Научная статья
УДК 626.627

РАСЧЕТ ПОДПЕРТОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ИЗ ЗЕМЛЯНЫХ РУСЕЛ

М.Н. Кокоев[1,*], В.М. Казиев[2], Б.Х. Амшоков[2], А.С. Сасиков[2], Т.А. Сасиков[2]

[1] Кабардино-Балкарский Государственный университет, г. Нальчик, Россия
[2] ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик, Россия
[*] E-mail: kbagrostroy@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрено нахождение основных параметров фильтрационного потока, которые зависят, от области фильтрации и их граничных условий. Нахождение последних достаточно затруднительно и трудоемко. Поэтому на стадии проектирования определение основных параметров фильтрации максимально упрощается, что приводит к значительным погрешностям. Расчет производится в произвольной форме, в результате чего полученные гидромеханические решения соответствуют действительности лишь в частных случаях. Предлагаемый метод последовательных конформных отображений можно применять для решения задач напорной фильтрации под гидротехническими сооружениями и свободной фильтрации из земляных русел. Метод последовательных конформных отображений позволяет практически любую односвязную область отобразить на нижнюю полуплоскость с любой степенью точности.

Ключевые слова: *фильтрация; расход; напор; градиент; река; каналы; водохранилища; водоупор.*

Для цитирования: Кокоев М.Н., Казиев В.М., Амшоков Б.Х., Сасиков А.С., Сасиков Т.А. Расчет подпертой фильтрации из земляных русел // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2024. Т. 10. № 4. С. 27–36.

Original article

CALCULATION OF SUPPORTED FILTRATION FROM EARTH CHANNELS

M.N. Kokoev[1,*], V.M. Kaziev[2], B.Kh. Amshokov[2], A.S. Sasikov[2], T.A. Sasikov[2]

[1] Kabardino-Balkarian State University, Nalchik, Russia
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik, Russia
[*] E-mail: kbagrostroy@yandex.ru

Abstract. The article deals with finding the main parameters of filtration flow, which depend on the filtration area and their boundary conditions, finding of which is quite difficult and time-consuming, and as a consequence, at the design stage the determination of the main filtration parameters is maximally simplified, which leads to significant errors. The calculation is performed in an arbitrary form, as a result of which the obtained hydro-mechanical solutions correspond to reality only in particular cases. The proposed method of successive conformal mappings can be used to solve problems of pressure filtration under hydraulic structures and free filtration from earthen channels. The method of successive conformal mappings allows practically any one-connected region to be mapped to the lower half-plane with any degree of accuracy.

Key words: *filtration; flow; pressure; gradient; river; canals; reservoirs; aquiclude.*

© Кокоев М.Н., Казиев В.М., Амшоков Б.Х., Сасиков А.С., Сасиков Т.А. 2024

For citation: Kokoev M.N., Kaziev V.M., Amshokov B.Kh., Sasikov A.S., Sasikov T.A., Calculation of supported filtration from earth channels. *Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2024. Vol. 10, No. 4, pp. 27–36.

Введение

Параметры фильтрационного потока (градиенты напора, скорости, расходы и др.) зависят, как известно, от формы области фильтрации и от граничных условий; математическое их определение затруднительно.

Характерной в этом отношении является распространенная на практике «подпертая» фильтрация из земляных русел (рек, каналов, водохранилищ и т. п.), при которой неучет глубины и формы русла, а также произвольного очертания водоупора в определенных условиях приводит к значительным погрешностям [1, 2]. Но в большинстве имеющихся гидромеханических решений указанными факторами пренебрегают [3–5, 6–8]. В этих случаях глубину русла обычно принимают нулевой, а водоупор — прямолинейным и горизонтальным. Те же немногие решения, где глубина воды в руслах некоторых правильных форм учитывалась, были приняты для случая, когда водоупор расположен на бесконечности [2, 8]. Однако даже при таких облегченных условиях эти решения получались слишком громоздкими.

Цель работы: нахождение основных параметров фильтрационного потока, которые зависят, от области фильтрации и их граничных условий.

Задачи исследования: Произвести расчет подпертой фильтрации из земляных русел, гидромеханическим методом, учитывая такие факторы, как глубина и форма русла, а также сложное очертание водоупора.

Исходные данные

Основная причина произвольного упрощения конфигурации областей фильтрации сводилась к тому, что отсутствовал универсальный математический метод, позволяющий сравнительно легко заменять сложные (в смысле очертания границ) области упрощенными эквивалентами. После появления ряда работ [5, 9–11], был разработан метод последовательных конформных отображений, и появилась возможность осуществлять указанную замену и тем самым снять ряд принципиальных трудностей в решении подобных фильтрационных задач.

Методика и результаты исследования

Метод последовательных конформных отображений успешно применялся для решения задач напорной фильтрации под гидротехническими сооружениями [1] и свободной фильтрации из земляных русел [5, 12], но для решения задач подпертой фильтрации из земляных русел этот метод, насколько нам известно, еще не применялся. Метод последовательных конформных отображений позволяет практически любую односвязную область отобразить на нижнюю полуплоскость с любой степенью точности [5, 9–12].

Это достигается при помощи ряда последовательных, надлежащим образом выбранных элементарных конформных отображений (E_n, E_s, Δ_n и др.). Заметим, что к большинству задач; подпертой фильтрации из земляных русел можно применить последовательность, состоящую только из одного элементарного отображения - Отображения E_n нижней полуплоскости z_n с вырезанным полуэллипсом на нижнюю полуплоскость z_{n+1} без выреза (рис. 1) — и наоборот (тогда это отображение обозначается символом E_n^{-1}. Лишь для некоторых из этих задач (например, при наличии угловых точек) имеет смысл применять и другие элементарные отображения [9].

Функция, осуществляющая отображение E_n, имеет вид

$$z_{n+1} = \frac{a_n z_n^* - b_n \sqrt{z_n^{*2} + b_n^2 - a_n^2}}{a_n - b_n} \quad (1)$$

где

$$z_n^* = z_n - m_n \quad (2)$$

m_n — координата центра эллипса, лежащая на действительной оси области z_n; a_n, b_n — полуоси эллипса.

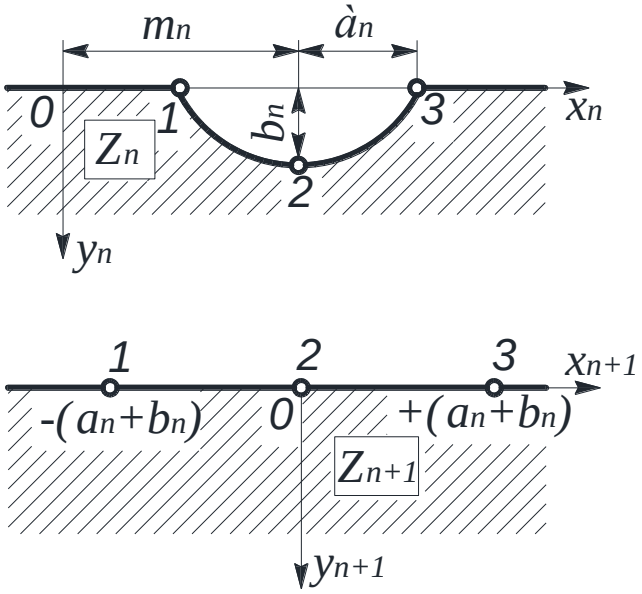


Рисунок 1 – Схема подпертой фильтрации из земляных русел

Используя свойства элементарных конформных отображений, область с рядом вырезов произвольной формы можно последовательно преобразовать в эквивалентную ей более простую область без вырезов. При этом в случае применения последовательности элементарных отображений E_n параметры отдельных отображений определяются путем проведения стандартных полуэллипсов в каждом из n шагов, по крайней мере, через три надлежащим образом выбранные точки — A_n, B_n, C_n границы (рис. 2). Выбрав n достаточно большим, можно осуществить спрямление указанных вырезов с любой заданной степенью точности.

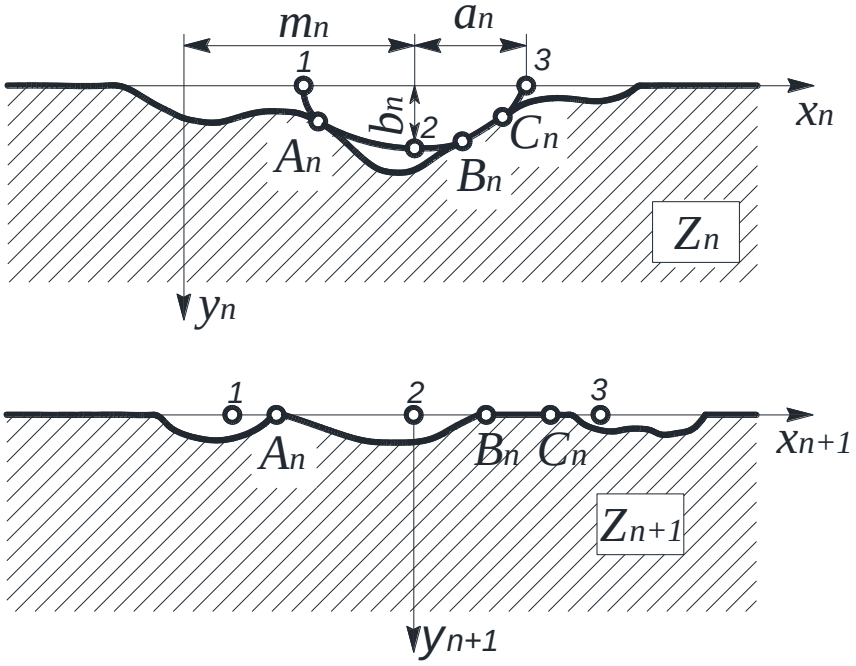


Рисунок 2 – Схема полуэллипсов выбранных точек — A_n, B_n, C_n

Непосредственное применение метода последовательных конформных отображений наиболее удобно для тех задач, в которых достаточно осуществить численное отображение и нет необходимости строить отображающую функцию в явном аналитическом виде. Так как отдельные элементарные отображения в методе последовательных конформных отображений производятся при помощи конечного числа элементарных действий, которые периодически повторяются и, следовательно, легко программируются.

Применение метода последовательных конформных отображений к различным классам задач имеет свои особенности. Нами этот вопрос рассмотрен применительно к решению задач подпертой фильтрации из земляных русел.

Как указывал В. В. Ведерников [5], данный фильтрационный процесс характерен большим разнообразием граничных условий и конфигураций областей фильтрации. В частности, источники (русла), водоупор и стоки (концевые и промежуточные) могут иметь самые разнообразные формы, геометрические размеры и различное взаимное расположение, что обусловливает существование ряда типов соответствующих задач. Поэтому свести различные области подпертой фильтрации из земляных русел к какой-либо одной канонической области, как, например, это сделано для свободной фильтрации из земляных русел [5, 12], являющейся более простым случаем безнапорной фильтрации, очень трудно. Очевидно, в данном случае следует идти по пути упрощения отдельных, наиболее общих и характерных для всех рассматриваемых задач участков границ. В результате получится не одна, а некоторое число областей, эквивалентных исходным, каждая из которых будет представлять определенный тип гораздо более сложных областей.

Учитывая возможности метода последовательных конформных отображений, а также то, что для условий подпертой фильтрации из земляных русел указанными участками являются главным образом русло и водоупор, нам кажется целесообразным с помощью этого метода упрощать (спрямлять) очертание русла и водоупора. При этом в качестве канонической области следует принять часть нижней полуплоскости, точки отрезка действительной оси которой являются точками смоченного периметра русла, а точки прямой, параллельной этой оси, — точками водоупора. Тем самым многие задачи подпертой фильтрации из земляных русел могут быть сведены к упомянутым выше частным случаям.

Исходя из сказанного, а также из общих свойств конформных отображений [1, 9], можно предложить следующую, состоящую из трех этапов методику решения соответствующих задач подпертой фильтрации из земляных русел.

1. Исходная область с произвольным очертанием русла и водоупора (рис. 3, *а)* при помощи метода последовательных конформных отображений заменяется эквивалентной ей областью с руслом нулевой глубины и прямолинейным горизонтальным водоупором.

Для этого на линиях смоченного периметра русла и водоупора намечаем ряд характерных точек. Применяя упомянутые выше последовательности элементарных конформных отображений, добиваемся того, чтобы точки смоченного периметра русла перешли в точки действительной оси нижней полуплоскости. Контур водоупора при этом несколько деформируется (рис. 3, б).

Далее приступаем к спрямлению водоупора. Для этого в полуденной в результате спрямления русла области через точку водопора имеющую наибольшую ординату, проводим новую действительную ось, параллельную прежней. Выполняя действия, аналогичные описанным для спрямления русла, находим последовательности Отображений, которые переводят точки водоупора в точки новой действительной оси. Спрямленный ранее контур русла при этом несколько деформируется.

После этого аналогичным образом снова приступаем к спрямлению русла и затем водоупора. Продолжая данный процесс, можем исходную область фильтрации конформно отобразить на верхнюю часть нижней полуплоскости так, чтобы линия смоченного периметра русла с любой степенью точности перешла в отрезок действительной оси этой

полуплоскости, а линия водоупора — в прямую, параллельную действительной оси (рис. 3, *в)*.

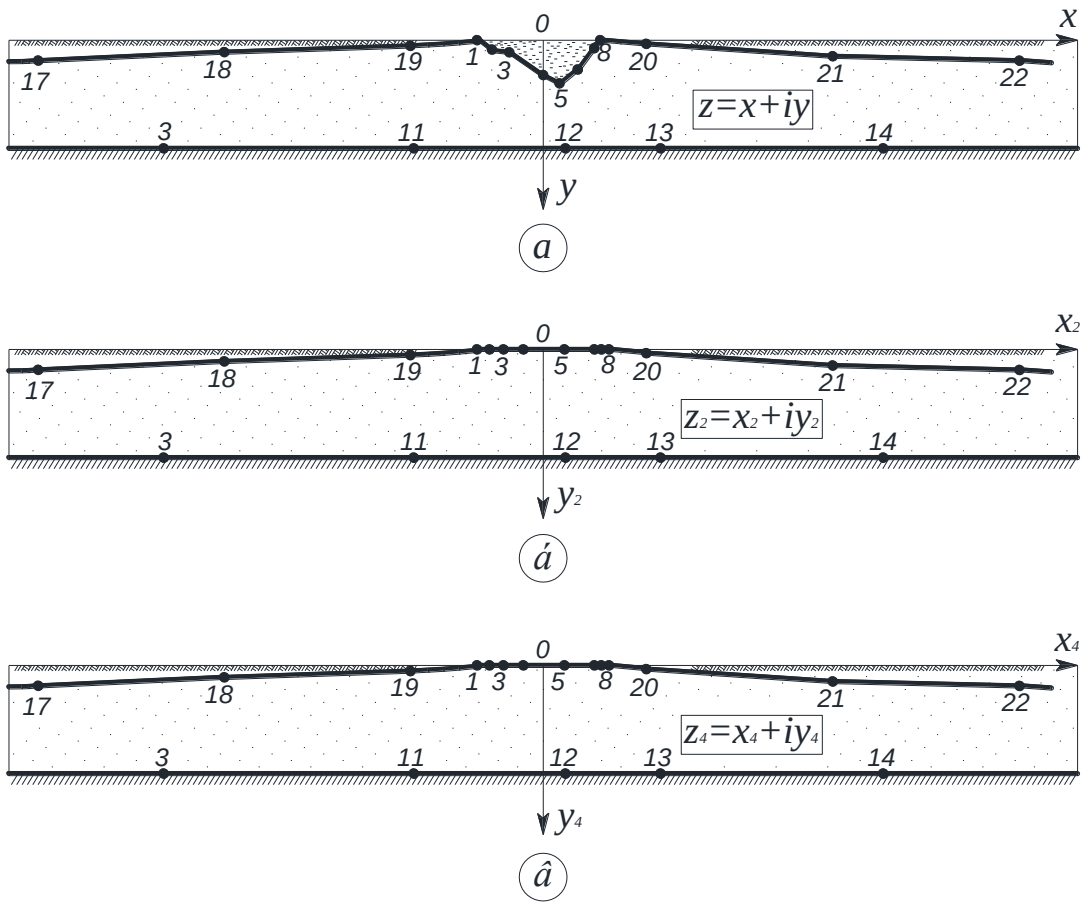


Рисунок 3 – Схема очертаний русла и водоупора при помощи метода последовательных конформных отображений

2. Определяются характеристики фильтрационного потока в полученной на первом этапе канонической области. Для этого необходимо достаточно точное соответствующее гидромеханическое решение.

В результате трудов отечественных и зарубежных ученых большинство задач подпертой фильтрации из земляных русел в условиях канонической области имеет указанные решения [5, 7 – 8, 13]. Для тех же задач, которые в силу различных обстоятельств еще не имеют решений, получить их по указанным выше причинам будет несравненно легче, чем для соответствующих им более общих случаев.

Значения характеристик фильтрационного потока, найденные в определенных точках канонической области, будут равны значениям аналогичных характеристик в соответствующих точках исходной области (вследствие эквивалентности обеих областей). Поэтому, решая задачу в канонической области, мы тем самым решаем задачу и в исходной.

Следует подчеркнуть, что весь ход решения на втором этапе не зависит от формы исходной области и выполняется для соответствующего случая в принятой канонической области одним и тем же гидромеханическим методом.

3. Депрессионная кривая переносится из канонической области в исходную. Для этого намечаем на депрессионной кривой ряд характерных точек. Затем, применяя последовательность элементарных конформных отображений, обратные применяемым на первом этапе, и используя при этом все найденные тогда параметры, находим координаты соответствующих точек депрессионной кривой в исходной области.

ной области.

Как следует из сказанного, точность решения указанных задач зависит в основном от точности метода последовательных конформных отображений (первый и третий этапы решения) и от точности соответствующего гидромеханического решения в канонической области (второй этап решения). Поскольку метод последовательных конформных отображений может дать любую заданную степень точности [9, 10], а точность гидромеханических решений упомянутых частных случаев обычно весьма высока, при решении многих задач подпертой фильтрации из земляных русел с применением этого метода можно получить достаточную для практики точность [1, 9, 14].

Рассмотрим сравнительно простой пример применения предлагаемой методики. Из русла произвольной формы происходит подпертая фильтрация в однородный грунт, подстилаемый водоупором (рис. 3). Очертание русла и водоупора задано координатами их характерных точек (табл. 1). Коэффициент фильтрации водопроницаемой толщи k = 1 м/сутки. В точках, удаленных на расстояние 50 м от каждого из урезов, депрессионная кривая имеет ординаты y = 2,5 м.

Предполагая, что принятые условия по длине русла не изменяются, задачу рассматриваем как плоскую. Движение считаем стационарным, потенциальным, подчиняющимся закону Дарси и происходящим при следующих граничных условиях:

на смоченном периметре русла, $\varphi = const$ (φ — потенциал скорости);

на депрессионной кривой, $\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0$, $\psi = const$, $h = -y$

где (φ — функция тока, h — напор, y — ордината точки на депрессионной кривой, n — направление нормали к линии тока);

на водоупоре, $\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0$, $\psi = const$.

Поскольку поставленная конкретная задача подпертой фильтрации из земляных русел не имеет в настоящее время прямого гидромеханического решения, применяем для ее решения изложенную выше методику (рис. 3).

Таблица 1 – Результаты преобразований координат заданных точек

Отображения	Области	Координаты	Координаты точек на депрессионной кривой														
			смоченном периметре								на водоупоре						
			1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*
E_1	z	x	-2.40	-1.60	-0.80	0	0.80	1.60	2.00	2.40	-52.40	-18.00	-5.55	0.79	6.93	18.0	52.40
		y	0	0.40	0.51	1.20	1.60	1.00	0.30	0	5.60	5.60	5.66	5.85	5.65	5.60	5.60
E_2	z_1	x_1	-2.93	-1.96	-0.98	0	0.90	1.84	2.45	1.95	-52.42	-18.04	-5.63	0.80	6.99	18.04	52.41
		y_1	0	0	0	0.79	1.26	0.68	0	0	5.60	5.59	5.59	5.72	5.60	5.59	5.60
E_3	z_2	x_2	-3.33	-2.49	-1.77	-0.99	0.91	2.91	3.39	3.67	-52.44	-18.11	-5.75	0.89	7.13	18.12	52.44
		y_2	0	0	0	0	0	0	0	0	5.60	5.57	5.48	5.46	5.47	5.56	5.60
	z_3	x_3	-3.35	-2.51	-1.79	-1.00	0.91	2.93	3.40	3.69	-52.45	-18.17	-5.82	0.80	7.20	18.18	52.46
E_4		y_3	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0	0	0	0	0	0	0
	z_4	x_4	-3.38	-2.53	-1.81	-1.01	0.91	2.94	3.42	3.71	-52.46	-18.20	-5.85	0.80	7.22	18.22	52.47
		y_4	0	0	0	0	0	0	0	0	5.60	5.58	5.54	5.53	5.54	5.58	5.60

1. Методом последовательных конформных отображений заданную область фильтрации z с довольно сложным очертанием русла и водоупора заменяем эквивалентной ей канонической областью z_4. Для этого выполняем четыре последовательных отображения — E_1, E_2, E_3 и E_4. Отображениями E_1 и E_2 спрямляем смоченный периметр русла, отображением E_3 — водоупор и отображением E_4 — несколько деформированный при отображении E_3 смоченный периметр русла. Деформация водоупора при отображении E_4 ничтожно мала, и ею пренебрегаем.

2. На первом этапе поставленная задача свелась к частному случаю определенного типа аналогичных задач. Достаточно точное гидромеханическое решение данного частного случая было получено в работе [4]. Используя соответствующие формулы и методику, определяем поступающий из русла удельный фильтрационный расход q = 0,418 м^2/сутки и положение депрессионной кривой координаты которой приведены в табл. 2. Как следует из предыдущего, найденный для области z_4 фильтрационный расход равен фильтрационному расходу в исходной области z.

Результаты преобразований координат заданных точек в процессе указанных отображений приведены в табл. 1.

Таблица 2 – Обратные отображения первого этапа

Отображения	Области	Координаты	Координаты точек на депрессионной кривой							
			16	***17***	***18***	***19***	***20***	***21***	***22***	***23***
E_4^{-1}	z_4	x_4	-52.47	-24,60	- 15,36	-6,30	6,63	15,69	24,93	52,47
		y_4	2,50	1,00	0,60	0,23	0,23	0,60	1,00	2,50
E_3^{-1}	z_3	x_3	-52,46	-24,58	-15,31	-6,25	6,59	15,63	24,90	52,46
		y_3	2,50	1,00	0,60	0,31	0,31	0,60	1,00	2,50
E_2^{-1}	z_2	x_2	-52,44	-24.54	-15,26	-6.21	6,55	15,57	24,86	52,44
		y_2	2,50	0,99	0,58	0,23	0,23	0,57	0,99	2,50
E_1^{-1}	z_1	x_1	-52,41	-24,48	-15,16	-5,99	6,27	15,47	24,80	52,46
		y_1	2,50	1,00	0,58	0,24	0,24	0,58	1,00	2,50
	z	x	-52,40	-24,45	-15,11	-5,85	6,13	15,41	24,76	52,40
		y	2,50	1,00	0,58	0,24	0,24	0,58	1,00	2,50

3. Положение депрессионной кривой в исходной области определяем, пользуясь отображениями E_4^{-1}, E_3^{-1}, E_2^{-1} и E_1^{-1}, — обратные отображениями первого этапа. Результаты соответствующих вычислений приведены в табл. 2.

Заключение

На основании изложенного можно утверждать, что практически во всех имеющихся в настоящее время гидромеханических методов расчета подпертой фильтрации из земляных русел, чтобы избежать дополнительных математических трудностей, не учитываются такие факторы, как глубина и форма русла, а также сложное очертание водоупора.

Предлагаемая методика расчета подпертой фильтрации из земляных русел позволяет учесть указанные факторы, а полученные гидромеханические решения позволяет практически любую односвязную область отобразить на нижнюю полуплоскость с любой степенью точности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Фильчаков П.Ф. Теория фильтрации под гидротехническими сооружениями. Киев: Изд-во АН УССР. 1959-1960. 2 т.; Т. 1. 1959. 308 с.

2. Нельсон-Скорняков Ф.Б. Фильтрация в однородной среде. Москва: Советская наука, 1949. 568 с.

3. Укрупненная типизация взвешенных наносов для оценки транспортирующей способности напорного потока / А.Б. Балкизов, А.С. Сасиков, А.А. Анахаев и др. // Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации

сельскохозяйственного производства. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2023. С. 19-23.

4. Аравин В.И., Нумеров С.Н. Фильтрационные расчеты гидротехнических сооружений. Москва-Ленинград: Госстройиздат, 1955. 292 с.

5. Сольский С.В., Ладенко С.Ю. Проектирование водохозяйственных систем: гидроузлы и водохранилища. СПб.: Изд-во «Лань», 2023. 280 с.

6. Курбанов С.О., Созаев А.А., Жемгуразов С.М. Оценка влияния низконапорных водохранилищных гидроузлов на окружающую среду // Инженерный вестник Дона. 2019. № 4. С. 52.

7. Фильчаков П.Ф. Численные и графические методы прикладной математики: справочник. Киев: Наукова думка, 1970. 791 с.

8. Нумеров С.Н. Фильтрационные расчеты гидротехнических сооружений. Ленинград: Изд-во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1947. 226 с.

9. Фильчаков П.Ф. Приближенные методы конформных отображений: справочное руководство. Киев: Наукова думка, 1964. 531 с.

10. Влияние крепления откосов на пропускную способность каналов / А.Б. Балкизов, А.С. Сасиков, В.А. Балкизов, Т.А. Сасиков // Роль науки и технологий в обеспечении устойчивого развития АПК: материалы IX международной научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки РФ и КБР Б.Х. Жерукова. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2021. С. 278-283

11. Созаев А.А., Курбанов С.О. Влияния малых ГЭС и гидроузлов на окружающую среду. Экономические, био-технико-технологические аспекты устойчивого сельского развития в условиях цифровой трансформации: материалы Седьмой международной научно-практической конференции памяти профессора Б.Х. Жерукова. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2019. С. 129-134.

12. Расчет пространственной фильтрации воды к горизонтальной дрене конечной длины в однородном потоке / Б.Х. Амшоков, Т.А. Сасиков, А.А. Анахаев и др. // Инженерный вестник Дона. 2024. № 5. С. 271-282.

13. Кокоев М.Н. О гидроэнергетических проблемах Кабардино-Балкарии // Материалы 2-ой Международной НТК. Краснодар, 2009. С. 76-79

14. Усовершенствованный способ борьбы с влекомыми наносам / М.Н. Кокоев, В.М. Казиев, А.С. Сасиков и др. // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2024. Т. 10, № 3. С. 42-49.

15. Цюй Сине, Чжао Баоюй, Чжан Юесянь. Кавитация гидротехнических сооружений и гидротурбин: информационная справка (1964-1966 гг.). Ленинград: Изд-во ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1967. 83 с.

REFERENCES

1. Filchakov P.F. *Teoria fil'tracii pod gidrotekhnicheskimi sooruzhenijmi* [Theory of filtration under hydraulic structures]. Kiev: Izd-vo AN USSR. 1959-1960. 2 t.; T. 1. 1959. 308 p.

2. Nel'son-Skornyakov F.B. *Fil'tracia v odnorodnoj srede* [Filtration in a homogeneous medium]. Moscow: Sovetskya nauka, 1949. 568 p.

3. *Ukrupnennaya tipizaciya vzveshennyh nanosov dlya ocenki transportiruyushchej sposobnosti napornogo potoka* [Enlarged typing of suspended sediments for estimating the transport capacity of a pressure flow]. A.B. Balkizov, A.S. Sasikov, A.A. Anahaev i dr. *Innovacionnye resheniya v stroitel'stve, prirodoobustrojstve i mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva. Materialy III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Nal'chik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2023, pp. 19-23.

4. Aravin V.I., Numerov S.N. *Fil'tracionnye raschety gidrotekhnicheskih sooruzhenij* [Filtration calculations of hydraulic structures]. Moskva-Leningrad: Gosstrojizdat, 1955. 292 p.

5. Sol'skij S.V., Ladenko S.YU. Proektirovanie vodohozyajstvennyh sistem: gidrouzly i vodohranilishcha [Designing of water management systems: Hydrosystems and reservoirs]. SPb.: Izd-vo «Lan'», 2023. 280 p.

6. Kurbanov S.O., Sozaev A.A., Zhemgurazov S.M. *Ocenka vliyaniya nizkonapornyh vodohranilishchnyh gidrouzlov na okruzhayushchuyu sredu* [Assessment of the impact of low-pressure reservoir hydrosystems on the environment]. *Inzhenernyj vestnik Dona.* 2019. No. 4, p. 52.

7. Fil'chakov P.F. *Chislennye i graficheskie metody prikladnoj matematiki: spravochnik* [Numerical and graphical methods of applied mathematics: Reference book]. Kiev: Naukova dumka, 1970. 791 p.

8. Numerov S.N. *Fil'tracionnye raschety gidrotekhnicheskih sooruzhenij* [Filtration calculations of hydraulic structures]. Leningrad: Izd-vo VNIIG im. B.E. Vedeneeva, 1947. 226 p.

9. Fil'chakov P.F. *Priblizhennye metody konformnyh otobrazhenij: spravochnoe rukovodstvo* [Approximate methods of conformal mappings: Reference manual]. Kiev: Naukova Dumka, 1964. 531 p.

10. *Vliyanie krepleniya otkosov na propusknuyu sposobnost' kanalov* [Influence of slope fixing on channel capacity]. A.B. Balkizov, A.S. Sasikov, V.A. Balkizov, T.A. Sasikov. *Rol' nauki i tekhnologij v obespechenii ustojchivogo razvitiya APK: materialy IX mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj pamyati zasluzhennogo deyatelya nauki RF i KBR B.H. Zherukova*. Nal'chik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2021, pp. 278-283.

11. Sozaev A.A., Kurbanov C.O. *Vliyaniya malyh GES i gidrouzlov na okruzhayushchuyu sredu* [Influence of small HPPs and hydroelectric complexes on the environment]. *Ekonomicheskie, bio-tekhniko-tekhnologicheskie aspekty ustojchivogo sel'skogo razvitiya v usloviyah cifrovoj transformacii: materialy Sed'moj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii pamyati professora B.H. Zherukova*. Nal'chik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2019, pp. 129-134.

12. *Raschet prostranstvennoj fil'tracii vody k gorizontal'noj drene konechnoj dliny v odnorodnom potoke* [Calculation of spatial water filtration to a horizontal drain of finite length in a homogeneous flow]. B.H. Amshokov, T.A. Sasikov, A.A. Anahaev i dr. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2024. No. 5, pp. 271-282.

13. Kokoev M.N. O gidroenergeticheskih problemah Kabardino-Balkarii [About hydropower problems of Kabardino-Balkaria]. *Materialy 2-oj Mezhdunarodnoj NTK*. Krasnodar, 2009, pp. 76-79.

14. *Usovershenstvovannyj sposob bor'by s vlekomymi nanosam* [Improved method of controlling the embedded sediment]. M.N. Kokoev, V.M. Kaziev, A.S. Sasikov i dr. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii*. 2024. Vol. 10, No. 3, pp. 42-49.

15. Cyuj Sine, Chzhao Baoyuj, Chzhan Yuesyan'. *Kavitaciya gidrotekhnicheskih sooruzhenij i gidroturbin: informacionnaya spravka (1964-1966 gg.)* [Cavitation of hydraulic structures and hydraulic turbines: Information Reference. (1964-1966)]. Leningrad: Izd-vo VNIIG im. B.E. Vedeneeva, 1967. 83 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Кокоев Мухамед Нургалиевич – профессор, доктор технических наук, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный университет, (360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173), e-mail: kbagrostroy@yandex.ru.	Kokoev Mukhamed Nurgalievich – Prof., Dr. Sci. (Eng), Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kabardino-Balkarian State University, (360004, Russia, Nalchik, Chernyshevsky St., 173), e-mail: kbagrostroy@yandex.ru.
Казиев Валерий Михайлович – доцент, кандидат экономических наук, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, (360030, Россия, г. Нальчик, пр.	Kaziev Valery Mikhailovich – Assoc. Prof., Ph.D. (Econ), Kabardino-Balkarian State Agrarian University, (360030, Russia, Nalchik, Lenin Ave., 1b), e-mail: val-kaziev@mail.ru.

Ленина, 1в), e-mail: val-kaziev@mail.ru.	
Сасиков Анатолий Сергеевич – доцент, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, (360030, Россия, г. Нальчик, пр. Ленина, 1в), e-mail: rufus1972@mail.ru.	Sasikov Anatoly Sergeevich – Assoc. Prof., Ph.D. (Eng), Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kabardino-Balkarian State Agrarian University, (360030, Russia, Nalchik, Lenin Ave., 1v), e-mail: rufus1972@mail.ru.
Амшоков Батыр Хаширович – доцент, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, (360030, Россия, г. Нальчик, пр. Ленина, 1в), e-mail: ambat72@mail.ru.	Amshokov Batyr Khashirovych – Assoc. Prof., Ph.D. (Eng), Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kabardino-Balkarian State Agrarian University, (360030, Russia, Nalchik, Lenin Ave., 1v), e-mail: ambat72@mail.ru.
Сасиков Тамирлан Анатольевич – аспирант 1 курса, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, (360030, Россия, г. Нальчик, пр. Ленина, 1в), e-mail: sasikov.tamik@mail.ru.	Sasikov Tamirlan Anatolyevich – 1st year postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kabardino-Balkarian State Agrarian University, (360030, Russia, Nalchik, Lenin Ave., 1v), e-mail: sasikov.tamik@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 02.09.2024; одобрена после рецензирования 17.09.2024, принята к публикации 07.11.2024.
The article was submitted 02.09.2024; approved after reviewing 17.09.2024; accepted for publication 07.11.2024.