

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»

Кафедра «Природообустройства и водопользования»

Василенков С.В., Василенков В.Ф.

**Методические указания к лабораторным,
расчетно-графическим и научно-исследовательским
работам для студентов высших учебных заведений в
помощь изучения дисциплин
«Инженерная защита окружающей среды»,
«Основы градостроительства и планировка
населенных мест»**

Брянская область
2019 г.

УДК 504:626/627 (076)
ББК 20.18:38.77
В 19

Василенков, С. В. Методические указания к лабораторным, расчетно-графическим и научно-исследовательским работам для студентов высших учебных заведений в помощь изучению дисциплин «Инженерная защита окружающей среды», «Основы градостроительства и планировка населенных мест» / С. В. Василенков, В. Ф. Василенков. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – 44 с.

В методических указаниях рассмотрены вопросы охраны окружающей среды: экологического состояния прилегающих к водоему земель расчет пруда – накопителя, расчет загрязнения реки, подтопление населенных пунктов, расчеты выбросов вредных веществ в атмосферу, самоочищения воды от радионуклидов. Пособие составлено на основе учебника В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Д.В. Козлов «Водохозяйственная радиология» 2009 г.; монографии В.Ф. Василенков «Моделирование процессов стекания грунтовых вод с водосбора и методы расчетов сельскохозяйственного дренажа», 1995 г.

Рецензент: к.т.н. Ивченко Л.В.

Пособие предназначено для бакалавров обучающихся по направления «Природообустройство и водопользования» и «Землеустройство и кадастры».

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссии института Энергетики и Природопользования Брянского ГАУ, протокол №8 от 01 апреля 2019 года

Брянский ГАУ, 2019
С.В. Василенков, 2019
В.Ф. Василенков, 2019

Содержание

	Стр.
1. Лабораторная работа №1. Определение экологического состояния прилегающих к водоему земель.	4
2. РГР №2. Расчет пруда-накопителя.	13
3. РГР №3. Расчет загрязнения реки грунтовым и поверхностным стоком.	20
4. РГР №4. Расчет подтопления населенных пунктов.	25
5. РГР №5. Расчет впитывания внутриснежных вод в поглонительные элементы.	29
6. РГР №6. Пример расчета выбросов вредных веществ в атмосферу от котельных при использовании различных видов топлива.	32
7. НИРС. Самоочищение воды от радиоактивного загрязнения Cs^{137} и Sr^{90} в водоемах.	37

Лабораторная работа №1

Определение экологического состояния прилегающих к водоему земель

Цель работы. Изучение процесса фильтрации через глинистый, суглинистый экраны и песчаные грунты, иллюстрация закона Дарси, ознакомление с техникой проведения экспериментов на фильтрационных моделях.

Задание. Установить эффективность противофильтрационной одежды из суглинка для холостой части магистрального канала оросительной системы при следующих данных:

Длина участка магистрального канала $L = 4$ км

Расход канала нетто $Q_n = 9,9$ м³/сек

Размеры канала $h = 2,3$ м

$b = 5,3$ м

$\varphi = 2$

Коэффициент фильтрации грунта ложа канала $K_\phi = 6,2$ м/сут

Уровень грунтовых вод до постройки канала:

а) в створе канала или

б) на расстоянии $\ell = 640$ м

$\Delta = 6,7$ м

Максимальная глубина капиллярного поднятия $H_k = 1,5$ м

Требуется:

1. Определить величины фильтрационных потерь и КПД холостой части магистрального канала.

2. Определить в лабораторных условиях коэффициент фильтрации суглинка, который предполагается использовать для экрана.

Для этого:

а) замерить расход, фильтрующийся через экран q ;

б) замерить напоры выше экрана, под экраном и ниже в подстилающем грунте, построить эпюры распределения напоров и давлений вдоль потока;

в) определить потери напора и градиенты его при движении через экран и по подстилающему грунту;

г) определить коэффициенты фильтрации экрана K_1 и подстилающего грунта K_0 .

3. Определить снижение фильтрационных потерь и КПД канала в результате применения суглинистой одежды с коэффициентом фильтрации K_1 , определенным в лаборатории.

Толщину экрана принять: $\delta = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50$ см.

4. Установить эффективность противофильтрационных мероприятий, учитывая:

а) мелиоративное состояние прилегающих к каналу земель;

б) стоимость затрат на устройство одежды и экономию воды.

Принимать: стоимость осуществления экрана $S_{эк} = 2,5-3$ руб/м³,

стоимость воды $C_{\text{вод}} = 0,35 \text{ коп/м}^3, \Rightarrow 0,3-0,6 \text{ коп/м}^3$;

срок действия системы в году $T = 220 \text{ суток} \Rightarrow 210-250 \text{ сут.}$

Считать экономически целесообразным применение экрана при сроке окупаемости единовременных затрат в 10 лет.

I. Определение величины фильтрационных потерь и к.п.д. холостой части м.к. по формуле Аверьянова.

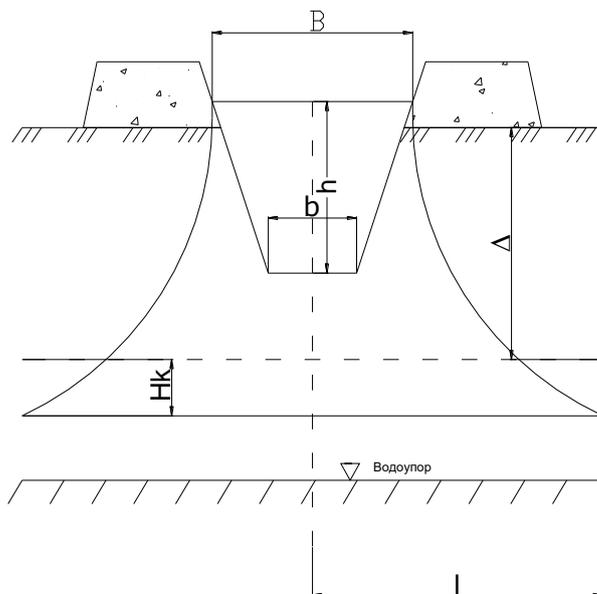


Рис. 1. Схема фильтрации из канала

Потери по формуле Аверьянова для подпертого режима:

$$Q = \alpha * K_b * (B + 2h) * (1 + (H_k / 2 * B)) \quad \text{м}^3/\text{сут на один погонный метр}$$

$$B = b + 2 * \varphi * h = 5,3 + 2 * 2 * 2,3 = 14,5 \text{ м}$$

K_b – коэффициент капиллярной проницаемости; м/сут

$$K_b = K_\phi * (W_1 - W_0 / n - W_0)^{3,5}$$

W_1 – полная влагоемкость с учетом защемленного воздуха (0,45);

K_ϕ – коэффициент фильтрации ложа канала;

W_0 – минимальная влагоемкость почвы для начала движения влаги в почве в жидкой форме (0,25);

n – пористость почвы (0,5);

α – коэффициент учитывающий влияние грунтовых вод;

$\alpha = f(\lambda'; \delta)$, определяют по графику (см. рис. 2).

$$\delta = \Delta / B = 6,7 / 14,5 = 0,46$$

$$\lambda' = 2\ell / B = 2 * 640 / 14,5 = 88,28$$

$$\alpha = 0,29$$

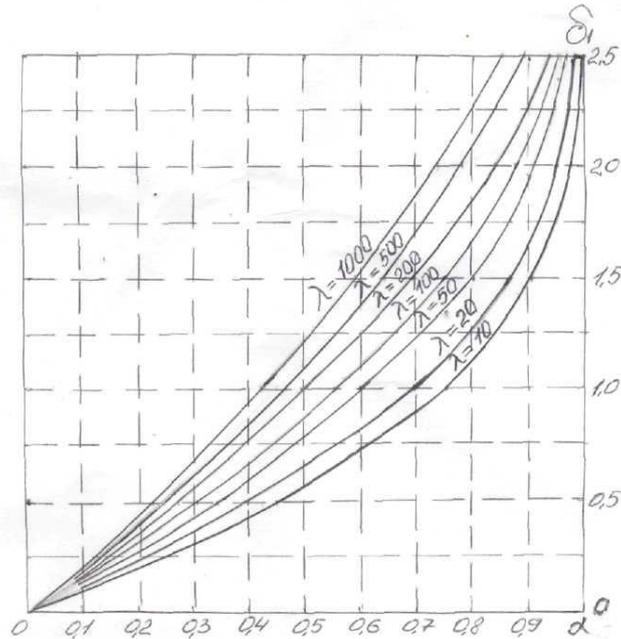


Рис. 2. Влияние уровня грунтовых вод на фильтрационный расход из канала при наличии испарения с поверхности грунтовых вод

$$K_b = 6,2 * ((0,45 - 0,25)/(0,5 - 0,25))^{3,5} = 2,84 \text{ м/сут};$$

$$Q = 0,29 * 2,84 * (14,5 + 2 * 2,3) * (1 + 1,5/2 * 14,5) = 16,54 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q = 0,00019 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$\sum Q = Q \cdot L$$

$$\sum Q = 0,00019 * 4000 = 0,76 \text{ м}^3/\text{с}$$

Определение КПД холостой части канала

$$\eta_{\text{МК}} = Q_{\text{н}}/Q_{\text{бр}} = Q_{\text{н}}/(Q_{\text{н}} + \sum Q) = 9,9/(9,9 + 0,76) = 0,93$$

$$\eta_{\text{МК}} = 1 - \sigma * L/100$$

σ – процент потерь на 1 км от расхода воды в конце канала

$$\sigma = (Q * 1000 / Q_{\text{н}}) * 100 = (0,00019 * 1000 / 9,9) * 100 = 1,92\%$$

$$\eta_{\text{МК}} = 1 - 1,92 * 4 / 100 = 0,93$$

II. Определить в лабораторных условиях коэффициент фильтрации суглинка, который предполагается использовать для экрана

Коэффициент фильтрации определяется с помощью прибора Дарси.

Прибор представляет собой вертикальный сосуд с сетчатым дном и металлическими стенками, шероховатыми внутри для предотвращения пристенной фильтрации. Сосуд наполнен исследуемыми грунтами; слой песка высотой $H_{п}$ и слой суглинка высотой $H_{скр}$.

Заполнение прибора водой производится промачиванием грунта снизу для вытеснения из него воздуха.

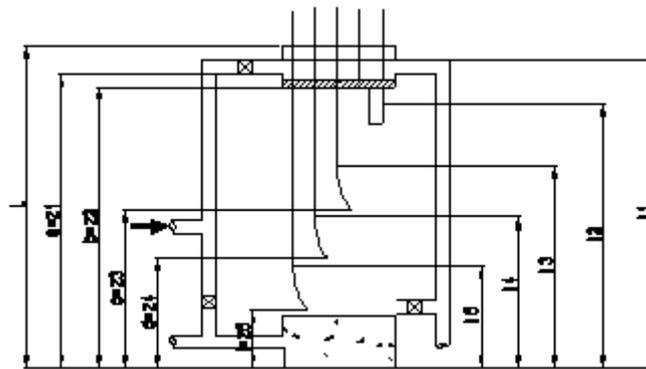


Рис. 3. Схема прибора Дарси

При работе прибора вода подается сверху, где поддерживается постоянный уровень и отводится снизу. Расход воды измеряется объемным способом, напоры по длине потока отсчитываются от дна прибора по пьезометрам, установленным по высоте прибора

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с устройством прибора, записать его номер, параметры: площадь сечения, отметки песка, суглинка, уровня воды, отметки установки пьезометров;

2. По пьезометру измерить напор h в различных точках потока. Подсчитать величины давления в каждой точке по формуле $p/\gamma = h - z$ где z – отметка установки пьезометра (таблица 1).

3. Падение напора в слое суглинка, и в песке определяется по разности показаний соответствующих пьезометров $\Delta h_{суг} = h_1 - h_2$ $\Delta h_{пес} = h_2 - h_5$.

Градиенты напора определяются по формуле, где длина пути фильтрации равна разности отметок установки соответствующих пьезометров

$$J_{суг} = \Delta h_{суг} / z_1 - z_2; J_{пес} = \Delta h_{пес} / z_2 - z_5$$

4. С трехкратной повторностью измерить мензуркой объем воды, вытекающий из прибора за определённые промежутки времени, засекаемые по секун-

домеру. Подсчитать расход воды. Скорость фильтрации определить по формуле, приняв средний из трех замеров расходов (таблица 2).

5. Рассчитать коэффициенты фильтрации суглинка и песка, выразив их в м/сут;

6. Построить и проанализировать эпюры напоров и давлений.

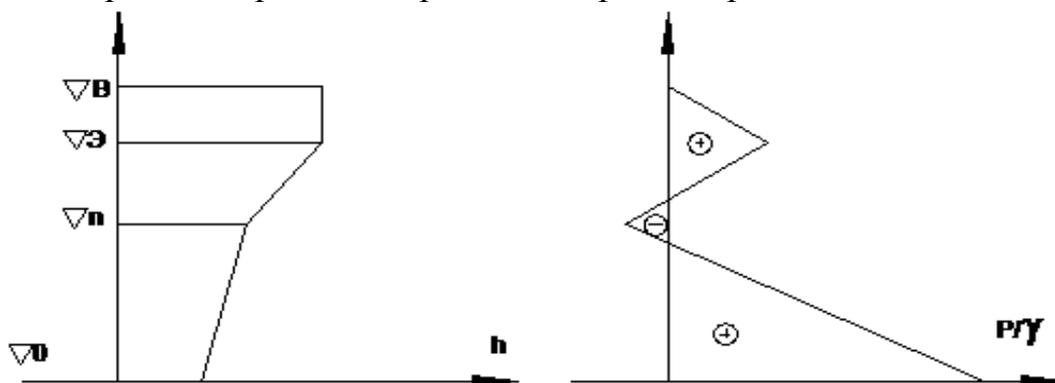


Рис. 4. Эпюры напоров и давлений в фильтрационном потоке

Характер эпюры напоров показывает, какое большое сопротивление фильтрации оказывает слой суглинка. В песке падение напора незначительное.

На эпюре давлений в верхнем слое воды давление распределяется пропорционально глубине. В слое суглинков при резком снижении напора эпюра переходит в отрицательную область. Под суглинистым экраном образуется вакуум, который объясняется большой разницей в проницаемости суглинков и песков. В слое песка давление распределяется пропорционально глубине. Коэффициенты фильтрации грунтов, полученные в лаборатории используется затем в упражнении «Определение эффективности противофильтрационных мероприятий на магистральном канале». Коэффициент K_f определяется на основе закона Дарси:

$$V = K \cdot J$$

где J – градиент напора.

V – скорость фильтрации

$$K_f = V/J$$

$$J = h_i - h_{i+1} / L$$

$h_i - h_{i+1}$ – разность напора по пьезометрам

Скорость фильтрационного потока определяется по формуле:

$$V = Q/\omega$$

Расход Q – измерить объемным способом (банкой, мензуркой).

Таблица 1. Определение напора и давления по пьезометрам

№ п.п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
h см	104,5	104,4	102,9	85,26	82,13	80,56	79,8	78,6	77	76,4	75,7	76,1	75,6	75,23	75,16	75,2
z см	104	101,4	99,1	98,12	99	97,3	95,8	92,8	82,9	72,7	65,9	52,3	41,8	31,4	23,6	12,3
$p/\gamma = h-z$	0,5	3	3,8	-12,86	-16,87	-16,74	-16	-14,2	-5,9	3,7	9,8	23,8	33,8	43,83	51,56	62,9

Таблица 2. Определение скорости и расхода фильтрационного потока

№ зам.	Продолжительность наблюдения t; сек	W см ³	Q = W/t см ³ /сек	V см/сек
1	120	120	1	0,004
2	120	120	1	0,004
3	120	110	0,92	0,003

$$V_{\phi} = V_{cp} = 0,0037 \text{ см/сек}$$

Площадь сечения прибора $\omega = 266 \text{ см}^2$

$$K_{\text{экр}} = V_{\phi}/J_{\text{суг}} = 0,0037/2,3 = 0,002 \text{ см/с} = 1,7 \text{ м/сут}$$

$$K_{\text{пес}} = V_{\phi}/J_{\text{пес}} = 0,0037/0,02 = 0,185 \text{ см/с} = 159,8 \text{ м/сут}$$

$$J_{\text{суг}} = h_1 - h_8/L_{\text{суг}} = 104,5 - 78,6/11,2 = 2,3$$

$$L_{\text{суг}} = Z_1 - Z_8$$

$$J_{\text{пес}} = h_8 - h_{16}/L_{\text{пес}} = 77 - 75/70,9 = 0,02$$

$$L_{\text{пес}} = Z_9 - Z_{16}$$

По данным таблицы 1 построить эпюры напора и давления (см. рис. 5).

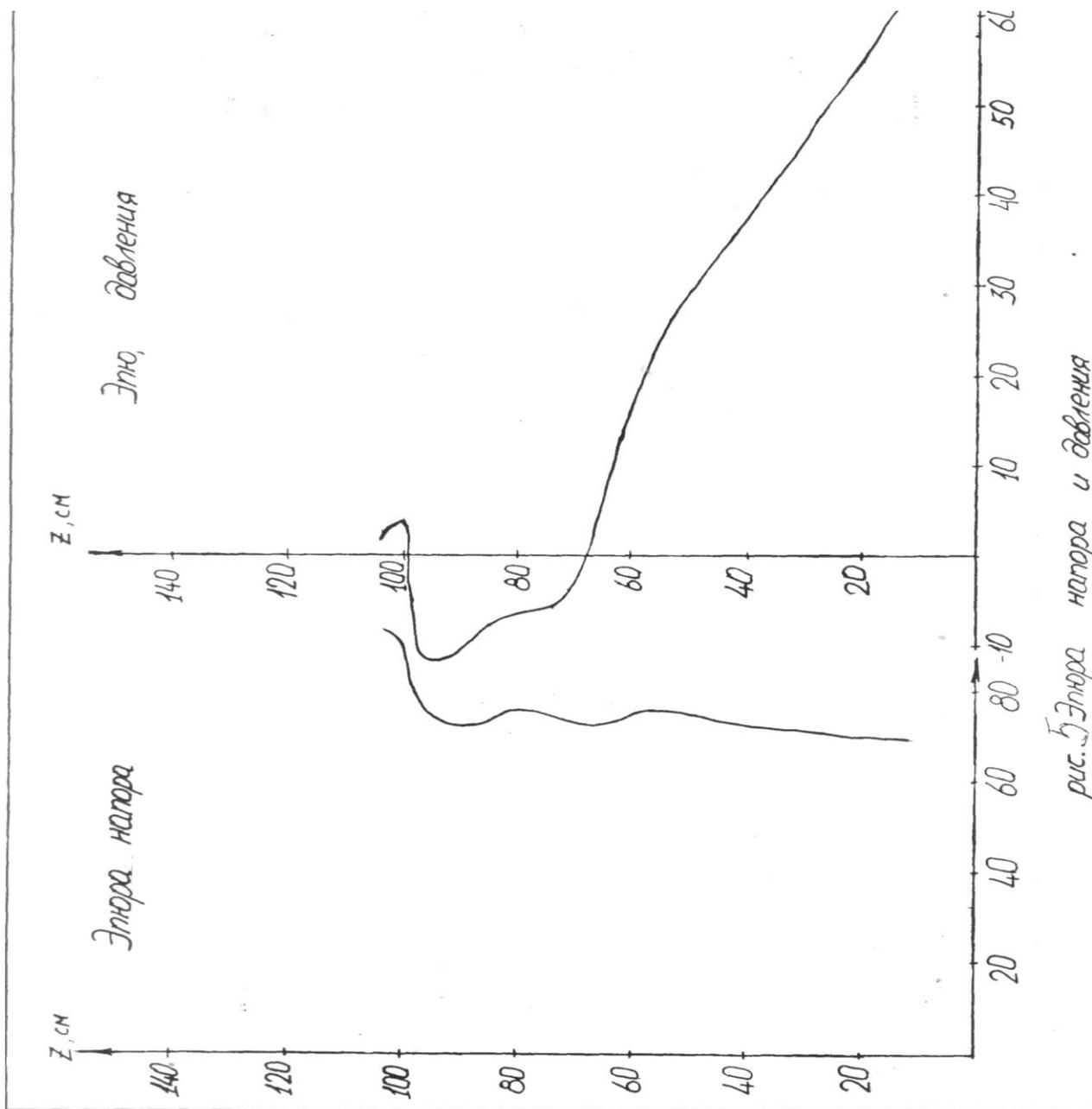


рис. 5 Эпюра напора и давления

Вывод: Эпюра напоров показывает, что при прохождении экрана, напор резко уменьшается, хотя длина пути мала (на расстоянии 11,2 см напор теряется на 25,9 см), через песок напор теряется на 3,6 см при $\ell = 80,8$ см, следовательно, данный суглинок можно использовать для экрана в первом приближении.

Эпюра давлений показывает, что при прохождении через экран давление фильтрационного потока уменьшается на столько, что становится отрицательным (-16 см), образуется вакуум, в дальнейшем давление снова возрастает, при прохождении потока через песок.

III. Определение снижения фильтрационных потерь и КПД канала в результате применения суглинистого экрана

Долю потерь оставшихся после экранирования определяют по формуле:

$$\beta = 1/(1+C*\delta)$$

$$C = A*((K_{\phi}/K_s)-1)/B$$

$$A = f(B/h)$$

Таблица 3. Определение значений A

B/h	A
6,3	2,7
6,9	2,78
7,0	2,8
8,0	3,0
8,5	3,2
9,0	3,5
5,0	2,5
3,6	2,3

$$B/h = 14,5/2,3 = 6,3 \Rightarrow A = 2,7$$

$$C = 2,7*((51,5/1,2)-1)/14,5 = 7,8$$

где $1 - \beta$ – доля сэкономленной воды после экранирования

Суточная экономия воды (m^3):

$$W_{\text{сут}} = (1 - \beta)\Sigma Q$$

Сезонную экономию воды можем найти по формуле (m^3):

$$W_{\text{сез}} = W_{\text{сут}} * t$$

где t – продолжительность работы канала в году 220 сут.

Найдем КПД канала после экранирования:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_{\text{МК}})\beta$$

$\eta_{\text{МК}}$ – находим в первом разделе

δ – толщина экрана

Таблица 4. Результаты расчетов

Δ	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
B	0,72	0,56	0,46	0,39	0,34	0,3	0,24	0,2
1-β	0,28	0,44	0,54	0,61	0,66	0,7	0,76	0,8
Wсут	18489,9	28771,2	35424	40003,2	43372,8	46051,2	49680	52272
Wсез	3882879	6041952	7439040	8400672	9108288	9670752	10432800	10977120
H	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99

$$C = 7,8$$

$$\sum Q = 0,76 \text{ м}^3/\text{сек} = \dots \times 86400 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$\eta_{\text{МК}} = 0,93$$

Вывод: В результате экранирования КПД канала повысилось на 6 %. При увеличении толщины экрана в 10 раз (с 5 до 50 см) КПД увеличилось на 4%. Хотя КПД возросло незначительно, экономия воды получается большой 10977120 м³ за сезон при 50 см слое; т.о. можно в первом приближении считать, что устройство экрана из суглинка является целесообразным мероприятием, но для окончательного вывода необходимо определить стоимость строительства экрана.

IV. Установить эффективность противofiltrационных мероприятий

A) Мелиоративное состояние прилегающих к каналу земель оценивается по величине подъема уровня грунтовых вод.

$$\Delta h = (\beta * Q - Q_{\text{от}}) * t / 2 * L * \mu; \text{ м/год}$$

Q – расход фильтрационных потерь м³/сут на 1 погонный метр

Q_{от} – расход оттока

$$Q_{\text{от}} = 2K_{\text{ф}} * (\Delta + h_{\text{к}}) * T_2 * 1/L$$

$$Q_{\text{от}} = 2 * 5,8 * (6,7 + 0,5) * 25 * 1/640 = 3,26 \text{ м}^3/\text{сут}$$

h_к – превышение уреза воды (0,5 м)

T₂ – мощность водоносного горизонта (25 м)

Таблица 5. Результаты расчетов

Δ	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
B	0,72	0,56	0,46	0,39	0,34	0,3	0,24	0,2
Bq	11,91	9,26	7,61	6,45	5,62	4,96	2,97	3,31
Δh	7,1	4,92	3,57	2,62	1,94	1,39	0,58	0,04
Tпод	0,59	0,85	1,18	1,6	2,16	3,02	7,24	10,5

$$t_{\text{под}} = (\Delta - 2,5) / \Delta h \text{ (год)}$$

μ – коэффициент водоотдачи грунта

$$\mu = W_1 - W_0 = 0,45 - 0,25 = 0,2$$

t – продолжительность работы системы в году (220 суток)
 2,5 – критическая глубина подъема уровня грунтовых вод
 $t_{\text{под}}$ – время подъема (год).

Б) Стоимость затрат на устройство экрана и экономию воды.

Срок окупаемости противofiltrационных мероприятий определяется:

$$t_{\text{ок}} = P_{\text{экр}} / P_{\text{эк}}$$

$P_{\text{экр}}$ – стоимость сооружения экрана

$P_{\text{эк}}$ – стоимость сэкономленной воды за год

$$P_{\text{экр}} = V_{\text{экр}} * C_{\text{экр}}$$

$$V_{\text{экр}} = (b + 2h(1 + \varphi^2)^{1/2} + 0,2) * \delta * L$$

$$P_{\text{эк}} = W_{\text{сез}} * C_{\text{вод}} / 100$$

Таблица 6. Результаты расчетов

Δ	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
$V_{\text{экр}}$	3157	6314	9472	12629	15786	18943	25257	31572
$P_{\text{экр}}$	7893	15786	23679	31572	39465	47358	63144	78930
$W_{\text{сез}}$	3882879	6041952	7439040	8400672	9108288	9670752	10432800	10977120
$P_{\text{эк}}$	11649	18126	22317	25202	27325	29012	31298	32931
$t_{\text{ок}}$	0,68	0,87	1,06	1,25	1,44	1,63	2,02	2,4

$$C_{\text{экр}} = 3 \text{ руб/м}^3$$

$$C_{\text{вод}} = 0,35 \text{ коп/м}^3$$

Вывод: Противofiltrационные мероприятия, в частности устройство экрана, окупается от 0,7 до 2,4 лет, а нормативно 10 лет. Т.к. $t_{\text{под}} > t_{\text{ок}}$, мелиоративное сооружение будет хорошо работать. Целесообразно экран из суглинка принять толщиной 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5 м. Экран из суглинка толщиной 0,05; 0,1 м принимать нельзя т.к., он подтопится раньше чем окупится ($t_{\text{под}} < t_{\text{ок}}$).

РГР № 2

Расчет пруда-накопителя

Условия Нечерноземной зоны позволяют считать основной причиной, вызывающей эрозию почвогрунтов – сток талых вод в реку. Половодье на небольших водосборах имеет четко выраженный внутрисуточный характер. Ход мутности совпадает с колебаниями стока воды. К началу стока талых вод и

смыва почвы со склона пруды обычно наполнены до НПУ в виду слабого хозяйственного использования запасов воды.

По материалам топографической съемки определяют морфологические показатели прудов. Для расчета расхода воды весеннего половодья малых бассейнов с часовой размерностью времени добегания, применима объемная формула (смотри схему алгоритма) в которой вместо всего слоя весеннего половодья учитывается максимальный суточный слой. За расчетный принимаем расход 50% обеспеченности. Время добегания по руслу балки определялось при скорости руслового добегания 1800 м/час, время добегания в ручейках распаханной ложбины при скорости 1080 м/ч.

Пруд разбивается на три участка с учетом конфигурации в плане. Для каждого участка вычисляются средние значения: площадь живого сечения, ширина «зеркала», глубины, измеряется длина.

Осаждение взвешенных наносов на дно пруда рассчитывается как в трех последовательно расположенных отстойниках (см. схему на рис.1).

Мутность в конце выше расположенного участка является начальной мутности для нижнего участка.

Мутность в начале первого участка = 1 кг/м^3

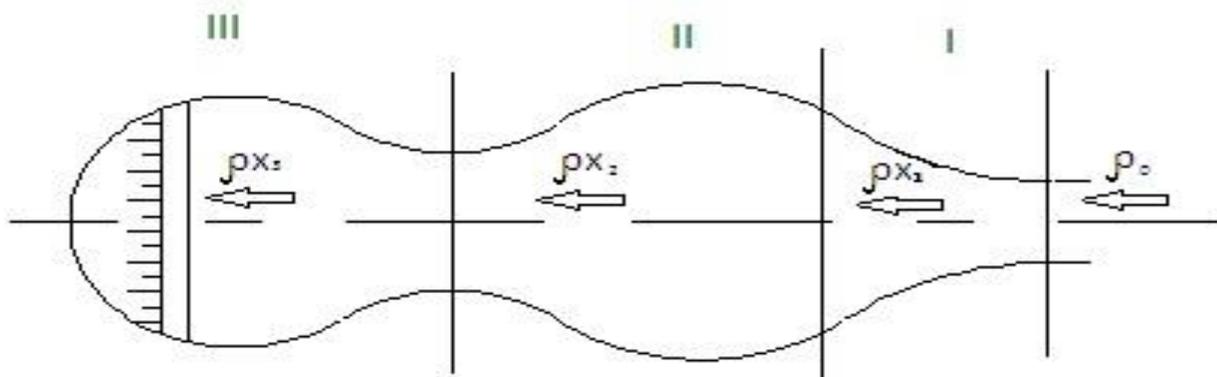


Рис. 1. Расчетная схема пруда-накопителя.

Таблица 1. Распределение коэффициента наносодерживающей способности

Коэффициент наносодерживающей способности, $K_{уд}$	Секции			Общ.
	I	II	III	
1,0...0,9				
0,9...0,8				
0,8...0,7				
<0,7				

Таблица рассчитана с тем условием, что общее количество прудов ($\Sigma=10$) равно общему количеству человек в группе студентов (п.41 гр.).

Малый коэффициент наносодерживающей способности ($K<0,7$) характерен для прудов с большим расходом воды, малым содержанием крупных фракций, малыми значениями морфологических параметров.

Если транспортирующая способность потока $\neq 0$, что наблюдается редко, влияние величины начальной мутности незначительно, очевидно, что если начальная мутность будет высокой для всего периода эксплуатации пруда, это повлечет интенсивное заиление пруда, уменьшение значений морфологических параметров и снижение коэффициента наносодерживающей способности пруда, поэтому расчеты нужно вести по осредненным за выбранный период времени морфологическим параметрам.

Все расчеты производятся по логической схеме алгоритма (см. рис. 2).

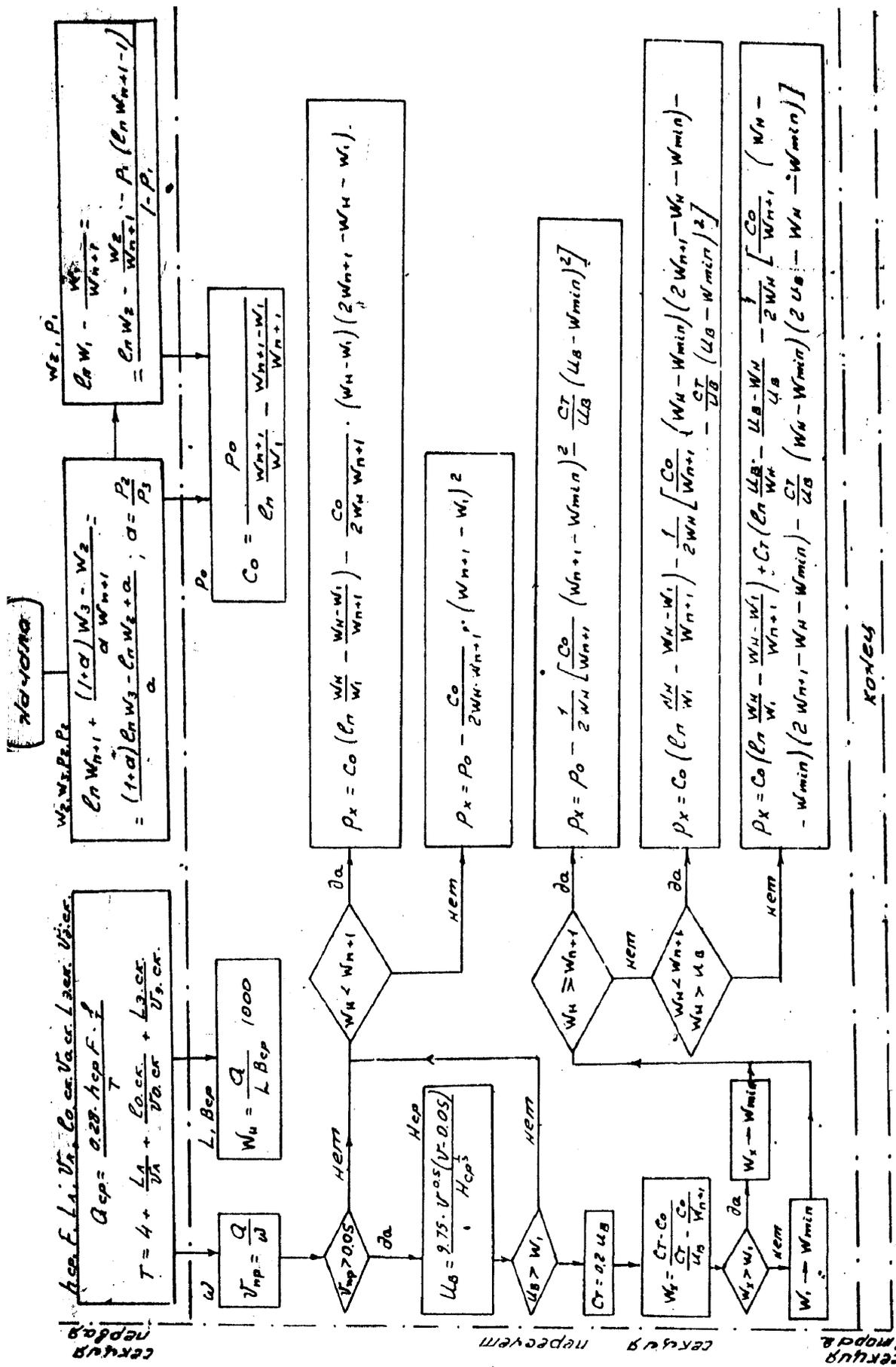


Рис.2 Алгоритм расчета наносодерживающей способности пруда.

Исходные данные (см. таблица 2):

Вариант 16

$h_{cp} = 22,8$ мм
 $F = 0,284$ км²
 $L_{л} = 44$ м
 $V_{л} = 1800$ м/час
 $l_{0ск} = 35$ м
 $V_{0ск} = 72$ м/час
 $L_{эск} = 0$ м
 $V_{эск} = 1080$ м/час
 $P_1 = 0.44$
 $P_2 = 0.4$
 $P_3 = 0.16$
 $W_2 = 0.042$ мм/сек
 $W_3 = 1.07$ мм/сек
 $\rho_0 = 1$ кг/м³
 $f = 0.9$

Вариант 16

№ секции \ величина	Вср; м	L; м	ω; м ²	Нср; м
1	15	60	30	1,26
2	18	84	103	1,79
3	21	73	182	2,06

ρ_0 – начальная мутность потока кг/м³;

ρ_x – мутность потока в конце расчетного участка кг/м³;

W_1, W_{n+1} – наименьшая и наибольшая гидравлические крупности частиц полного состава наносов, мм/сек;

W_n – наибольшая гидравлическая крупность избыточных наносов у дна мм/сек;

W_x – наименьшая гидравлическая крупность частиц наносов избыточной мутности при отсутствии в начальном составе наносов достаточного количества мелких частиц для насыщения потока, мм/сек;

W_2, W_3 – гидравлическая крупность фракций;

P_1, P_2, P_3 – удельное состояние фракций < 0,01; 0,01 – 0,05; > 0,05 мм соответственно;

C_0, C_T – постоянные кривой распределения наносов начальной мутности и транспортирующей способности потока;

V_B – наибольшая взвешенная скорость потока м/с;

$V_{пр}$ – скорость воды в пруду м/с;

$\omega, B_{cp}, H_{cp}, L$ – площадь живого сечения, средняя ширина, средняя глубина, длина расчетного участка пруда.

Q_{cp} – расход воды $P = 50\%$, $m^3/сек$

h_{cp} – максимальный суточный слой стока $P = 50\%$

F – площадь водосбора, $км^2$

$L_{л}, U_{л}$ – длина и скорость добегаания воды лога;

$L_{эск}, U_{эск}$ – длина и скорость добегаания воды на эродированной части склона.

1 секция

$$Q_{cp} = 0,28 * h_{cp} * F * f / T$$

$$T = 4 + (L_{л} / V_{л}) + (l_{0ск} / V_{0ск}) + (L_{эск} / V_{эск})$$

$$V_{np} = Q / \omega$$

$$W_H = (Q / L * B_{cp}) * 1000$$

$$\ln W_{n+1} + ((1+a) * W_3 - W_2) / a * W_{n+1} = ((1+a) * \ln W_3 - \ln W_2 + a) / a$$

$$a = P_2 / P_3$$

$$\ln W_1 - W_1 / W_{n+1} = (\ln W_2 - (W_2 / W_{n+1}) - P_1 * (\ln W_{n+1} - 1)) / (1 - P_1)$$

$$C_0 = P_0 / (\ln(W_{n+1} / W_1) - (W_{n+1} - W_1) / W_{n+1})$$

$$Q_{cp} = 0,28 * 22,8 * 0,284 * 0,9 / 4,51 = 0,3618 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$T = 4 + (44 / 1800) + (35 / 72) + 0 / 1080 = 4,51 \text{ час.}$$

$$V_{np} = 0,3618 / 30 = 0,01203 \text{ м/сек}$$

$$W_H = (0,3618 / 60 * 15) * 1000 = 0,402 \text{ мм/сек.}$$

$$a = 0,4 / 0,16 = 2,5$$

$$\ln W_{n+1} + ((1+2,5) * 1,07 - 0,042) / 2,5 * W_{n+1} = 2,36$$

$$\ln W_{n+1} + 1,4812 / W_{n+1} = 2,36 (*)$$

$W_{n+1} = 9,1$ – определяется подбором, методом подстановки в полученное равенство (*)

$$\ln W_1 - W_1 / 9,1 = (\ln 0,042 - (0,042 / 9,1) - 0,44 * (\ln 9,1 - 1)) / (1 - 0,44)$$

$$\ln W_1 - W_1 / 9,1 = -6,618$$

$$W_1 = 0.00134$$

$$C_{0I} = 1/(\ln(9.1/0.00134)-(9.1-0.00134)/9.1) = 0,1278$$

т.к. $V_{пр} < 0,05$, а $W_H < W_{n+1}$, то

$$\rho_{xI} = C_{0I} * (\ln(W_H / W_1) - (W_H - W_1) / W_{n+1}) - (C_{0I} / 2 * W_H * W_{n+1}) * (W_H - W_1) * (2 * W_{n+1} - W_H - W_1)$$

$$\rho_{xI} = 0.1278 * (\ln(0.402/0.00134) - (0.402-0.00134)/9.1) - (0.1278/2 * 0.402 * 9.1) * (0.402 - 0.00134) * (2 * 9.1 - 0.402 - 0.00134) = 0.597 \text{ кг/м}^3$$

2 секция

$$W_H = 0,3618 * 1000 / 84 * 18 = 0,239 \text{ мм/сек.}$$

$$V_{пр} = 0,3618 / 103 = 0,00351 \text{ м/сек}$$

$$C_{0II} = 0.597 / (\ln(9.1/0.00134) - (9.1-0.00134)/9.1) = 0,0763$$

т.к. $V_{пр} < 0,05$, а $W_H < W_{n+1}$, то

$$\rho_{xII} = C_{0II} * (\ln(W_H / W_1) - (W_H - W_1) / W_{n+1}) - (C_{0II} / 2 * W_H * W_{n+1}) * (W_H - W_1) * (2 * W_{n+1} - W_H - W_1)$$

$$\rho_{xII} = 0,0763 * (\ln(0,239/0.00134) - (0,239-0.00134)/9.1) - (0,0763/2 * 0,239 * 9.1) * (0,239 - 0.00134) * (2 * 9.1 - 0,239 - 0.00134) = 0,3186 \text{ кг/м}^3$$

3 секция

$$W_H = 0,3618 * 1000 / 73 * 21 = 0,236 \text{ мм/сек}$$

$$V_{пр} = 0,3618 / 182 = 0,00198 \text{ м/сек}$$

$$C_{0III} = 0,3186 / (\ln(9.1/0.00134) - (9.1-0.00134)/9.1) = 0,0407$$

т.к. $V_{пр} < 0,05$, а $W_H < W_{n+1}$, то

$$\rho_{xIII} = C_{0III} * (\ln(W_H / W_1) - (W_H - W_1) / W_{n+1}) - (C_{0III} / 2 * W_H * W_{n+1}) * (W_H - W_1) * (2 * W_{n+1} - W_H - W_1)$$

$$\rho_{xIII} = 0,0407 * (\ln(0,236 / 0.00134) - (0,236-0.00134)/9.1) - (0,0407/2 * 0,236 * 9.1) * (0,236 - 0.00134) * (2 * 9.1 - 0,236 - 0.00134) = 0,1699 \text{ кг/м}^3$$

Вывод: Так как мутность в конце третьего участка значительно уменьшилась по сравнению с начальной, то за весь период эксплуатации пруда будет происходить заиление, уменьшение значений морфологических параметров и снижение коэффициента наносоудерживающей способности.

$$K_{уд} = \rho_0 - \rho_{xIII} = 1 - 0,1699 = 0,8301$$

$$K_{удI} = \rho_0 - \rho_{xI}$$

$$K_{удII} = \rho_0 - \rho_{xII}$$

$$K_{удIII} = \rho_0 - \rho_{xIII}$$

РГР № 3

Расчет загрязнения реки грунтовым и поверхностным стоком

При использовании земель в с/х целях применяются высокие дозы минеральных удобрений и пестицидов, которые могут выноситься с дренажным стоком и поверхностными водами в водотоки и водоемы. Наиболее интенсивно вымываются азотные удобрения. Максимальный вынос азотных удобрений наблюдается с полей, занятых пропашными культурами и паровых полей. В аридной зоне при различных условиях орошения и промывки засоленных почв вынос различных элементов удобрений, особенно азотных, сопровождается повышением нитратов в дренажной воде. Загрязняют воду не все компоненты, а лишь избыточное содержание в них органических веществ, Fe, N и пестицидов.

Отводимые с поверхности земли дренажные воды не должны приводить к повышению ПДК загрязняющих в-в с учетом категории водопользования водных объектов.

Дренажный сток на легких почвах менее минерализован, чем на тяжелых. Вынос химических веществ из легких почв больше чем из тяжелых, в частности, азотных удобрений может выноситься до половины от внесенного количества на тяжелых почвах. На суглинистых почвах вымывание N (азота) стоком и поступление с атмосферными осадками уравновешены. Высокие концентрации в-в в дренажных водах наблюдаются в мелиоративных каналах, проложенных в грунтах с выходом карбонатных осадочных пород.

Расчеты по выносу загрязняющих в-в производят на проектируемый период начала использования мелиорируемых земель и на перспективу, если предполагается дальнейшее изменение режима водотоков и внесение доз удобрений.

Расчеты выноса химических компонентов в сбросных водах выполняются для мелиоративных объектов и прилегающим к ним территориям в границах площади водосброса для устьевого створа магистрального канала.

Исходные данные к расчету:

Сульфат аммония (21кг азота N в 100 кг удобрения).

$N_0 = 60000 \text{ кг/га}$	$q = 0,9 \text{ л/га*сек}$	$h=5\text{м}$
$N_n = 230 \text{ кг/га}$	$\sigma = 0,8$	$\beta=15\%$
$N_b = 5,3 \text{ т/га}$	$K_1 = 0,03$	
$K_2 = 0,35$		

Таблица 1. Исходные данные для студентов

Удобрения	Содержание азота N в 100 кг удобрения	Коэффициенты	
		K ₁	K ₂
1. Аммиачная селитра	34	0,02	0,65
2. Натриевая селитра	15-16	0,01	0,18
3. Кальциевая селитра	13-15	0,01	0,18
4. Сульфат аммония	21	0,03	0,35
5. Хлористый аммоний	24,5	0,06	0,04

А) Вынос сорбированного и растворенного азота в вегетационный период:

$$B_N = ((K_1 * N_y + 0.0002 * N_0 + 0.007 N_n) * W_{гр} / (W_{гр} + W_{пр}) + \omega * (K_2 * N_y + 0.002 * N_0 + 0.66 * N_n + N_b) + (\gamma * (K_1 * N_y + 0.0002 * N_0 + 0.07 * N_n)) * \sigma \text{ кг/га};$$

N₀ – норма внесения органических удобрений кг/га;

N_y – норма внесения минеральных удобрений по действующему веществу (количество внесенного азота N должно составлять 60 кг/га т.е. N₆₀) кг/га;

$$N_y = 100 * 60 / 21 = 285,71 \text{ кг/га}$$

N_n – содержание минерального азота в пахотном слое почвы кг/га ;

N_b – валовое содержание азота в пахотном слое почвы кг/га;

W_{гр} – объем грунтового стока 10% обеспеченности за расчетный период м³/га;

q – модуль стока в вегетационный период (май – сентябрь) л/сек*га;

$$W_{гр} = q * T / 1000 = 0.9 * 13219200 / 1000 = 11897.28 \text{ м}^3/\text{га}$$

T – продолжительность вегетационного периода в сек.

W_{пр} – запас влаги в почве до УГВ на начало расчетного периода (принимается по данным изысканий) м³/га:

$$W_{пр} = 100\beta * h = 100 * 15 * 5 = 7500 \text{ м}^3/\text{га}$$

Таблица 2. Исходные данные для студентов.

Влагоемкость почвы (β)

Почвы	Влагоемкость в % от объема почвы
Песчаные	15-22
Супесчаные	22-28
Суглинистые:	
легкие	28-33
средние	33-37
тяжелые	37-41
Глина	42-46

$\beta = 15 \%$ - влагоемкость в % от объема почвы

$h = 5$ м;

σ – коэффициент поверхностного стока; 0,75- для легких почв; 0,8 – для тяжелых почв;

K_1 – коэффициент, учитывающий остальное количество подвижных форм азота минеральных удобрений, после фиксации почвой и почвенными микроорганизмами, газообразных потерь в атмосферу, выносом с урожаем культур;

K_2 – коэффициент учитывающий количество азота, фиксированного почвой и почвенными организмами из удобрений;

ω – коэффициент, учитывающий долю выноса сорбированного азота твердым стоком из объема пахотного слоя почвы (дифференцирован в зависимости от типов почв) суточного слоя осадков, мм, летних паводков или весенних половодий ($0,8 \cdot 10^{-5} - 0,15 \cdot 10^{-3}$);

γ – коэффициент, характеризующий дозу выноса растворенного азота поверхностным стоком из объема почвенного раствора пахотного слоя почвы (дифференцирован так же как и коэффициент ω ($0,7 \cdot 10^{-5} - 0,14 \cdot 10^{-3}$));

0,002 – коэффициент, характеризующий количество азота, фиксированного почвой и почвенными микроорганизмами из органических удобрений;

0,0002 - коэффициент, характеризующий остаточное количество подвижных форм минерального азота;

0,66 – коэффициент, характеризующий кол-во минеральных форм азота, фиксированного из минерального азота;

$$V_N = ((0,03 \cdot 185,71 + 0,0002 \cdot 60000 + 0,007 \cdot 230) \cdot 11897,28 / (7500 + 11897,28) + 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot (0,35 \cdot 285,71 + 0,002 \cdot 60000 + 0,66 \cdot 230 + 5300) + (0,7 \cdot 10^{-3} \cdot (0,03 \cdot 285,71 + 0,0002 \cdot 60000 + 0,07 \cdot 2300))) \cdot 0,8 = 7,75 \text{ кг/га.}$$

Б) Концентрация аммонийного азота и нитратного азота определяется по формулам:

$$C_{NO_3} = V_N \cdot \alpha \cdot 4.5 \cdot 10^3 / (W_{гр} + W_{пр}); \text{ мг/л}$$

$$C_{NH_4} = V_N \cdot \beta \cdot 1.28 \cdot 10^3 / (W_{гр} + W_{пр}); \text{ мг/л}$$

Исходные данные к расчету:

$$q_{пвес} = 7 \text{ л/с га}$$

$$q_{пос} = 3 \text{ л/с га}$$

$$F = 500 \text{ га}$$

$$Q_{рвес} = 3,5 \text{ м}^3/\text{сек.} = 3500 \text{ л/сек}$$

$$Q_{россн} = 2,6 \text{ м}^3/\text{сек.} = 2600 \text{ л/сек}$$

$$V_{вес} = 10 \text{ м}$$

$$V_{ос} = 5 \text{ м}$$

$$ПДК_{NO_3} = 10 \text{ мг/л}$$

$$ПДК_{NH_4} = 2 \text{ мг/л}$$

Таблица 3. Исходные данные для студентов:

Предельно - допустимые концентрации вредных веществ в воде водных объектов

Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель	Предельно-допустимая концентрация мг/л (ПДК)	
		рыбохоз. целей	хоз-питьевого водоснабжения
Нитраты NO ₃ (по азоту)	санитарно-токсикологический	9,1	10
Аммиак NH ₄ (по азоту)	общесанитарный	0,05	2

$W_{гр}$ – объем грунтового стока;

Весенний период 1,5 мес. = 46 дней;

Осенний период 2 мес. = 61 день;

$$W_{гр}^{вес} = q_{гр} * 46 * 86400 / 1000 = 0,9 * 46 * 86400 / 1000 = 3576,96 \text{ м}^3/\text{Га}$$

$$W_{гр}^{осень} = q_{гр} * 61 * 86400 / 1000 = 0,9 * 61 * 86400 / 1000 = 4743,36 \text{ м}^3/\text{Га}$$

$q_{гр}$, берется из п. А;

$W_{пр}$ – объем поверхностного стока за расчетный период;

$$W_{пр}^{вес} = q_{пвсс} * 46 * 86400 / 1000 = 7 * 46 * 86400 / 1000 = 27820,8 \text{ м}^3/\text{Га};$$

$$W_{пр}^{осень} = q_{пос} * 61 * 86400 / 1000 = 2,2 * 46 * 86400 / 1000 = 8743,68 \text{ м}^3/\text{Га};$$

α, β – коэффициенты характеризующие содержание нитратного и аммонийного азота в стоке для дождевого паводка 10% обеспеченности и весеннего половодья 10% обеспеченности:

Осень: $\alpha = 0,92-0,75$; $\beta = 0,08-0,25$

Весна: $\alpha = 0,89-0,41$; $\beta = 0,11-0,59$

Хозяйственно питьевое водоснабжение:

$$C_{NO_3^{вес}} = 7,75 * 0,6 * 4,5 * 10^3 / (3576,96 + 27820,8) = 0,66 \text{ мг/л}$$

$$C_{NO_3^{осень}} = 7,75 * 0,8 * 4,5 * 10^3 / (4743,36 + 8743,68) = 2,07 \text{ мг/л}$$

$$C_{NH_4^{весна}} = 7,75 * 0,4 * 1,28 * 10^3 / (3576,96 + 27820,8) = 0,125 \text{ мг/л}$$

$$C_{NH_4^{осень}} = 7,75 * 0,2 * 1,28 * 10^3 / (4743,36 + 8743,68) = 0,145 \text{ мг/л}$$

F – площадь с/х. угодий, прилегающих к реке;

Q_p – мах. суточный расход воды в реке 10% обеспеченности;

B – ширина реки по урезу воды в среднем за вегетацию;

По данным СЭС в 4 км ниже по течению от с/х. угодий находится пункт водопользования. Изыскания показали, что концентрация азотосодержащих соединений в воде реки:

$$C_{NO_3^{вес}} = 0,6 \text{ мг/л} \quad \rightarrow \quad 0,5-1,0 \text{ мг/л}$$

$$C_{NO_3^{осень}} = 0,5 \text{ мг/л} \quad \rightarrow \quad 0,3-0,7 \text{ мг/л}$$

$$C_{NH_4^{весна}} = 0,4 \text{ мг/л} \quad \rightarrow \quad 0,3-0,6 \text{ мг/л}$$

$$C_{NH_4^{осень}} = 0,45 \text{ мг/л} \quad \rightarrow \quad 0,3-0,6 \text{ мг/л}$$

Вычислим среднюю концентрацию в воде реки нитратов после поступления в нее грунтовых и поверхностных вод:

$$C_{pNO_3} = (Q_p \cdot C_p + \sum C_{NO_3} \cdot q_{гр} \cdot F + \sum C_{NO_3} \cdot q_{пов} \cdot F) / (Q_p + \sum q_{гр} \cdot F + \sum q_{пов} \cdot F)$$

$$C_{pNO_3(весна)} = (3500 \cdot 0,6 + 0,66 \cdot 0,9 \cdot 500 + 0,66 \cdot 7 \cdot 500) / (3500 + 0,9 \cdot 500 + 7 \cdot 500) = 0,63 \text{ мг/л}$$

$$C_{pNO_3(осень)} = (2600 \cdot 2,07 + 7,27 \cdot 0,9 \cdot 500 + 2,07 \cdot 3 \cdot 500) / (2600 + 0,9 \cdot 500 + 3 \cdot 500) = 1,17 \text{ мг/л}$$

$$C_{pNH_4} = \frac{Q_p \cdot C_p + \sum C_{NH_4} \cdot q_{гр} \cdot F + \sum C_{NH_4} \cdot q_{пов} \cdot F}{Q_p + \sum q_{гр} \cdot F + \sum q_{пов} \cdot F}$$

$$C_{pNH_4(весна)} = (3500 \cdot 0,4 + 0,125 \cdot 0,9 \cdot 500 + 0,125 \cdot 7 \cdot 500) / (3500 + 0,9 \cdot 500 + 7 \cdot 500) = 0,254 \text{ мг/л}$$

$$C_{pNH_4(осень)} = (2600 \cdot 0,45 + 0,145 \cdot 0,9 \cdot 500 + 0,145 \cdot 3 \cdot 500) / (2600 + 0,9 \cdot 500 + 3 \cdot 500) = 0,319 \text{ мг/л}$$

При поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковыми показателями лимитирующей вредности и с учетом примесей, поступающих в водоток от вышерасположенных объектов загрязнений, сумма отношений этих концентраций каждого из веществ к соответствующей ПДК не должно быть больше 1

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n = < 1$$

весна $0,63/10 + 0,254/2 = 0,19 \leq 1$
осень $1,17/10 + 0,319/2 = 0,276 \leq 1$

Загрязнение не превышает допустимые нормы.

Допустимые концентрации загрязнений водных объемов зависят от длины разбавления сточных вод, которая не должна быть больше 1 км.

Длина разбавления сточных вод определяется по формуле:

$$L = 30 \cdot B$$

$$L_{вес} = 30 \cdot 10 = 300 \text{ м} = 0,3 \text{ км}$$

$$L_{ос} = 30 \cdot 5 = 150 \text{ м} = 0,15 \text{ км}$$

Тогда допустимое отношение

$$\frac{C_d}{ПДК_d} = \sum \left(\frac{C_i}{ПДК_i} \right) \cdot \frac{L}{L_q}$$

где L_q – допустимая длина разбавления сточных вод.
Считаем, что $L_q = 1 \text{ км}$

$$\text{Весна : } \frac{C_{\phi}}{\text{ПДК}_{\phi}} = 0,19 \cdot \frac{0,3}{1} = 0,057 \leq 1$$

$$\text{Осень } \frac{C_{\phi}}{\text{ПДК}_{\phi}} = 0,276 \cdot \frac{0,15}{1} = 0,041 \leq 1$$

Вывод: длина разбавления сточных вод < 1км. т.е. между объектом загрязнения и ближайшим пунктом хозяйственно-питьевого водоснабжения вода разбавляется до норм < ПДК. Загрязнение не превышает допустимые нормы.

В случае превышения допустимой нормы необходимо предусмотреть:

- 1) Совершенствование мелиоративных сооружений;
- 2) Очистку сточных вод;
- 3) Улучшение самоочищающей способности рек и ее учет в проектах.

РГР № 4

Расчет подтопления населенных пунктов

Подтопление территорий формируется за счет дождей и талых вод, притока ГВ со стороны, подъема по разным причинам УВ в реках, подпора ГВ водохранилищами, утечек из водонесущих коммуникаций, поливов зеленых насаждений, нарушений движения воды при строительстве. Отсутствие наблюдений за УГВ в разных точках пространства крайне затрудняет прогнозирование возможного подтопления и проектирования защитных мероприятий.

Вместе с тем явление подтопления повсеместно представляет важную проблему, и широко распространено. В Брянской области во время весеннего снеготаяния ежегодно подтопляется более 1000 населенных пунктов.

В условиях отсутствия длительного ряда наблюдений предполагается поэтапное проектирование и строительство дренажа, как средство борьбы с подтоплением земель. На основе проектных полевых изучений динамики ГВ проектируется первая дрена. Она располагается в нижней части склона поперек грунтового потока по возможности так, что бы обеспечить самостоятельный сброс воды из нее в водоприемник. Предельная глубина заложения 5 – 7 м. После строительства дрена в течении 2 – 3 лет осуществляется производственное исследование с целью выявления участков, где не обеспечивается нужная форма осушения. На основании этих исследований проектируется и строится дополнительная дрена, снова проводятся наблюдения по наблюдательным скважинам, которые должны быть размещены по всей территории населенного пункта. Постепенно в процессе эксплуатации система совершенствуется и за несколько этапов достигается надежность осушения.

Пусть по материалам предпроектных измерений УГВ имеем депрессионную кривую описываемую уравнением:

$$Z_L = Z_L^{ct} / \{ 1 + [(Z_L^{ct} - Z_L^0) / Z_L^0] * e^{-\mu_1 H_{BB} L} \}$$

при следующих параметрах на конечный момент времени:

$$Z_L^0 = 64 \text{ см}$$

$$Z_L^{ct} = 600 \text{ см}$$

$$\mu_1 H_{BB} = 0,0059 - 0,00625 \text{ 1/м. (см. рис.1).}$$

Все расчеты сводим в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты расчетов

L, м	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Z _L см	107,1	166,7	250	333,3	428,6	500	545,5	560,7	576,9	588,2	594,1	595,8

По данным таблицы строят график (рис. 1) пространственной кривой до строительства дренажа.

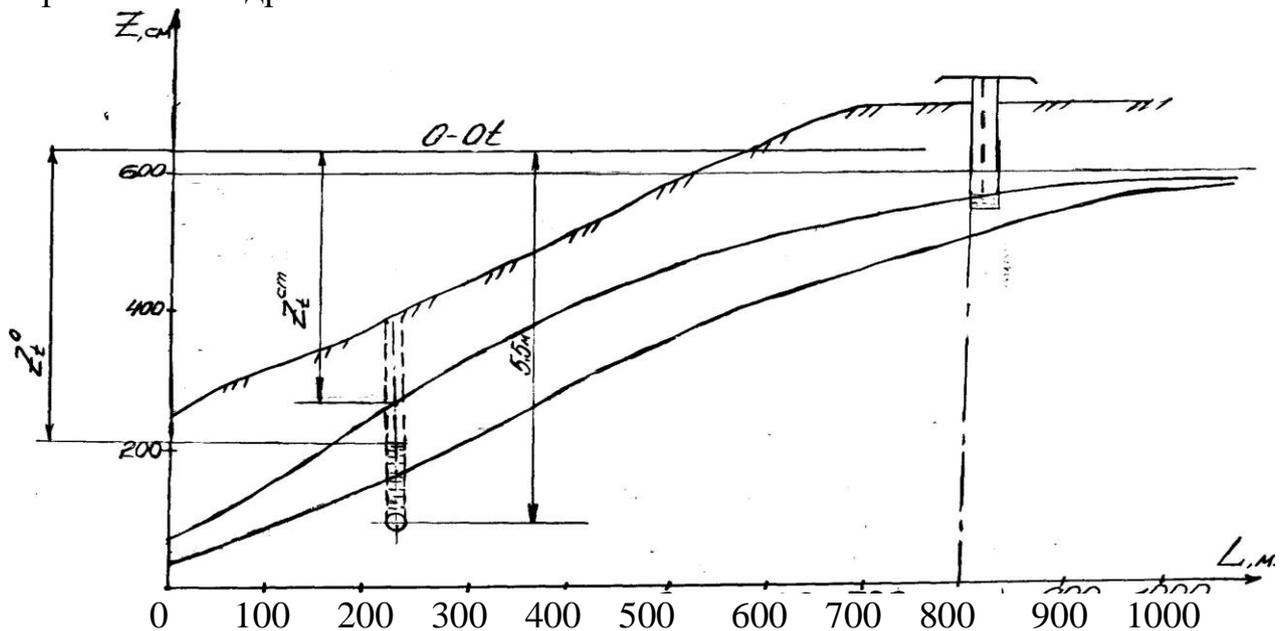


Рис. 1. Размещение дрен на водосборе

Как видно из рис. 1 на участке при $L = 800$ м грунтовые воды поднялись слишком высоко и затопили подвальные помещения здания. Для предотвращения подъема в точке $L = 200$ м строим дренаж глубиной ниже оси $0 - 0t$ на $5,5$ м, что увеличивает скоростной коэффициент на величину $\mu_1 \chi mg$:

$$\mu_1 H_{BB} - D + \mu_1 * \chi * m * g = 0,04 \text{ 1/сут} \Rightarrow 0,04 - 0,06 \text{ 1/сут}$$

$$\mu_1 H_{BB} - D = 0,02 \text{ 1/сут} \Rightarrow 0,02 - 0,035 \text{ 1/сут}$$

D – интенсивность инфильтрации талых вод;

Расчеты по кривой подъема уровня в точке, расположенной в 550 м от водоприемника сводим в таблицу 2, при следующих параметрах:

$$Z_t^0 = 515 \text{ см}$$

$$Z_t^{ct} = 460 \text{ см} \quad \text{сняты с графика (см. рис.1).}$$

$\mu_1 H_{BB} - D = 0,02 \text{ }^1/\text{сут}$ сняты с графика (см. рис.1).
 Расчет ведется по формуле:

$$Z_{C-D} = Z_t^{CT} / (1 + ((Z_t^{CT} - Z_t^0) / Z_t^0) * e^{-(\mu_1 H_{BB} - D) * t})$$

Таблица 2. Результаты расчетов

t;сут.	2	4	6	8	10	12
Z_{C-D} , см	512,8	510,5	508,3	506,1	504,4	502,2

По данным таблицы 2 строим кривую кинетики (во времени) подъема уровня грунтовых вод до строительства дренажа (см. рис. 2).

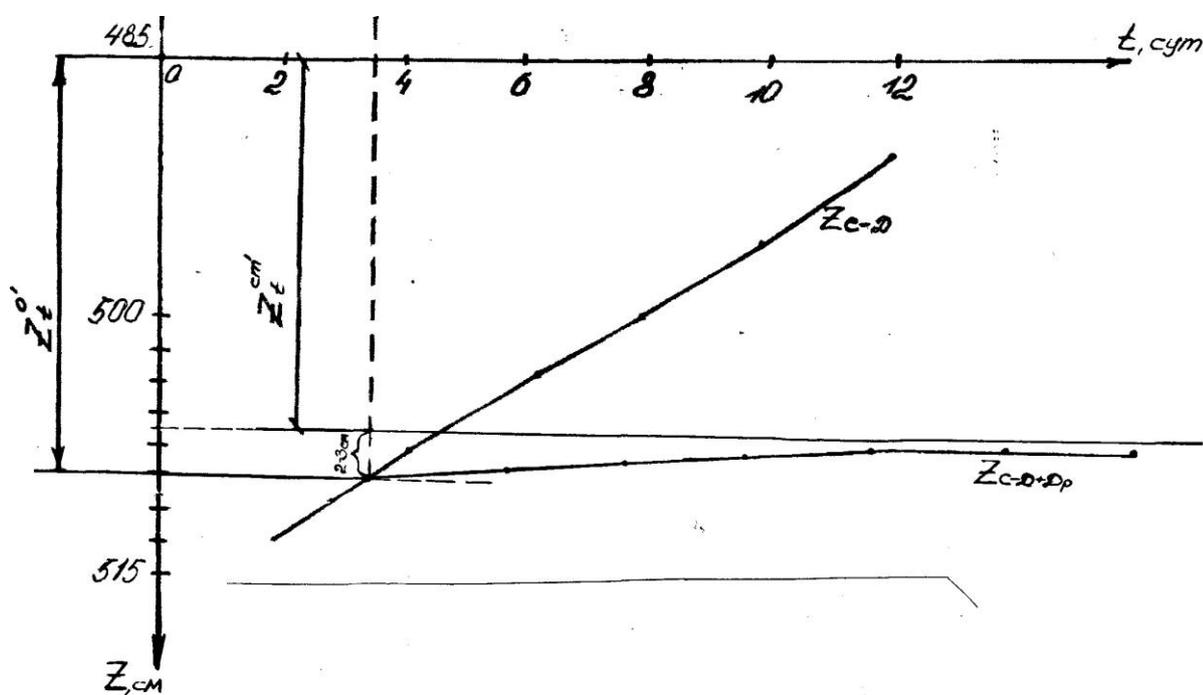


Рис. 2. Кинетика подъема УГВ

Расчет ведем для подъема уровня во время работы дренажа по формуле:

$$Z_{C-D+Dr} = Z_t^{cm1} / (1 + ((Z_t^{cm1} - Z_t^{01}) / Z_t^{01}) * e^{-(\mu_1 H_{BB} - D + \mu_1 \cdot \chi \cdot mg) * t})$$

Дрена начинает работать, когда уровень грунтовых вод в скважине поднимается до значения $Z=511$ см считая от оси $00t$, высота подъема уровня грунтовых вод уменьшается и становится равной $h=Z_t^0 - Z_t^{cm1} = 515 - 508 = 7$ см

Расчет сводим в таблицу 3 при следующих параметрах:

$$Z_t^{01} = 511 \text{ см}$$

$Z_t^{cm1} = 508$ см – сняты с графика см. рис. 2.

$$\mu_1 H_{BB} - D + \mu_1 \chi mg = 0,04 \text{ 1/сут}$$

Таблица 3. Результаты расчетов

t, сут	2	4	6	8	10	12
$Z_{сд+др}$, см	510,8	510,6	510,3	510,2	510	509,9

На рис. 2. строится еще одна кривая.

Найдем значение Z_0^L для пространственной кривой во время работы дренажа на момент пика грунтового потока когда

$$\mu_1 H_{BB} = 0,0059;$$

$$L = 200 \text{ м, } Z_t^{cm1} = 508 \text{ см}$$

Для пространственной кривой Z отсчитывается по ординате вверх, а для временной от оси $00t$ вниз, поэтому приведем в соответствие по формуле:

$$Z_t = Z_{oot} - Z_t^{cm1} = 625 - 508 = 117 \text{ см}$$

$$Z_0^L = Z_L^{ct} / ((Z_L^{ct} - Z_t) / (Z_t * e^{-\mu_1 H_{BB} * L}) + 1)$$

$$Z_0^L = 600 / ((600 - 117) / (117 * e^{-0,0059 * 200}) + 1) = 41,55 \text{ см}$$

определим значения пространственной кривой при параметрах $Z_0^L = 41,55$ см, $Z_L^{ct} = 600$ см, $\mu_1 H_{BB} = 0,0059$ 1/м по формуле:

$$Z_L = Z_L^{ct} / (1 + ((Z_L^{ct} - Z_0^L) / Z_0^L) * e^{-\mu_1 H_{BB} * L})$$

Получим таблицу 4, по которой построим пространственную кривую изменения УГВ после начала работы дренажа (см. рис. 1).

Таблица 4. Результаты расчетов

L, м	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Z_L , см	31	54	91	146	220	307	392	464	516	550	571	584

Вывод: дрена существенно осушила подвальное помещение здания. Для более полного осушения, необходимо проектирование и строительство дополнительной дрена выше по водосбору.

Расчет впитывания внутриснежных вод в поглотительные элементы

Все антропогенные воздействия на природу должны быть направлены на то, чтобы величина поверхностного стока стремилась к нулю, так как при этом увеличиваются запасы почвенной влаги, водообеспеченность и урожайность биоценозов и агроценозов. Снижается водная и ветровая эрозия, увеличивается грунтовое питание, достигается более равномерное во времени питание рек, уменьшаются паводки и необходимость строительства водохранилища.

Вода, подаваемая на орошение склонов и водоразделов, резко отличается по качеству, структуре и свойствам от талой воды, так как содержит много солей, органики, взвесей, а в ряде случаев радиоактивна и заражена болезнетворной микрофлорой. Поэтому важно максимально использовать влагу на месте ее таяния, и не давать образовываться не только поверхностному стоку, но и внутриснежному стоку. Особенно это актуально для Брянской области, где много районов с радиоактивным заражением.

При движении внутриснежного стока по поверхности земли часть его может впитываться в щели, трещины, окна с повышенной водопроницаемостью грунта. Такие окна образуются осенью при разной глубине замерзания более или менее заснеженных участков земли, весной при разных сроках оттаивания почв. Пятнистый характер способности впитывания придает различный тип почв, механический состав, структура, обработка почвы.

Наиболее простой случай для анализа впитывания внутриснежного стока – это когда на процесс впитывания влияют только две составляющие: стекание воды по наклонной поверхности в водоприемник и впитывание на очагах повышенной водопроницаемости почв.

Такой случай наблюдается вечером, когда понижается температура воздуха ниже 3°С и прекращается снеготаяние, причем спустя несколько дней после начала внутриснежного стока, когда ранее непроницаемый мерзлый грунт, постепенно оттаивая, начинает пропускать воду (рис. 1).

Модель, характеризующая внутриснежное стекание по поверхности земли, и впитывание в фильтрующие окна имеет вид:

$$dz/dt = (\mu_1 H_c / Z_\infty) * (Z_\infty - Z) * Z + \mu_1 B \chi Z$$

где первое слагаемое отражает внутриснежное стекание по поверхности, второе - впитывание.

Z – вертикальная координата, отсчитывается от горизонтальной оси $o-o$, к которой стремятся пространственные кривые уровней внутриснежных вод в разные моменты времени, то есть это ось отсчета мощности осушаемого слоя снега.

Z_∞ - стационарная мощность осушаемого слоя, когда имеет место только стекание по поверхности.

H_c – расстояние от оси отсчета $o-o$ до поверхности земли.

μ_1 – константа скорости стекания внутриснежного стока по поверхности земли.

B – ширина фильтрационного окна.

t – время.

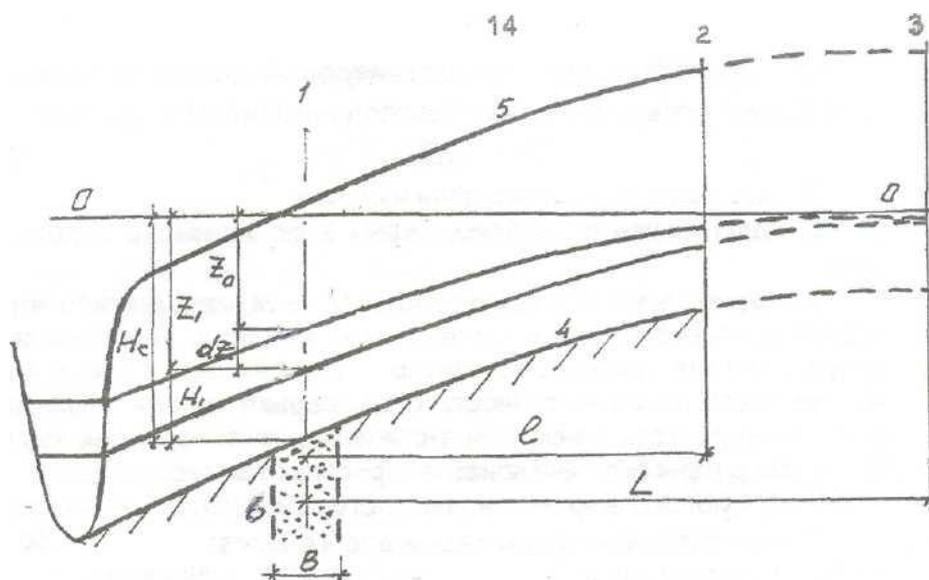


Рис. 1. Схема внутриснежного стекания

1 - створ наблюдательной скважины; 2 - граница водосбора;

3 - гипотетическая точка пересечения депрессионных кривых снеговых вод, соответствующих разным моментам времени; 4 поверхность земли; 5 - поверхность снега; 6 - водопоглощающая пористая щель

Интегрирование уравнения (1) дает следующее аналитическое выражение для описания изменения уровней внутриснежных вод при участии процессов стекания по водонепроницаемой поверхности земли и впитывании в отдельные фильтрационные окна.

$$Z_{c+Bn} = Z_{ст} / (1 + ((Z_{ст} - Z_0) / Z_0) * e^{-(\mu_1 H_c + \mu_1 B\chi) * t})$$

Для расчетов по уравнению 2 нужно знать следующие параметры: Z_0 , $Z_{ст}$, $\mu_1 H_c + \mu_1 B\chi$.

Если представить экспериментальные данные по изменению уровней внутриснежных вод в наблюдательных скважинах в координатах $\psi = (Z_t + \Delta t - Z_t) / Z_t + \Delta t$ и Z , то кинетические кривые снижения уровня преобразуются в прямые линии, которые отсекают по оси ординат отрезок $\psi_M = 1 - e^{-(\mu_1 H_c + \mu_1 B\chi) * \Delta t}$,

а на оси абсцисс отрезок: $Z_{ст} = (H_c + \chi B) * Z_{\infty} / H_c$

Для нахождения Z_0 нужно задаться сначала $Z_0 = 0$, затем, постепенно увеличивая его методом последовательных приближений добиться на графике $\psi = (Z_t + \Delta t - Z_t) / Z_t + \Delta t = f(Z_t)$ совершенной линейной зависимости.

То значению Z_0 , при котором выстраивается прямая линия, используется в дальнейших расчетах по формуле (2).

Таблица 1. Исходные данные для студентов

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Параметры кривой снижения уровней внутриснежного стока	Z_0 мм	4,3	4,5	3,5	3,7	4	4,8	5	5,1	5,5	5,7	4,1	3,8	4,5
	Z_∞ мм	31	32	26	28	30	35	38	41	45	47	33	29	32
	$\mu_1 H_c$ 1/час	0,68	0,7	0,55	0,58	0,71	0,74	0,76	0,8	0,83	0,85	0,67	0,59	0,66
	$Z_{ст}$ мм	56	58	31	36	43	60	65	68	71	74	57	37	56
	$\mu_1 H_c + \mu_1 B\chi$ 1/час	2,3	2,2	1,1	1,5	1,9	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	2,0	1,7	2,1
	Δ	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,57	0,62	0,47	0,43	0,42
	Продолжение вариантов													
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	Z_0 мм	4,6	4,7	4,8	4,85	4,9	5,0	5,2	5,8	4,2				
	Z_∞ мм	33	34	35	36	37	38	39	43	41				
	$\mu_1 H_c$ 1/час	0,67	0,7	0,77	0,81	0,86	0,89	0,9	0,92	0,93				
	$Z_{ст}$ мм	57	58	59	60	62	63	64	65	66				
	$\mu_1 H_c + \mu_1 B\chi$ 1/час	2,2	2,3	2,35	2,37	2,41	2,44	2,46	2,37	2,39				
	δ	0,44	0,45	0,5	0,51	0,53	0,55	0,57	0,56	0,58				

По данным наблюдений за изменением уровней внутриснежных вод в наблюдательных скважинах 2 апреля получили следующие параметры кривой снижения уровня в вечерние часы, когда температура снизилась ниже 2°C и снеготаяние и испарение прекратилось, остался внутриснежный сток по поверхности:

$$Z_0 = 4,5 \text{ мм}$$

$$Z_\infty = 32 \text{ мм}$$

$$\mu_1 H_c = 0,66 \text{ 1/час}$$

3 апреля в вечерние часы температура была положительная – плюс два градуса, то есть снеготаяние отсутствовало, но скоростной коэффициент увеличивается (испарение отсутствует) т.е. вода начинает впитываться в почву. Параметры кривой снижения уровней внутриснежных вод 3 апреля следующие:

$$Z_0 = 4,5 \text{ мм}$$

$$Z_{ст} = 56 \text{ мм}$$

$$\mu_1 H_c + \mu_1 B\chi = 2,1 \text{ 1/час}$$

$$\delta = 0,42 \text{ коэффициент водоотдачи.}$$

Расчеты ведем по формуле и сводим в таблицу (1).

Определяем величину Z_∞^1 для 3 апреля из условия, что впитывание в фильтрационное окно отсутствует:

$$Z_\infty^1 = \mu_1 H_c * Z_{ст} / (\mu_1 H_c + \mu_1 B\chi), \text{ мм}$$

$$Z_\infty^1 = 56 * 0,66 / 2,1 = 17,6 \text{ мм}$$

Снижение уровня за счет стекания по поверхности земли без впитывания подсчитывается по формуле:

$$Z_c = Z_\infty^1 / (1 + ((Z_\infty^1 - Z_0) / Z_0) * e^{-\mu_1 H_c * t})$$

Таблица 2. Результаты расчетов

т час	$Z_c + B_n$ мм	Z_c мм	$Z_{вн}$ мм	$B_n = Z_{вн} * \delta$ мм
0	4,5	4,5	0	0
1	23,3	7,0	16,3	6,85
2	47,9	9,9	38,0	15,96
3	54,9	12,6	42,3	17,77
4	55,8	14,6	41,2	17,3
5	56	15,9	40,1	16,84

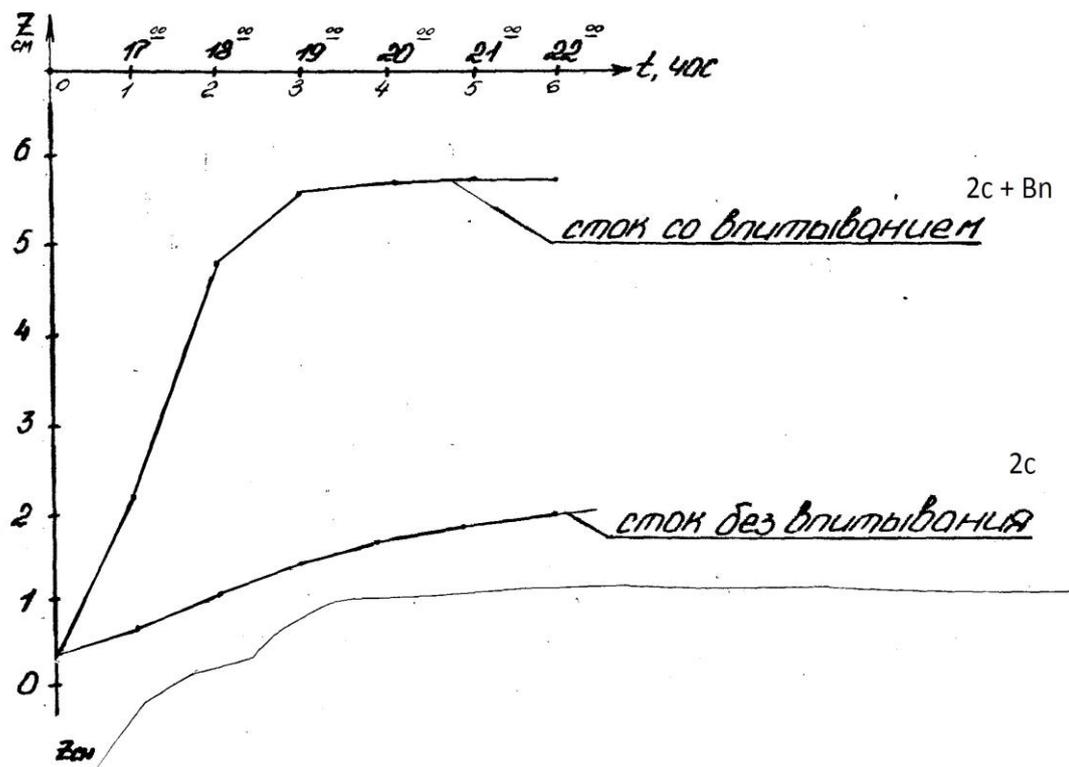


Рис. 2. Стеkanie внутриснежной воды по поверхности и впитывание в тающий грунт

Вывод: Таким образом, на участке расположения скважины, в наш погло- тительный элемент 3 апреля за 5 часов впиталось 17,8 мм воды.

РГР № 6

Пример расчета выбросов вредных веществ в атмосферу от котельных при использовании различных видов топлива

Исходные данные: № = 00705 (зачетная книжка) => $N_1=10$ (задается пре- подавателем из таблицы 1);

Таблица 1. Значение параметров N_1

№ зачетной книжки	Последняя цифра шифра										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Предпоследняя цифра шифра	0	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	1	6	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2	7	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	3	8	4	3	2	1	5	6	7	8	9
	4	9	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	5	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	6	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	7	12	13	14	16	18	20	22	24	26	28
	8	13	10	11	12	14	16	18	20	22	24
	9	14	4	6	10	12	14	16	18	20	22

При работе котельных используется:

природный газ на I отделении

$$V_r = 5,6 \cdot 10^6 + 6,3 \cdot 10^4 \cdot N_1, \text{ м}^3$$

мазут на II отделении

$$V_m = 700 + 15 \cdot N_1, \text{ т};$$

каменный уголь на III отделении

$$V_y = 400 + 9 \cdot N_1, \text{ т};$$

Для I отделения:

1. Выбросы окислов азота

Количество окислов азота, выбрасываемых, при сжигании топлива рассчитывается по формуле:

$$M_{NO_2} = 0.001 \cdot V_r \cdot Q_{ir} \cdot K_{NO_2} \cdot (1 - \beta) \text{ т/год}$$

где Q_{ir} – теплота сгорания топлива мДж/м³ (20-40 мДж/м³)

$$Q_{ir} = 28 \text{ мДж/м}^3$$

V_r – расход топлива т/год

$$V_r = 62,3 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{год}$$

K_{NO_2} – параметр, характеризующий количество окислов азота образующихся на 1 ГДж тепла (кг/ГДж);

При мощности котла агрегата 9 кВт $K_{NO_2} = 0,05 \dots 0,1 \Rightarrow K_{NO_2} = 0,1 \text{ кг/ГДж}$

β – коэффициент, учитывающий снижение выбросов окислов азота в результате применения технических решений (0-0,25);

$$\beta = 0,1$$

$$1 \text{ гигаДж} = 10^9 \text{ Дж};$$

$$1 \text{ меггаДж} = 10^6 \text{ Дж}$$

Количество выбросов составляет:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 * 62,3 * 10^5 * 28 * 0,1 * 0,9 = 15,7 \text{ т/год}$$

2. Выбросы окиси углерода:

Количество окиси углерода, выбрасываемого при сжигании топлива рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{CO}} = 0,001 * V_{\text{r}} * C_{\text{CO}} * (1 - q_4 / 100) \quad \text{т/год};$$

V_{r} – расход топлива т/год

C_{CO} – выход окислов углерода при сжигании топлива, кг/т;

$$C_{\text{CO}} = q_3 * K * Q_{\text{ir}} = 1,0 * 0,5 * 28 = 14,0 \text{ кг/т}$$

q_3 – потери тепла, в следствии химической неполноты сгорания топлива (0...10%)

K – коэффициент учитывающий долю потерь тепла из-за неполноты сгорания топлива (0,3...0,7), обусловленную содержанием CO;

q_4 – потери тепла в следствии механической неполноты сгорания топлива. (0,1..0,6%)

$$M_{\text{CO}} = 0,001 * 6,23 * 10^6 * 14,0 * (1 - 0,5 / 100) = 86,7 \text{ т/год}$$

3. Выбросы окислов серы:

Количество окислов серы (в пересчете на M_{SO_2}), выбрасываемых в атмосферу при сжигании топлива ведем по формуле:

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02 * V_{\text{r}} * S * (1 - \eta'_{\text{SO}_2}) * (1 - \eta''_{\text{SO}_2}) \quad \text{т/год}$$

S – содержание серы в топливе;

$S = 0$ для газа;

η'_{SO_2} – доля окислов серы, связываемых летучей золой топлива;

η''_{SO_2} – доля окислов серы, улавливаемых в золоуловителе. Для сухих золоуловителей $\eta' = \eta'' = 0$ (принимается для газа).

Количество выбросов серы составляет:

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02 * 6,23 * 10^6 * 0,0 * 1 = 0 \text{ т/год}$$

Для II отделения:

1. Количество выбросов окислов азота составляет:

$B_M = 850$ т/год расход топлива (мазут);

Теплота сгорания мазута $Q_{им} = 44$ МДж/кг => (40-50 МДж/кг);

Мощность котлоагрегата 2,8 т/ч => $K_{NO_2} = 0.1 \dots 0.5$ кВт;

Расчет ведем по формуле :

$$M_{NO_2} = 0,001 * B_M * Q_{им} * K_{NO_2} * (1 - \beta) \quad \text{т/год}$$

$$M_{NO_2} = 0,001 * 850 * 43 * 0,1 * 0,9 = 3,289 \text{ т/год}$$

2. Выбросы окислов серы.

Расчет ведем по формуле :

$$M_{SO_2} = 0,02 * B_M * S_M * (1 - \eta'_{SO_2}) * (1 - \eta''_{SO_2}) \quad \text{т/год}$$

где $S_M = (1-5) \%$;

$\eta'_{SO_2} = (0,01 \dots 0,06)$;

$\eta''_{SO_2} = (0,05 \dots 0,09)$;

$$M_{SO_2} = 0,02 * 850 * 2 * 0,99 * 0,91 = 30,6 \text{ т/год}$$

3. Количество выбросов окислов ванадия составляет:

$$M_{V_2O_5} = 0,02 * B_M * K_1 * K_2 \quad \text{т/год}$$

$$K_1 = 0,01 \dots 0,1, \quad K_2 = 0,06 \dots 0,15$$

$$M_{V_2O_5} = 0,02 * 850 * 0,1 * 0,1 = 0,17 \text{ т/год}$$

Для III отделения:

1. Расчет количества твердых частиц летучей золы и недогоревшего топлива (т/год) выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котельного агрегата в ед. времени при сжигании тв. топлива выполняется по формуле:

$$M_{т.в.} = B_y * A * f * (1 - \eta_3)$$

B_y – расход топлива (уголь) т/год; $B_y = 490$ т/год;

A – зольность топлива на рабочую массу; $A = 0,19$ => (0,1-0,25);

η_3 - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях; $\eta_3 = 0,2 - 0,8$;

$f = 0,0023$;

$$M_{т.в.} = 490 * 0,19 * 0,0023 * 0,8 = 0,297 \text{ т/год}$$

2. Расчет количества окислов серы (в пересчете на M_{SO_2}) т/год, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегатов в ед. времени выполняется по формуле :

$$M_{SO_2} = 0,02 * B_y * S_y * (1 - \eta'_{SO_2}) * (1 - \eta''_{SO_2}) \text{ т/год}$$

где $S_y = (1...8\%)$;

$\eta'_{SO_2} = (0,005...0,025)$;

$\eta''_{SO_2} = 0,001...0,006$

$$M_{SO_2} = 0,02 * 490 * 1 * (1 - 0,02) * (1 - 0,005) = 9,555 \text{ т/год}$$

3. Расчеты выбросов окиси углерода в единицу времени (т/год) определяется по формуле

$$M_{CO} = 0,001 * B_y * C_{CO} * (1 - q_4 / 100)$$

где C_{CO} (кг/т) – рассчитывается по формуле

$$C_{CO} = q_3 * K * Q_{iy}$$

$$C_{CO} = 0,2 * 1 * 23 = 4,6 \text{ кг/т}$$

где Q_{iy} – теплота сгорания топлива (уголь) (20-30 МДж/кг);

$Q_{iy} = 23 \text{ МДж/кг}$;

$q_3 = 0,2...0,9 \%$;

$K = 1...1,2$;

$q_4 = 1...8 \%$

$$M_{CO} = 0,001 * 4,6 * 490 * (1 - 5 / 100) = 2,141 \text{ т/год}$$

4. Расчет выбросов окислов азота в пересчете на NO_2 , выбрасываемых в ед. времени т/год, рассчитывается по формуле :

$$M_{NO_2} = 0,001 * B_y * Q_{iy} * K_{NO_2} * (1 - \beta)$$

где $Q_{iy} = 23 \text{ мДж/кг}$;

$K_{NO_2} = 0,05...0,3$;

$\beta = 0,05...0,34$

$$M_{NO_2} = 0,001 * 490 * 23 * 0,1 * 0,9 = 1,014 \text{ т/год}$$

Вывод: выброс вредных веществ от данных источников загрязнения зависит в основном от параметров (факторов), влияющих на расходы топлива,

котельных на I, II и III отделениях. Оценку загрязнения от газопылевых выбросов проводят путем гидрохимического анализа снежного покрова. На его основе устанавливают значения ПДВ (предельно-допустимые выбросы) и назначают защитные мероприятия.

НИРС

Самоочищение воды от радиоактивного загрязнения C_s^{137} и S_r^{90} в водоемах

В целом загрязнение, обусловленное аварией на ЧАЭС, с плотностью $1 \text{ кю}/\text{км}^2$ и выше охватывает более 57 тыс. км^2 , что составляет 1,6% площади ЕТР. На территории России наиболее интенсивному радиоактивному загрязнению подверглась Брянская область, в которой оказалось загрязненными 22 административных района с численностью населения 484,5 тыс. человек.

Из всех пострадавших объектов природной среды водоемы и по сей день продолжают накапливать радиоактивные загрязнения, поступающие с водосборной площади во время половодий и паводков и с впадающими в эти водоемы ручьями и реками в меженный период.

В связи с этим оценка поведения радионуклидов, попавших в водоем, механизма их миграции, накопления в различных компонентах экосистем водоема является острой проблемой.

Целью работы являются расчеты по проверке математической модели самоочищения воды от C_s^{137} , S_r^{90} в водоемах на экспериментальных материалах для применения полученных данных по принципу аналогии.

Процесс освобождения воды от C_s^{137} , S_r^{90} осуществляется в результате поглощения гидробионтами, которые затем переносят радионуклид в донные отложения, сорбирования на взвешях и выпадения на дно водоемов, процесса замедления ядерных превращений в плотной среде (органической и неорганической).

Изменение концентрации радионуклида на начальном этапе сопровождается процессом интенсивных ядерных превращений и поглощением сильного радиоактивного излучения. Постепенно снижаясь оно замедляется – наступает равновесная фаза. Далее концентрация радионуклида подвержена лишь медленным стадиям и зависит от наносодерживающей способности водоема, состава питательной среды, температуры, рН, содержания растворенного кислорода, гидродинамических условий и др.

В качестве примера рассмотрим поток питательных веществ и растворенного C_s^{137} , S_r^{90} , поступающего в микробную клетку, который пропорционален величине клеточной поверхности. При росте микробной клетки объем, обычно, увеличивается быстрее, чем поверхность, поэтому с некоторого момента, процессы распада и рост прекращаются. Дальнейшее увеличение массы ограничивается потоком питательных веществ через поверхность и чтобы увеличить поверхность клетка должнаделиться. Деление клетки обеспечивает воспроизводство.

Изменение концентрации любого растворенного компонента питательной среды и радионуклида, в конечном счете, являются результатом роста, размножения и отмирания особей растущей популяции.

Уравнение описывающее, изменение скорости роста популяции за счет растворенных в воде водоема органических веществ, выглядит следующим образом:

$$\frac{dZ}{dt} = \mu_1(M_0 - Z) \cdot Z - \mu_2 Z^2$$

где Z – концентрация микроорганизмов в момент времени t ;

μ_1 и μ_2 – константы скорости образования и отмирания микроорганизмов;

M_0 – начальная концентрация растворенных органических веществ.

Обозначим концентрацию C_s^{137} , S_r^{90} , которая потребляется или выделяется при образовании и гибели одной единицы концентрации популяции через α .

Тогда общая концентрация данного радионуклида

будет равна: $C = \alpha Z$

$$C_H = \alpha M_0$$

Математическое описание процесса самоочищения воды водоемов от радиоактивного загрязнения в результате поглощения популяциями микроорганизмов и выпадения на дно водоема преобразуется следующим образом:

$$\frac{dC}{dt} = \mu_1(C_H - C)C + \mu_2 C^2$$

где C – концентрация радионуклида в момент времени t , выделенная из воды;

μ_1 и μ_2 – константы скорости снижения концентрации радиоактивного загрязнения в воде и обратного процесса его возвращения в раствор;

C_H – начальная концентрация растворенного радионуклида в воде.

После преобразования от уравнения (1) можно перейти к уравнению

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\mu_1 C_H}{C_\infty} (C_\infty - C) \cdot C$$

где C_H - равновесная концентрация выведенного из воды радионуклида в стационарной фазе.

Интегрирование при начальных значениях $t=0$ и $C = C_0$, получим аналитическое выражение S – образных кинетических кривых снижения концентрации радионуклида в воде водоема в результате самоочищения:

$$C = \frac{C_\infty}{1 + \frac{C_\infty - C_0}{C_0} e^{-\mu_1 C_H t}}$$

Для определения самоочищения по длине рек, ручьев, каналов перейдем от временных зависимостей концентраций радионуклида к пространственным заменой переменной t (время) на длину водотока L :

$$\frac{dC}{dL} = \frac{\mu_1 C_H}{C_\infty} (C_\infty - C) \cdot C$$

$$C_0 = 1200 \frac{\text{Бк}}{\text{л}}; C_\infty = 2980 \frac{\text{Бк}}{\text{л}}; \mu_1 C_H = 0,44 \frac{1}{\text{год}}.$$

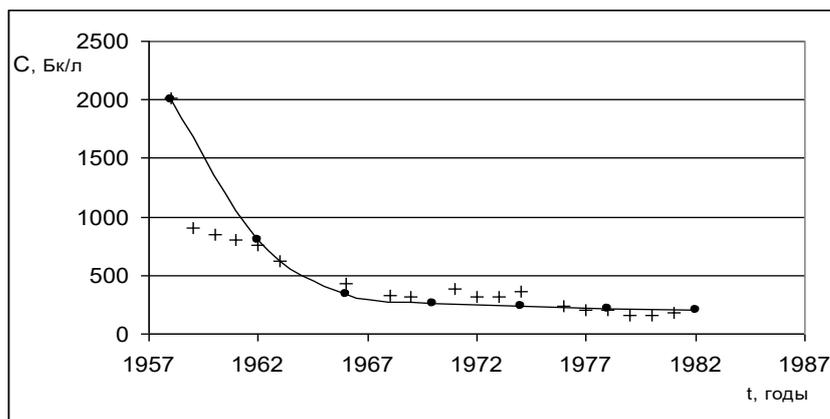


Рис. 1. Миграция радионуклидов ^{90}Sr в оз. Урус-Куль

Параметры модели определяют на основе экспериментальных данных по загрязнению водоемов:

1) Для кривой снижения концентрации растворенного C_s^{137} :

а) во времени $C_0 = 20-30$ Бк/л

$$C_\infty = 40-60 \text{ Бк/л}$$

$$\mu_1 C_H = 0,4 \div 0,56 \frac{1}{\text{год}} \rightarrow 0,5$$

б) в пространстве $C_0 = 30-40$ Бк/л

$$C_\infty = 37-49 \text{ Бк/л}$$

$$\mu_1 C_H = 0,0052 - 0,0069 \frac{1}{\text{м}} \rightarrow 0,0059$$

2) Для кривой снижения концентрации растворенного S_r^{90} во времени:

$$C_0 = 1200 \div 2300 \text{ Бк/л}$$

$$C_\infty = 2500 \div 4700 \text{ Бк/л}$$

$$\mu_1 C_H = 0,44 \div 0,62 \frac{1}{\text{год}} \rightarrow 0,5$$

Примеры расчетов по формулам на экспериментальном материале отражены на рис. 1, 2, 3 где использованы данные о миграции C_s^{137} и S_r^{90} в озере Урус-Куль, в ручье п. Карпиловка Злынковского района Брянской области.

На рисунках крестиками обозначены экспериментальные данные, отложенные вверх от оси абсцисс. Точками обозначены расчетные данные, отло-

женные от оси О – О вниз. Ось О-О расположена выше самой высокой экспериментальной точки на величину C_0 .

Построенная математическая модель позволяет рассчитывать место положения сооружений очистки от радиоактивного загрязнения на водотоке с учетом самоочищающей способности водотока.

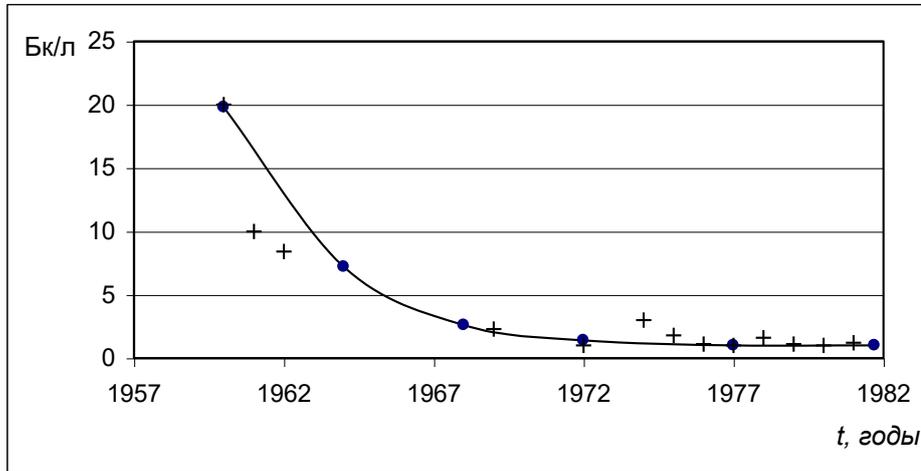


Рис. 2. Самоочищение воды от радионуклидов ^{137}Cs в оз. Урус-Куль.

$$C_0 = 20 \frac{\text{Бк}}{\text{л}}; C_\infty = 39 \frac{\text{Бк}}{\text{л}}; \mu_1 C_H = 0,402 \frac{1}{\text{год}}$$

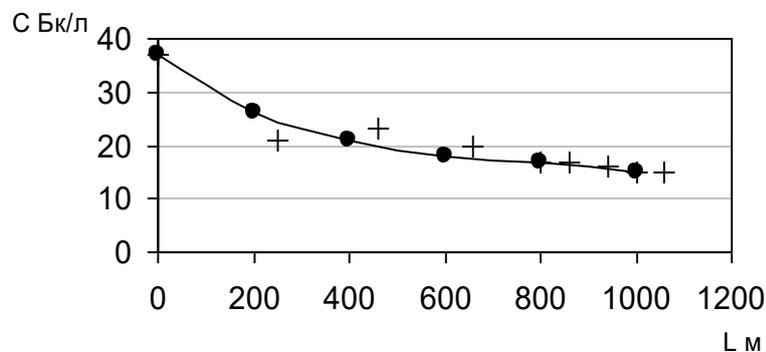


Рис. 3. Очищение воды от радионуклидов по длине ручья п. Карпиловка Брянской области

$$C_0 = 30 \text{ Бк} / \text{л}; C_\infty = 49 \text{ Бк} / \text{л}; \mu_1 C_H = 0,00511 \frac{1}{\text{м}}$$

Исходные данные к расчётам в работе № 3,4,6,7

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N _n	245	256	242	249	259	267	251	272	243	255	259	261	249	237	253	245	256	247	251	260	265	254	233	232
N _B	6,1	5,9	5,7	5,8	6,3	6,7	6,4	6,6	5,8	5,9	6,2	6,4	5,7	5,6	5,2	5,5	6,1	5,3	6,1	6,1	6,7	6,1	5,9	5,8
q	0,85	0,75	0,93	0,93	0,96	0,99	1,1	0,95	1,15	1	1,2	1,1	0,97	1	0,97	1,2	0,89	0,92	0,87	0,99	0,95	0,95	0,92	0,9
σ	0,7	0,8	0,85	0,89	0,76	0,77	0,8	0,85	0,89	0,85	0,9	0,75	0,79	0,8	0,82	0,75	0,79	0,84	0,84	0,87	0,88	0,81	0,79	0,75
h	4,3	4,5	4	6	6,5	4,8	4,5	6,5	7	6	5,5	3,8	4,2	4,6	4,3	4,5	5,3	4	4,5	4,6	5,4	5,2	5,6	5,2
ρ	22	20	16	18	17	15	26	17	21	19	16	19	23	21	23	17	22	20	18	18	20	17	15	14
Q _{нвес}	8	9	7	9	6	8	8,5	7,4	8	9	7,5	7,1	6,2	7,3	7	6,7	8	7	8	8	7	8	6	6
Q _{росен}	4	5	3,5	5	3,5	3,5	4,7	3,2	4	3,5	3,8	3,2	3,3	4,4	5	4,2	6	4	3,5	4	3	4	2,5	4
F	550	600	680	610	530	605	680	576	690	700	750	640	589	700	630	680	690	600	640	550	570	590	600	610
Q _{нвес}	3,9	4,1	4,1	5,4	5,1	6,3	4,7	3,7	4,1	3,8	3,6	2,9	4,1	3,8	4,3	4,7	3,7	3,4	3,8	3,7	3,2	3,7	3,3	3,8
Q _{росен}	2,8	2,5	3,2	2,7	2,5	3,1	2,4	2,4	2,7	2,2	2,5	1,8	2,8	2,2	2,1	2,8	2,2	2,3	2,4	2,3	2,5	2,3	2,5	2,3
B _{вес}	12	11	14	15	18	19	13	12,5	17	12	14	11	13	12,5	14	9,8	13	11	11	14	12	13	17	19
B _{осен}	6	5	7	8	7	6,5	6	5,8	9	5,5	7,5	7,2	6,3	4,7	6	4,7	6	6	6,5	7	5	6	8	10
ПДК	p/x	x/n	x/n	p/x	x/n	p/x	p/x	x/n	p/x	x/n	p/x	p/x	x/n	p/x	x/n	p/x	x/n	x/n	p/x	p/x	x/n	p/x	x/n	p/x
BT	1	2	2	3	4	5	5	4	1	3	4	2	3	4	3	4	5	2	5	4	5	1	2	3
Z ₁ ⁰	47																							
Z ₁ ^{CT}	585																							
μ ₁	0,0062																							
H _{BB}																								
μ ₁	0,026																							
H _{BB-д}																								
N ₁	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
C ₀	23																							
C _∞	39																							
μ ₁ C _H	0,5																							
C ₀	31																							
C _∞	37																							
μ ₁ C _H	0,005																							
C ₀	1550																							
C _∞	2550																							
μ ₁ C _H	0,5																							

Литература

1. Василенков С.В. Водохозяйственные реабилитационные мероприятия на радиоактивно-загрязненных территориях. М.: Московский гос. университет природообустройства, 2009. 290 с.
2. Алексахин Р.М. Радиоактивное загрязнение почвы и растений. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 132 с.
3. Загрязнение цезием-137 и стронцием-90 водных объектов на территории, подвергшейся воздействию выбросов аварийного блока ЧАЭС / С.М. Вакуловский и др. // Метеорология и гидрология. 1991. № 7. С. 64-73.
4. Загрязнение цезием-137 и стронцием-90 водных объектов РФ в зоне влияния аварийного выброса ЧАЭС / С.М. Вакуловский и др. // Метеорология и гидрология. 1996. № 4. С. 19-24.
5. Василенков В.Ф. Моделирование процессов стекания грунтовых вод с водосбора и методы расчетов сельскохозяйственного дренажа. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 1995. 250 с.
6. Василенков С.В. Самоочищение воды от радионуклидов в водоемах // Проблемы экологической безопасности и природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Вып. 7. М.: Норма МФЭБП, 2006. С. 137-140.
7. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Козлов Д.В. Водохозяйственная радиология: учебное пособие для студентов вузов. М.: МГУП, 2009. 413 с.
8. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: ЦИТП, 1986. 72 с.
9. СНиП 2.01.15.- 90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования.
10. Насосы и насосы станция / В.Ф Чебаевский, К.П. Вишневский, Н.Н. Накладов, В.В. Кондратьев; под ред. В.Ф. Чебаевского. М.: Агропромиздат, 1989. 419 с.

Учебное издание

Василенков С.В., Василенков В.Ф.

Методические указания к лабораторным,
расчетно-графическим и научно-исследовательским работам
для студентов высших учебных заведений в помощь изучения дисциплин
«Инженерная защита окружающей среды»,
«Основы градостроительства и планировка
населенных мест»

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 17.05.2019 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л. 2,55. Тираж 30 экз. Изд. № 6389.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ