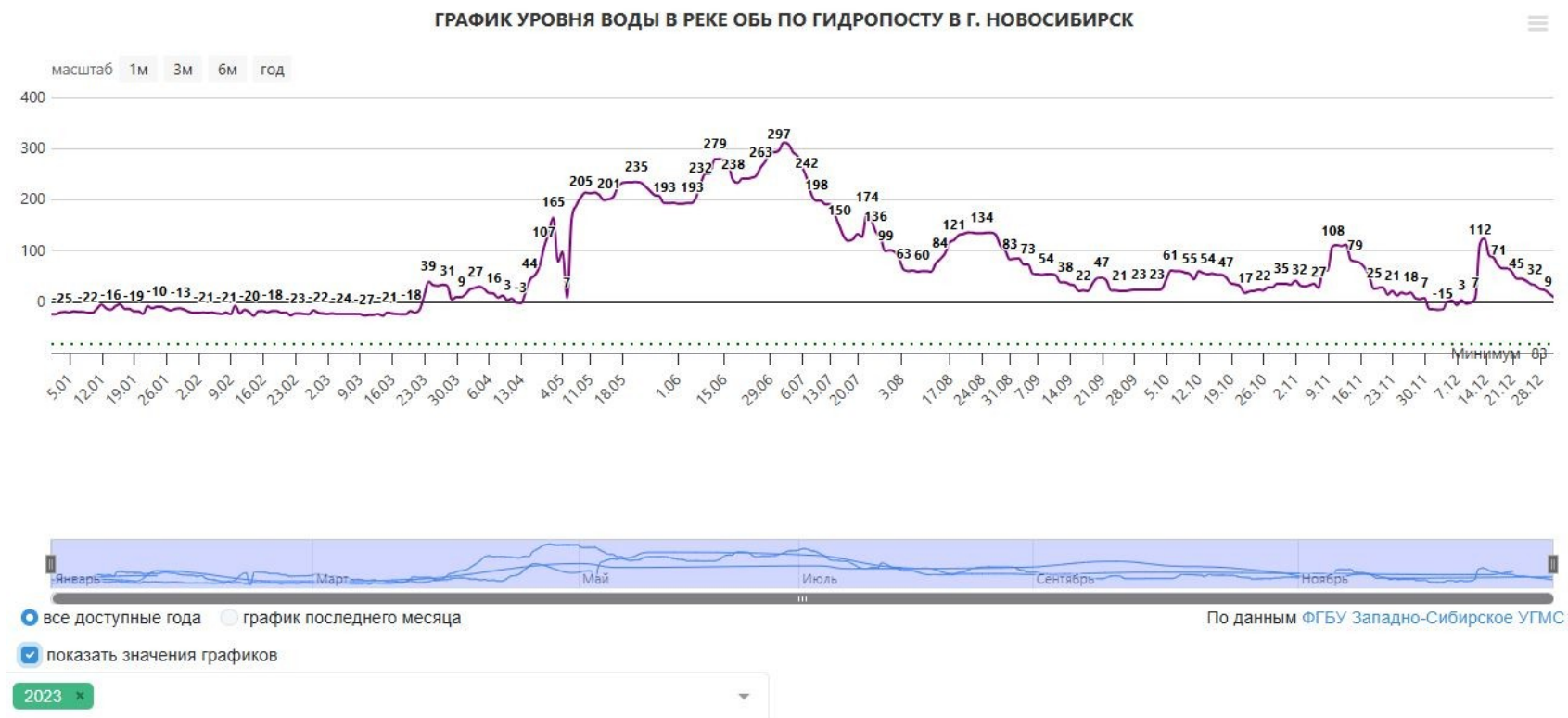


Рисунок 3 - Детальные гидрографы уровня воды р. Обь за 2023 г. (типичный год с выраженным паводком и летними колебаниями)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49.4>

Примечание: по данным ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»



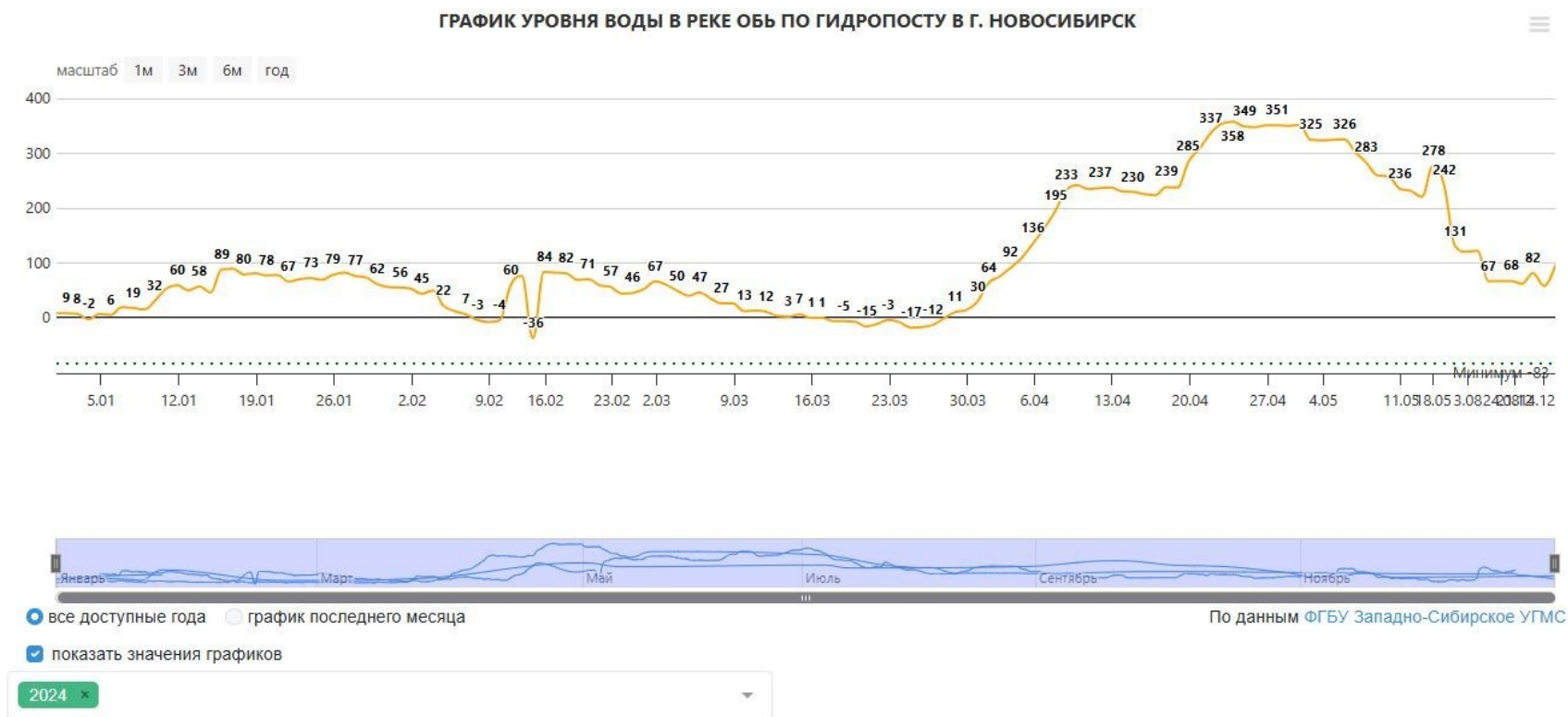


Рисунок 4 - Детальные гидрографы уровня воды р. Обь за 2024 г. (многоводный год с максимальной амплитудой (2,40 м))

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49.5>

Примечание: по данным ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»



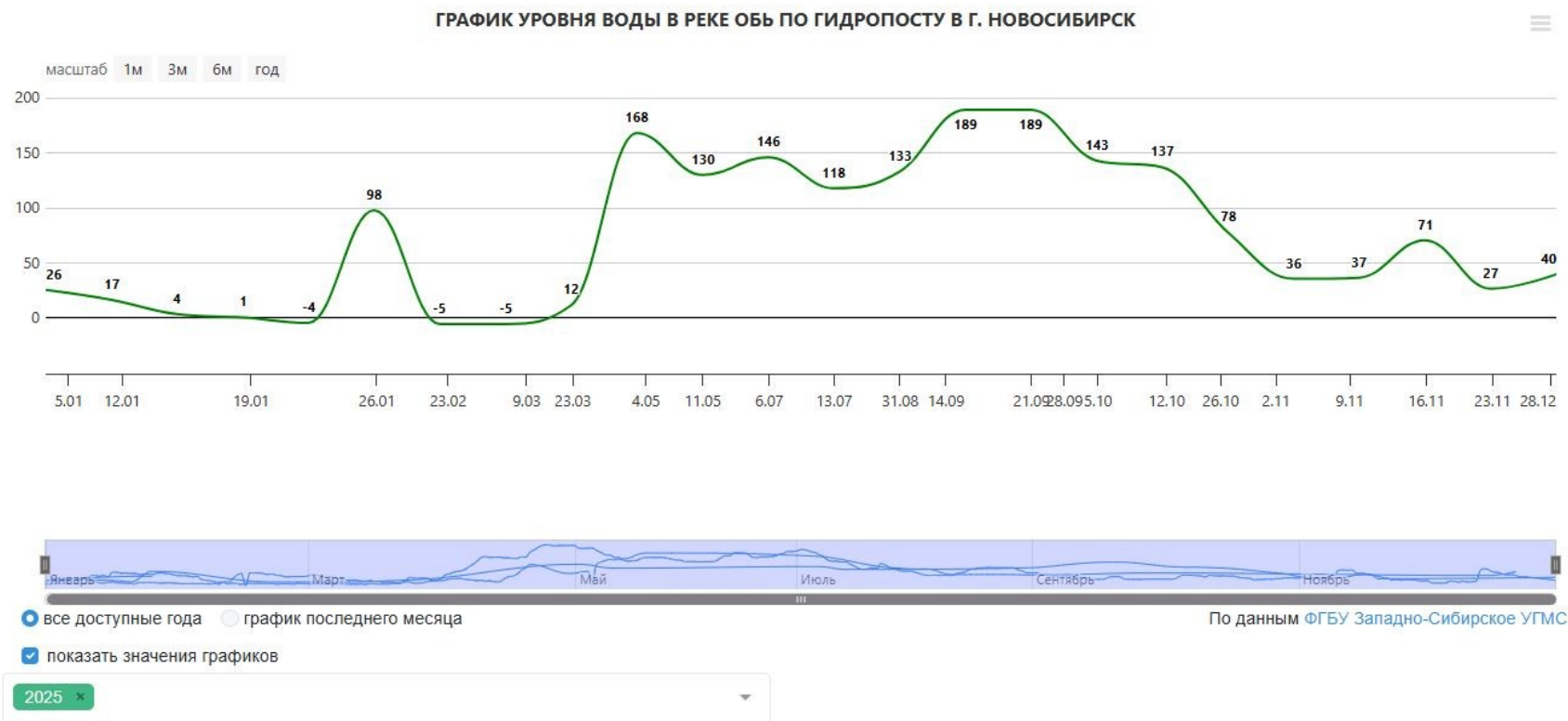


Рисунок 5 - Детальные гидрографы уровня воды р. Обь за 2025 г. (аномально стабильный год с минимальными колебаниями)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49.6>

Примечание: по данным ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»

2.2. Гидрогеологические условия

Согласно данным инженерно-геологических изысканий [4], в геологическом строении участка принимают участие:

- аллювиальные пески (мощность 4–15 м, коэффициент фильтрации 7,7–39,2 м/сут);
- элювиальные суглинки (мощность 0,5–3,5 м);
- коренные породы (глинистые сланцы) — региональный водоупор.

Фильтрационные параметры дифференцированы по трем районам (табл. 2). Районирование выполнено на основе анализа геологического строения и фильтрационных свойств грунтов [4].

Таблица 2 - Фильтрационные характеристики водоносного комплекса

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49.7>

Район	Водопроницаемость Т, м ² /сут	Коэффициент фильтрации k, м/сут	Водоотдача μ	Мощность m, м
I (правобережье)	1040	39,2	0,26	26,5
II (левобережье)	154	10,8	0,15	15,3
III (пойма)	167	7,7	0,16	21,8

При необходимости уточнения расчетов для конкретных участков могут быть использованы дополнительные архивные материалы и натурные определения коэффициентов фильтрации.

2.3. Методика моделирования

Фильтрационные расчеты выполнены в программном комплексе *MODFLOW-2005* [5] с использованием конечно-разностной модели, разработанной ООО «Центр инженерных технологий» [4] и адаптированной для условий правобережной части г. Новосибирска.

Основное уравнение фильтрации в нестационарной постановке:

$$\mu \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(T_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + W,$$

где:

H — напор, м;

μ — коэффициент водоотдачи;

T_x, T_y — водопроницаемость по осям координат, м²/сут;

W — интенсивность источников/стоков, м/сут;

t — время, сут.

Граничные условия задавались:

- по урезу р. Обь — уровень воды по фактическим данным;
- на контакте с коренным склоном — боковой приток;
- на верхней границе — инфильтрационное питание (90 мм/год).

Выполнены расчеты для трех сценариев, соответствующих натурным данным (табл. 3).

Таблица 3 - Сценарии моделирования фильтрационного режима при различных гидрологических условиях, соответствующих фактическим данным 2023–2025 гг.

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49.8>

Сценарий	Амплитуда, м	Период, сут	Скорость, м/сут	Год-аналог
1	2,40	20	0,12	2024 (июль)
2	2,10	25	0,084	2023 (июль)
3	0,60	30	0,02	2025 (июль)

Примечание: амплитуда – перепад уровня воды за период; скорость рассчитана как отношение амплитуды к продолжительности периода

Основные результаты

3.1. Анализ натурных данных

Статистическая обработка данных за 2023–2025 гг. позволила установить следующие закономерности:

1. *Максимальные перепады уровня* наблюдаются в июле и составляют 2,10–2,40 м. Это соответствует периоду наиболее интенсивной работы ГЭС в условиях летнего максимума нагрузок энергосистемы.

2. Скорость изменения уровня достигает 0,12–0,15 м/час (2,88–3,60 м/сут.), что в 4–6 раз превышает критерий, рекомендуемый нормативными документами для учета фильтрационных процессов (0,5 м/сут.) [7].

3. Август во все годы характеризуется минимальными перепадами (0,0–0,5 м), что соответствует периоду устойчивой летней межени и стабильной работе ГЭС в базовом режиме.

4. Межгодовая изменчивость существенна: 2025 год отличался аномально стабильным режимом (амплитуда $\leq 1,0$ м), что может быть связано с особенностями водохозяйственного года.

3.2. Результаты фильтрационного моделирования

Выполненные расчеты позволили оценить параметры фильтрационного поля при различных сценариях изменения уровня (табл. 4).

Таблица 4 - Результаты фильтрационных расчетов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49.9>

Параметр	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
Максимальный подпор УГВ на урезе, м	2,40	2,10	0,60
Удаление зоны влияния, м	850	620	120
Время наступления максимума УГВ, сут	8	12	3
Максимальный градиент напора на откосе	0,32	0,28	0,12
Критический градиент (для песков мелких)	0,35-1,0	0,35-1,0	0,35-1,0

Примечание: критический градиент зависит от гранулометрического состава: для мелких песков – 0,3–0,4, для песков средней крупности – 0,7–1,0 [6]

Анализ результатов показывает:

1. При сценариях 1 и 2 (амплитуда 2,1–2,4 м) фильтрационные градиенты составляют 0,28–0,32. В районе I (правобережье) преобладают пески средней крупности (табл. 2), для которых критический градиент составляет 0,7–1,0 [6]. Полученные значения градиентов ниже критических, однако приближаются к нижней границе диапазона, а при наличии локальных зон с более мелкими песками риск суффозионных деформаций возрастает.

2. Зона влияния паводкового подпора распространяется на 600–850 м от уреза воды, охватывая значительную часть застроенных прибрежных территорий.

3. Запаздывание максимума УГВ относительно пика паводка составляет 8–12 суток, что критически важно для организации мониторинга и прогнозирования подтопления.

Обсуждение

Полученные результаты позволяют сформулировать ряд положений, важных для проектирования и эксплуатации берегозащитных сооружений в нижнем бьефе Новосибирского гидроузла.

4.1. Многолетний тренд понижения уровней

Важной особенностью гидрологического режима нижнего бьефа Новосибирского гидроузла является *многолетнее понижение уровней воды*, обусловленное комплексом факторов. Как показано в работе М.В. Шестовой [10], существенное влияние на формирование русла р. Оби оказали *карьерные разработки*, проводившиеся на примыкающем к ГЭС 30-километровом участке нижнего бьефа в период с 1960 по 1982 гг. По оценке специалистов ВНИИГ им. Веденеева, понижение уровня воды, приходящееся на долю карьерных извлечений грунта, составило 95 см, что соответствует 60% от общей величины посадки. При отсутствии карьерных разработок понижение уровня в створе Новосибирского гидроузла могло составить 60–70 см [10].

Общая величина понижения уровня воды в нижнем бьефе за период с 1957 по 1982 гг. достигла 162 см [10], что подтверждается данными русловых съемок и анализа трансформации кривой свободной поверхности. Это снижение обусловлено совокупным воздействием глубинной эрозии, карьерных разработок и искусственного понижения судоходного проектного уровня.

Помимо этого, в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС проводилось *искусственное понижение судоходного проектного уровня*. При проектной отметке +110 см, установленной в 1962 г., ее обеспеченность снизилась с 95,6% до 84,0%. В результате проектный уровень был последовательно понижен: сначала до +90 см, а к 1983 г. — до +80 см, что обеспечило восстановление обеспеченности до 94,3%. Величина искусственного понижения составила 30 см [10].

Эти факторы не учитываются непосредственно в настоящих расчетах, поскольку они базируются на данных 2023–2025 гг. и рассматривают *относительные перепады и скорости изменения уровня*, которые сохраняют свое значение для оценки фильтрационных процессов независимо от абсолютных отметок. Однако при долгосрочном прогнозировании и проектировании берегозащитных сооружений необходимо учитывать как многолетний тренд

понижения уровней (достигший 162 см за 25-летний период), так и возможные изменения гидравлических условий на участке от плотины ГЭС до устья р. Иня.

4.2. Сопоставление с нормативами

В соответствии с действующими нормативными документами [3], [6], при оценке фильтрационной надежности гидротехнических сооружений учитываются:

- максимальные уровни воды заданной обеспеченности;
- фильтрационные свойства грунтов основания;
- конструктивные особенности сооружений.

Однако *скорость изменения уровня* как самостоятельный фактор фильтрационной надежности в нормативах не регламентируется. Рекомендация учитывать скорости более 0,5 м/сут. содержится лишь в специальной литературе [7].

Фактические скорости в нижнем бьефе (до 3,6 м/сут.) требуют *обязательного* выполнения фильтрационных расчетов в нестационарной постановке, что должно быть отражено в нормативных документах территориального уровня.

4.3. Физические механизмы фильтрационных процессов при переменном уровне

При высоких уровнях воды в реке (в период паводка или попусков ГЭС) происходит *подпор грунтовых вод* — вода фильтруется из русла в берег, уровень грунтовых вод (УГВ) в прибрежной зоне повышается. При последующем спаде уровня в реке возникает обратный градиент напора, и накопленная в береговом массиве вода начинает фильтроваться в сторону реки, формируя *неустановившийся фильтрационный поток*, направленный со стороны берега в русло. Скорость этого потока и возникающие при этом давления определяются скоростью спада уровня в реке и фильтрационными свойствами грунтов.

4.3.1. Инженерные следствия

Высокие скорости спада уровня приводят к формированию неустановившегося фильтрационного потока, направленного со стороны берега в реку. Это вызывает:

1. *Взвешивающее давление* на плиты крепления откосов, снижающее их устойчивость.
2. *Фильтрационные деформации* в зоне выхода грунтовых вод на откос (суффозия, выпор).
3. *Накопление остаточных деформаций* при многократном повторении циклов «подъем — спад».

Для условий правобережья (*район I* с песками средней крупности, табл. 2) расчетный коэффициент запаса устойчивости плит крепления при скорости спада 0,12 м/час снижается до 1,05–1,10, что близко к предельно допустимому значению (1,20–1,30 согласно [6]) и требует дополнительных расчетов и мониторинга.

4.3.2. Адаптация проектных решений для берегозащитных сооружений

На основе выполненных исследований рекомендуется при *проектировании новых и реконструкции существующих берегозащитных сооружений*:

1. Для существующих сооружений:

- организовать мониторинг уровней грунтовых вод с дискретностью в паводок не реже 1 раза в 3 суток;
- при скорости спада более 0,10 м/сут. — ежесуточные наблюдения;
- выполнить поверочные расчеты фильтрационной прочности.

2. Для новых сооружений:

- в техническом задании на *проектирование берегозащитных сооружений* указывать фактические скорости изменения уровня по данным многолетних наблюдений;
- предусматривать дренажные системы, рассчитанные на пропуск фильтрационного расхода при максимальных скоростях спада;
- применять обратные фильтры из геокомпозитных материалов с высокой *водопрпускной* способностью.

Заключение

1. Анализ натурных данных за 2023–2025 гг. показал, что фактические перепады уровня воды в нижнем бьефе Новосибирского гидроузла достигают 2,4 м при скорости изменения до 0,15 м/час (3,6 м/сут.), что в 4–6 раз превышает критерии, рекомендуемые для учета фильтрационных процессов.

2. Выполненное гидрогеологическое моделирование подтвердило, что при таких параметрах нестационарного режима фильтрационные градиенты в основании берегозащитных сооружений составляют 0,28–0,32. Для преобладающих в правобережье песков средней крупности (критический градиент 0,7–1,0) эти значения ниже критических, однако приближаются к нижней границе диапазона, а при наличии локальных зон с более мелкими песками риск суффозионных деформаций возрастает.

3. Зона влияния паводкового подпора распространяется на 600–850 м от уреза воды, охватывая территории жилой и промышленной застройки. Время наступления максимума УГВ запаздывает относительно пика паводка на 8–12 суток, что необходимо учитывать при прогнозировании подтопления.

4. Многолетний тренд понижения уровней в нижнем бьефе, обусловленный карьерными разработками и искусственным понижением проектных отметок, привел к снижению уровня на 162 см за период 1957–1982 гг., что составляет важный фоновый фактор при долгосрочном прогнозировании.

5. Существующие нормативные документы не в полной мере учитывают специфику работы берегозащитных сооружений в зоне влияния ГЭС с суточным регулированием. Требуется разработка *региональных методических рекомендаций* по расчету фильтрационной надежности для условий нижнего бьефа Новосибирского водохранилища.

6. Полученные результаты рекомендуется использовать при:

- актуализации проектов инженерной защиты г. Новосибирска;
- разработке программ мониторинга состояния берегозащитных сооружений;



– подготовке нормативных документов территориального уровня.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Верхне-Обскому бассейновому водному управлению за предоставленные данные гидрологических наблюдений, а также специалистам ООО «Центр инженерных технологий» за разработку гидрогеологической модели и участие в обсуждении результатов.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Качаев А.Е., Всероссийский научно-исследовательский институт орошения и сельхозводоснабжения "Радуга", Радужный Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49.10>

Acknowledgement

The authors express their gratitude to the Upper Ob Basin Water Administration for providing hydrological observation data, and to the specialists at 'Engineering Technologies Centre' Ltd for developing the hydrogeological model and participating in the discussion of the results.

Conflict of Interest

None declared.

Review

Kachaev A.E., All-Russian Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply "Raduga", Raduzhny Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.49.10>

Список литературы / References

1. Ломакин В.М. Численное моделирование геофильтрации / В.М. Ломакин, В.А. Мироненко, В.М. Шестаков. — Москва : Недра, 1988. — 228 с.
2. Правила использования водных ресурсов Новосибирского водохранилища : проект. — Москва, 2016. — 156 с.
3. Об определении границ зон затопления, подтопления : постановление Правительства Российской Федерации № 360 от 18.04.2014 // Собрание законодательства РФ. — 2014. — № 17. — Ст. 2056.
4. Подготовка сведений о границах зон затопления, подтопления на территории Новосибирской области. Этап 1. Том 4. Предложения о границах зон затопления и подтопления территорий, прилегающих к р. Обь и р. Инья в границах г. Новосибирск : отчет / ООО «Центр инженерных технологий». — Барнаул, 2018. — 54 с.
5. McDonald M.G. The History of MODFLOW / M.G. McDonald, A.W. Harbaugh // Ground Water. — 2003. — Vol. 41, № 2. — P. 280–283.
6. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов: актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84. — Москва : Минрегион России, 2012. — 86 с.
7. Шестаков В.М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа / В.М. Шестаков. — Москва : Изд-во МГУ, 1965. — 233 с.
8. Milzow C. Accounting for subgrid scale topographic variations in flood propagation modeling using MODFLOW / C. Milzow, W. Kinzelbach // Water Resources Research. — 2010. — Vol. 46. — P. W10521. — DOI: 10.1029/2009WR008088.
9. Данные Верхне-Обского бассейнового водного управления о перепадах уровня воды на гидропосту «р. Обь – г. Новосибирск» за 2023–2025 гг. — Новосибирск, 2026. — 5 с.
10. Шестова М.В. Особенности русловых процессов и методы стабилизации русла на участках нижних бьефов ГЭС / М.В. Шестова // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. — Нижний Новгород : Изд-во ВГАВТ, 2011. — Вып. 31. — С. 102–108.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Lomakin V.M. Chislennoye modelirovaniye geofil'tratsii [Numerical modeling of geofiltration] / V.M. Lomakin, V.A. Mironenko, V.M. Shestakov. — Moscow : Nedra, 1988. — 228 p. [in Russian]
2. Pravila ispol'zovaniya vodnykh resursov Novosibirskogo vodokhranilishcha [Rules for the use of water resources of the Novosibirsk Reservoir] : project. — Moscow, 2016. — 156 p. [in Russian]
3. Ob opredelenii granits zon zatopleniya, podtopleniya [On determining the boundaries of flooding and waterlogging zones] : Decree of the Government of the Russian Federation No. 360 of 18.04.2014 // Sobraniye zakonodatel'stva RF [Collection of Legislation of the Russian Federation]. — 2014. — № 17. — Art. 2056. [in Russian]
4. Podgotovka svedeniy o granitsakh zon zatopleniya, podtopleniya na territorii Novosibirskoy oblasti. Etap 1. Tom 4. Predlozheniya o granitsakh zon zatopleniya i podtopleniya territoriy, prilgayushchikh k r. Ob' i r. Inya v granitsakh g. Novosibirsk [Preparation of information on the boundaries of flooding and waterlogging zones in the territory of the Novosibirsk Region. Stage 1. Volume 4. Proposals on the boundaries of flooding and waterlogging zones of territories adjacent to the Ob River and Inya River within the boundaries of Novosibirsk] : report / Center of Engineering Technologies LLC. — Barnaul, 2018. — 54 p. [in Russian]
5. McDonald M.G. The History of MODFLOW / M.G. McDonald, A.W. Harbaugh // Ground Water. — 2003. — Vol. 41, № 2. — P. 280–283.
6. SP 39.13330.2012. Plotiny iz gruntovykh materialov [Dams from soil materials] : updated version of SNiP 2.06.05-84. — Moscow : Ministry of Regional Development of the Russian Federation, 2012. — 86 p. [in Russian]
7. Shestakov V.M. Teoreticheskiye osnovy otsenki podpora, vodoponizheniya i drenazha [Theoretical foundations of assessing backwater, dewatering and drainage] / V.M. Shestakov. — Moscow : Moscow State University Publishing House, 1965. — 233 p. [in Russian]



8. Milzow C. Accounting for subgrid scale topographic variations in flood propagation modeling using MODFLOW / C. Milzow, W. Kinzelbach // *Water Resources Research*. — 2010. — Vol. 46. — P. W10521. — DOI: 10.1029/2009WR008088.
9. Dannyye Verkhne-Obsskogo basseynovogo vodnogo upravleniya o perepadakh urovnya vody na gidropostu "r. Ob' – g. Novosibirsk" za 2023–2025 gg. [Data of the Verkhne-Obssk Basin Water Administration on water level fluctuations at the hydrological station "Ob River – Novosibirsk" for 2023–2025]. — Novosibirsk, 2026. — 5 p. [in Russian]
10. Shestova M.V. Osobennosti uslovykh protsessov i metody stabilizatsii rusla na uchastkakh nizhnikh b'yefov GES [Features of channel processes and methods of channel stabilization in sections of lower tailwaters of hydroelectric power plants] / M.V. Shestova // *Vestnik Volzhskoj gosudarstvennoj akademii vodnogo transporta* [Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport]. — Nizhny Novgorod : Publishing House of VSAWT, 2011. — Iss. 31. — P. 102–108. [in Russian]