

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ КОНВЕКТИВНО-ДИФфуЗИОННОГО РАСТВОРЕНИЯ СОЛЕВОГО ПЛАСТА

Шамсуллоев Ш.А.^{1*}, Давлатшоев С.К.¹, Азизов З.Б.¹

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

*Адрес-корреспондент: E-mail: shamsulloev9292@mail.ru

Аннотация. В данной работе приведены результаты расчётов диффузионно-конвективного процесса и образования вследствие проточных щелей незаполненных грунтом для вариантов: при отсутствии защитных мероприятий солевого пласта, где формируется повышенная фильтрация воды в окружающих породах оголовка; при варианте произведённой инъекции оголовка пласта соли, понижающей коэффициент фильтрации; при проведении выщелачивания солей в пласте на глубину до 15 м и замене бетоном, где коэффициент фильтрации породы, окружающей пласт соли будет иметь минимальный коэффициент фильтрации.

Ключевые слова: конвекция, диффузия, солевой пласт, моделирование, защитные мероприятия, инъекция, фильтрация, выщелачивание, трещины.

Особенностью геологических условий участка створа Рогунской ГЭС является выход в основании плотины мощного пласта соли, приуроченного к тектоническому Ионахшскому разлому. Растворение каменной соли фильтрационным потоком может привести к недопустимым деформациям основания. Поэтому оценка возможной скорости растворения каменной соли и выбор экономичных защитных мероприятий относятся к главнейшим вопросам проектирования и строительства Рогунской ГЭС [1-5].

В данной работе приведены результаты расчётов диффузионно-конвективного процесса и образования, вследствие проточных щелей незаполненных грунтом для вариантов:

1. Когда отсутствуют защитные мероприятия пласта соли и коэффициент фильтрации окружающих пород оголовка составляет $K_f = 0,3$ м/сут.

2. Произведена инъекция оголовка пласта соли и коэффициент фильтрации доведён до $K_{\phi} = 0,03$ м/сут.

3. Произведено выщелачивание солей в пласте на глубину до 15 м и заменено бетоном, тогда как породы, окружающие пласт соли, будут иметь коэффициент фильтрации $K_{\phi} = 0,003$ м/сут.

Также приведён анализ результатов исследований, проведённых ранее, и на основании новых данных по водопроницаемости пород на участке Ионахшского разлома дано заключение о количестве рассола в условиях подачи его в закольцованный ряд напорных скважин без устройства в них дозаторов расхода; а затем рассмотрен вариант подачи рассола с учётом наличия таких дозаторов в подающих скважинах, позволяющих уменьшить количество рассола до необходимого для создания защиты.

Исследования и расчёты произведены в период работы строительной перемычки Рогунской ГЭС.

При проведении исследований и расчётов были использованы следующие проектные материалы: чертежи № 1079 - 10 - 62; 1079 - 10 - 20 ОРП л. 1, 1079 - 10 - 49; 1079 - 10 - 33, приведённые в работе схематичные геолого-литологические разрезы района Рогунской ГЭС с расположением скважин солевой защиты, взятые из указанных выше материалов.

Коэффициенты фильтрации пород приняты из технического проекта, при этом водоупорный слой с наиболее низкой проницаемостью принят с $K_{\phi} = 0,003$ м/сут, а породы верхних слоёв района

оголовка соли с учётом цементации $K_{\phi} = 0,03$ м/сут (удельное водопоглощение 0,03 л/мин), без цементации - $K_{\phi} = 0,3$ м/сут.

Конвективно-диффузионное растворение оголовка солевого пласта (1 стадия). Произведём расчёт размыва соли без образования трещин в контакте соли и вмещающих пород. Процесс растворения соли пласта происходит в границах контакта с пресными водами с быстрым насыщением фильтрационного потока до предельной концентрации, которая оценивается для каменной соли в 300 - 360 г/л.

Отвод солей, перешедших в раствор, происходит как в результате молекулярной диффузии, так и путём конвекции, т.е. фильтрационным потоком.

Расчёты и прогнозирование размыва пласта с учётом конвективно-диффузионного процесса выполнялись по методике [6], где за основу взята современная теория растворения солей и диффузионных процессов в фильтрационных потоках через естественные горные породы, основывающаяся на законе Фика.

По этой методике уравнение конвективной диффузии в зоне пласта соли приобретает вид [6, 7]:

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - V_x \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

Приведём расчётную схему конвективно-диффузионного растворения оголовка солевого пласта.

Принимая краевые условия для нижней и верхней граней:

$$y = 0, C = C_H, X = 0, C = 0, y = \infty, \frac{\partial C}{\partial y} = 0$$

и для оголовка: $y = 0, C = C_H, X = 0, C = 0, y = h, C = 0$, получим для обоих случаев расчётные формулы расхода соли (q)

и толщины растворённого слоя (B_x) в рассматриваемой точке [6, 7]:

$$q = \Delta C \sqrt{\frac{D V_x}{\pi x}} \quad (2)$$

$$B_x = \frac{T \Delta C}{\gamma_c} \sqrt{\frac{D V_x}{\pi x}} \quad (3)$$

где, ΔC - разница концентрации от начального до предельного насыщения (т/м³),

D - коэффициент диффузии

$$D = 10^{-5} \text{ см}^2/\text{сек} \approx 8,64 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{сут}$$

γ_c - удельный вес соли (2,2 т/м³),

x - расстояние по плоскости размыва от начала отсчёта до рассматриваемой точки (м),

T - время в сутках.

Толщина растворённого слоя на нижней грани солевого пласта определялась по формуле (3). Градиенты потока приняты равными 0,1 (рисунок 1) для горизонта воды верхнего бьефа 1015 м, а для нижнего 987,0 м. При этом рассматривались три варианта работы перемычки:

1. Защитные мероприятия у оголовка соли отсутствуют, тогда коэффициент фильтрации у оголовка можно принять по таблице приложения 1 $K_{\phi} = 0,3$ м/сут.

2. Сделана инъекция в районе оголовка соли и коэффициент фильтрации уменьшен на порядок ($K_{\phi} = 0,03$ м/сут).

3. Соль выщелачивается на глубину до 15 м и заменена инертным материалом, например, бетоном. В этом случае пласт оказывается, в лучшем случае, залегающим в породах с коэффициентом фильтрации - $K_{\phi} = 0,003$ м/сут.

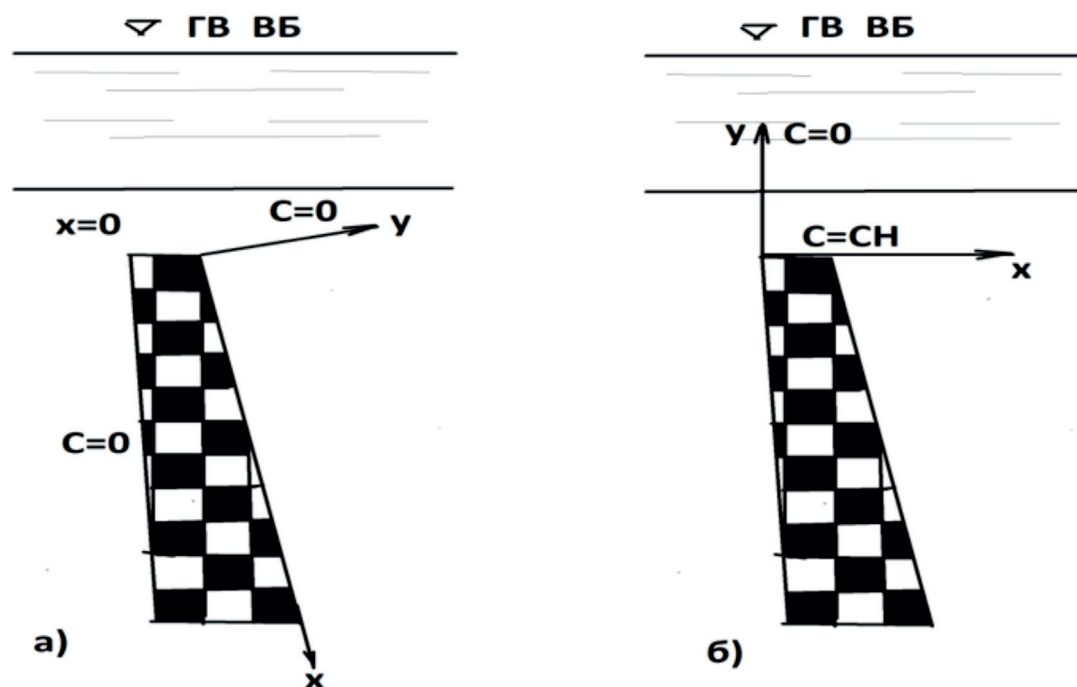


Рисунок 1. Расчётная схема конвективно-диффузионного растворения оголовка солевого пласта: а) верховая и низовая грани, б) оголовок

Для всех трёх вариантов приведены результаты расчёта растворения по длине пласта соли в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчёта растворения по длине пласта соли для всех трёх вариантов

№ вариантов	T (год)	X=1 м	X=1 м	X=1 м
1	Защитные мероприятия отсутствуют: Кф = 0,3 м/сут; J = 0,1; Vx = 0,03 м/сут			
	0,33	0,018	0,0056	0,0018
	0,67	0,036	0,0113	0,0036
	1,0	0,054	0,0169	0,0054
2	Защитные мероприятия отсутствуют: Кф = 0,03 м/сут; J = 0,1; Vx = 0,003 м/сут			
	0,33	0,0056 м	0,0018 м	0,00056 м
	0,67	0,0113 м	0,0036 м	0,00112 м
	1,0	0,0169 м	0,0054 м	0,00168 м
3	Защитные мероприятия отсутствуют: Кф = 0,003 м/сут; J = 0,1; Vx = 0,0003 м/сут			
	0,33	0,0018	0,00057	0,00018
	0,67	0,0036	0,00113	0,00036
	1,0	0,0054	0,0018	0,00054

В первой стадии выщелачивания в условиях конвективной диффузии размыв пласта соли происходит относительно медленно, но уже при второй стадии, когда проточная щель образовалась, процесс может интенсифицироваться, в связи с этим рассмотрим эту стадию.

Конвективно – диффузионное растворение пласта соли при условии образования трещин (2 стадия). Если предположить, что на контакте с солью образуется незаложённая грунтом трещина и имеющая свободный вход и выход в бьефах, то скорости фильтрации и интенсивность

растворения будут более значительными, наличие таких трещин наиболее вероятно на "оголовке", а также на верхних участках низовой и верховой граней солевого пласта.

На основании расчётов по таблице 1 ширина раскрытия трещины на контакте с солью $B_x \geq 0,0005 \text{ м} = 0,5 \text{ мм}$ при градиенте потока $J = 0,1$ образуется на всём расстоянии 100 м от входа потока за время, определяемое по формуле (2), причём в случаях [6, 8]:

1. Отсутствие мероприятия у оголовка соли

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot x}}} = \frac{0,0005 \cdot 2,2}{0,36 \sqrt{\frac{8,64 \cdot 10^{-5} \cdot 0,03}{3,14 \cdot 100}}} = 33 \text{ сут}$$

2. Если произведена инъекция пород у оголовка соли

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot x}}} = 106,1 \text{ сут}$$

3. При выщелачивании соли в пласте на глубину до 15 м и замене бетоном

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot x}}} = 336 \text{ сут}$$

Скорости движения жидкости в трещине скальных пород описываются уравнениями /л.5/ для ламинарного режима ($R_e < R_{e \text{ кр}}$)

$$V_{\text{тр}} = \frac{g \cdot b^2 \cdot J}{12\nu(1 + \frac{A}{b})} \quad (4)$$

для турбулентного режима ($R_e < R_{e \text{ кр}}$)

$$V_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{g \cdot b \cdot J}{0,01(1 + \frac{B}{b})}} \quad (5)$$

где, $J = 0,1$ - средний градиент движения потока по трещине;

$m = 1,0$ - ширина трещины пласта;

A и B - гидравлические параметры шероховатости, $0 \leq A \leq 1 \text{ см}$, $0 \leq B \leq 6,8 \text{ см}$;

b - раскрытие трещин;

g - ускорение свободного падения, $\text{м}^2/\text{сек}$;

ν - коэффициент кинематической вязкости жидкости

$$\nu = 0,0131 \text{ см}^2/\text{сек} = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек}.$$

Режим движения потока в трещинах устанавливают путём сопоставления фактического числа Рейнольдса с "критическим" числом Рейнольдса, критическое число определяется по формуле В.Н. Жиленкова [6 - 8].

$$R_{e \text{ кр}} = 600 \frac{b + A}{b + B} \quad (6)$$

а фактическое число Рейнольдса [6 - 8]

$$R_e = \frac{V \cdot R}{\nu} = \frac{V \cdot b}{2\nu} \quad (7)$$

где, V - фактическая скорость движения потока в трещине $\text{см}/\text{сек}$.

При прогнозировании размыва пласта соли учитывалось, что процесс этот прогрессирующий и величина раскрытия щели постоянно возрастает во времени.

Другими словами, методика расчёта размыва такова:

1. Задаёмся величиной раскрытия щели b_1 постоянной для данного отрезка времени t_1 .

2. Определяем скорость движения потока по щели $V_{\text{щ1}}$ по формуле (3.12) при раскрытии b_1 .

3. Определяем величину раскрытия трещин b_2 по формуле (3) с учётом скорости $V_{\text{щ1}}$.

4. Считая $b_2 = \text{const}$ для отрезка времени t_2 , определяем скорость движения потока по щели $V_{\text{щ2}}$ по формуле (4) или (5) в зависимости от режима фильтрации.

5. Определяем величину раскрытия трещин b_3 по формуле (3) с учётом скорости $V_{\text{щ2}}$ и т.д.

Расчёт размыва пласта соли по этой методике представлен в табличной форме (таблица 2).

Таблица 2. Результаты расчёта размыва пласта соли

Характеристика шероховатости поверхности стенок трещин	Гидравлический параметр, см		Начальное раскрытие трещин, м	T1 = 30 сут.				T2 = 30 сут.				T3 = 300 сут.			
	Ламинарный	Турбулентный		A=0	B=0	Q1 м³/сут	Vщ1 м/сут	b2 м	Q2 м³/сут	Vщ2 м/сут	b3 м	Q3 м³/сут	Vщ3 м/сут	b4 м	
Гладкие стенки	A=0	B=0	0,0005			0,675	1350	0,0946	2,4910-4	2,63105	1,32	1,3106	9,83105	25,5	
Практически гладкие стенки	A=0,02	B=0,003	0,0005			0,48	950	0,079	1,9104	2,41105	1,26	1,26106	9,62105	25,25	
Средняя шероховатость	A=0,3	B=1,0	0,0005			0,096	192	0,0357	5,1103	1,43105	0,97	0,72105	7,46105	25,23	
Повышенная шероховатость	A=0,75	B=4,0	0,0005			0,040	84,3	0,0236	1,89105	0,8105	0,73	0,73106	4,45105	17,18	

Таблица 3. Результаты расчёта величины размыва пласта соли на расстоянии 100 м через 1 год

Варианты	Начальное раскрытие щели, м	T1 = 30 сут				T2 = 30 сут				T3 = 30 сут				ΣT = 360 сут			
		Q1 м³/сут	V1 м/сут	b2 м	Q2 м³/сут	V2 м/сут	b3 м	Q3 м³/сут	V2 м/сут	b4 м	V2 м/сут	Q3 м³/сут	b4 м	Σb м			
1. При отсутствии защитных мероприятий	0,00321	176	54829	0,603	176	290,3	0,044	176	290,3	0,42	270,7	176	0,42	1,07			
2. При инъекции пород оголовка соли	0,00158	21,2	13418	0,298	21,2	70,7	0,0217	21,2	70,7	0,209	66,0	21,2	0,209	0,53			
3. При выщелачивании солей в пласте на глубину 15 м	0,00094	4,5	4787	0,178	4,5	25,1	0,013	4,5	25,1	0,124	23,5	4,5	0,124	0,317			

Отметим, что все вышеприведённые расчёты размыва пласта соли (табл. 1 и 2) получены при допущении о свободном входе фильтрационного потока в щель, на 1 п. м. ширины щели пласта по его глубине, в точки находящиеся на расстоянии 100 м от входа потока в щель.

Рассмотрим случай образования трещины (щели), которая не имеет свободного входа в верхнем и выхода - в нижнем бьефах, используя следующую расчётную схему.

Допустим, что щель с раскрытием $0,0005 \text{ м} = 0,5 \text{ мм}$ образовалась на оголовке соли на длине вдоль пласта $L = 100 \text{ м}$.

Фильтрационный расход, приходящий к щели из верхнего бьефа через выщележащие породы, определится по формуле

$$Q = \frac{\pi k l^* \Delta H}{\ln \frac{2l}{d_{\text{пр}}}} \quad (9)$$

где, $l^* = 50 \text{ м}$ - длина водоприёмной и разгрузочной частей щели,

$\Delta H = 15 \text{ м}$ - превышающий напор между верхним бьефом и щелью, принимаемая потеря напора по щели не более 5 м,

l - расстояние от центра щели до пород с коэффициентом фильтрации намного большим (хотя бы на порядок) по сравнению с коэффициентом фильтрации, окружающим щель, определяется по разрезу в зависимости от варианта защиты,

$d_{\text{пр}} = 1 \text{ м}$ - диаметр эквивалентного круглого отверстия, заменяющего щель шириной 2 м и раскрытием 0,5 мм.

Таким образом, расход, поступающий в щель, равен для вариантов:

1. В случае отсутствия защитных мероприятий

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot 0,3 \cdot 50,0 \cdot 1,5}{\ln \frac{2 \cdot 28,5}{1,0}} = 176 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot 0,03 \cdot 50,0 \cdot 1,5}{\ln \frac{2 \cdot 14}{1,0}} = 21,2 \text{ м}^3/\text{сут}$$

2. При инъекции пород оголовка пласта

3. При выщелачивании солей в пласте на глубину до 15 м и заполнении бетоном

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot 0,003 \cdot 50,0 \cdot 15}{\ln \frac{5}{1,0}} = 176 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Определим величину раскрытия щели, соответствующую данным расходам фильтрационного потока для каждого из вариантов:

1. В случае отсутствия защитных мероприятий:

$$b_1 = \sqrt[3]{\frac{120 \cdot Q_1}{f \cdot g \cdot 86400}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 1,31 \cdot 10^{-6} \cdot 176}{0,1 \cdot 9,81 \cdot 86400}} = 3,21 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,21 \text{ мм}$$

2. При инъекции пород оголовка пласта соли:

$$b_2 = 1,58 \cdot 10^{(-3)} \text{ м} = 1,58 \text{ мм}$$

3. При выщелачивании солей в пласте на глубину до 15 м и заполнением бетоном:

$$b_3 = 0,94 \cdot 10^{(-3)} \text{ м} = 0,94 \text{ мм}$$

Далее определим время t , для каждого из вариантов, за которое щель с раскрытием $0,0005 \text{ м} = 0,5 \text{ мм}$ превратится в щель с вышеопределёнными раскрытиями, при условии, что расход воды, идущий по щели, полностью насыщается до концентрации $0,36 \text{ г/л}$.

$$T_1 = \frac{b_1 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_1} = \frac{0,00321 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 176} = 0,01 \text{ сут,}$$

$$T_2 = \frac{b_2 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_2} = \frac{0,00158 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 21,2} = 0,046 \text{ сут,}$$

$$T_3 = \frac{b_3 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_3} = \frac{0,00094 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 4,5} = 0,128 \text{ сут.}$$

Дальнейшим расчётом определяем величину размыва соли в точке на расстоянии 100 м от входа потока в щели через 1 год (табл. 3).

Следует отметить тот факт, что работа верховой строительной переемычки по сравнению с работой плотины Рогунской ГЭС находится в более худших условиях, т.к. пласт каменной соли Ионахшского разлома соединяет собой верхний и ниж-

ний бьефы перемычки, чего не наблюдается для плотины Рогунской ГЭС.

Данные расчёты еще раз подтверждают необходимость создания защитных мероприятий в основании перемычки и плотины.

Выводы

1. При образовании трещин, не заполненных грунтом, и, имеющих свободные вход и выход в верхнем и нижнем бьефах, интенсивность растворения соли будет значительной (случай 1). Так, если трещина с раскрытием в 0,5 мм образуется примерно через 3,5 месяца, то ещё за 1 месяц она превратится в щель с раскрытием $b = 2,36$ см за следующий месяц $b = 0,73$ м, а через год толщина растворённого пласта теоретически составит 17,18 м; в точке на расстоянии 100 м от входа потока в трещину.

2. При отсутствии у образовавшейся трещины с раскрытием 0,5 мм свободного входа и выхода для фильтрационного потока (случай 2) процесс размыва будет затухающим во времени. Однако, через 1 год на расстоянии 100 м от входа потока в трещину величина раскрытия (b) составит для вариантов проведения защитных мероприятий по пласту соли: при отсутствии защитных мероприятий $b_1 = 1,07$ м.; при инъекции цементным раствором пород, окружающих оголовки соли: $b_2 = 0,53$ м.; при выщелачивании солей из пласта на глубину 15 м от оголовка $b_3 = 0,32$ м, что также может привести к необратимым и недопустимым деформациям основания сооружений.

3. Расчёты, проведённые на основе математического моделирования по растворению оголовка солевого пласта, еще раз подтверждают необходимость создания защитных противосуффозионных инже-

нерных мероприятий в виде уплотнительной и козырьковой цементации оголовка солевого пласта.

Литература

1. Давлатшоев С.К. Исследование водопроницаемости породы в участке солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, Н.В. Леонидова // Известия Академии наук РТ, Отделение физико – математических, химических, геологических и технических наук. – Душанбе, 2008. №1(130). – С.58-64.
2. Давлатшоев С.К. Гидрогеохимические особенности зоны солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, Н.В. Леонидова // Вестник Технического университета. – Душанбе, 2008. №3. – С. 9-11.
3. Давлатшоев С.К. Гидрогеохимический мониторинг в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров – Душанбе: Ирфон., 2017. 236 с.
4. Давлатшоев С.К. Система защиты солевого пласта плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // IX Всеросс. н.-практ. конф. «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы». – Воронеж: ВФ ИПСА ГПС МЧС России, 2018. – С. 135 – 138.
5. Давлатшоев С.К. Система мониторинга защиты солевого пласта основания плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Пожарная и аварийная безопасность. Сборник материалов XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Году культуры безопасности. Иваново, 2018. С. 25-27.
6. Технический отчёт по теме «Исследования методом ЭГДА мероприятий по защите пласта соли (промежуточный)». №1079-34-T141, Ташкент, 1990. - 26 с.
7. Технический отчёт по теме «Лабораторные работы на моделях ЭГДА по проблемам солезащиты (промежуточный)». №1079-34-T441, Ташкент, 1990. -31 с.
8. Технический отчёт по теме «Лабораторные работы на моделях ЭГДА по проблемам солезащиты». Раздел: «Исследование для горизонта 1055,0». №1079-34-T537, Ташкент, 1991. -45 с.

АМСИЛАИ МАТЕМАТИКИИ ШИДДАТИ МАҲЛУЛШАВИИ КОНВЕКТИВӢ-ДИФФУЗИОНИИ ҚАБАТИ НАМАК

Шамсуллоев Ш.А.^{1,*}, Давлатшоев С.К.¹, Азизов З.Б.¹

¹Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

*Муаллифи масъул. E-mail: shamsulloev9292@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар мақола натиҷаҳои ҳисобкунии раванди конвективӣ-диффузионӣ ва ташаққули минбаъдаи тарқишҳои чараёнӣ, ки бо ҳок пур нашудаанд, барои вариантҳои зерин оварда шудаанд: дар сураати мавҷуд набудани тадбирҳои ҳифзи қабати намак, ки дар он ҷолоиҳои об дар атрофи чинсҳо ба амал меояд; дар сураати инексия дар сарғаҳи намак коэффитсиенти ҷолоиш кам мешавад; хангоми ҳосил намулдани шустаишавии намакҳо дар қабат ба чуқурии 15 м ва бо бетон иваз кардан, ки дар он коэффитсиенти ҷолоиш чинсҳои атрофи қабати намак то қимати минималӣ кам карда мешавад.

Калидвожаҳо: конвексия, диффузия, қабати намак, амсиласозӣ, чораҳои муҳофизатӣ, инексия, ҷолоиш, шустаишавӣ, тарқишҳо.

MATHEMATICAL MODELING OF THE INTENSITY OF CONVECTIVE-DIFFUSION DISSOLUTION OF A SALT LAYER

Shamsulloev Sh.A.^{1,*}, Davlatshoev S.K.¹, Azizov Z.B.¹

¹Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

*Corresponding author. E-mail: shamsulloev9292@mail.ru

Abstract. This paper presents the results of calculations of the diffusion-convective process and the subsequent formation of flow cracks unfilled with soil for the following options: in the absence of protective measures for the salt formation, where increased water filtration is formed in the surrounding rocks of the cap; in the case of producing an injection of the head of the salt layer, a decreasing filtration coefficient; in the production of leaching of salts in the layer to a depth of 15 m and replacement with concrete, where the filtration coefficient of the rock surrounding the salt formation will have a minimum filtration coefficient.

Key words: convection, diffusion, salt formation, modeling, protective measures, injection, filtration, leaching, cracks.

Сведения об авторах: Шамсуллоев Шодмон Абдуллоевич – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, shamsulloev9292@mail.ru; Давлатшоев Саломат Каноатшоевич – к.т.н., доцент, заведующий лабораторией энергетики, ресурсо- и энергосбережения Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. тел. (+992 919604041), salomatda@list.ru; Азизов Зуршо Бобохонович – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ Таджикистана. Тел.: (+992) 98 581 8080, E-mail: zurshoa@gmail.com.

Маълумот оиди муаллифони: Шамсуллоев Шодмон Абдуллоевич – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. shamsulloev9292@mail.ru, Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич – н.и.т., дотсент, мудири озмоишгоҳи «Энергетика, захира- ва энергиясарфанамоӣ» -и Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. тел. (+992 919604041), salomatda@list.ru, Азизов Зуршо Бобохонович – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 98 581 80 80, E-mail: zursho_a@gmail.com.

Information about authors: Shamsulloev Shodmon Abdulloevich – applicant for the research, Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology, NAST Address: r. Dangara, s/s Korez, Dangarai bolo village, shamsulloev9292@mail.ru, Davlatshoev Salomat Kanoatshoevich - Ph.D., Head. Laboratory of Energy Resources and Energy Saving of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. tel. (+992 919604041), salomatda@list.ru; Azizov Zursho Bobokhonovich – researcher at the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Tel.: (+992) 98 581 8080, E-mail: zursho_a@gmail.com.