

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.

Методическое пособие

для выполнения лабораторных, расчетно-графических
и научно-исследовательских работ
по инженерной защите окружающей среды
для студентов высших учебных заведений
в помощь по изучению дисциплин
«Инженерная защита окружающей среды»,
«Инженерное обустройство территорий»,
«Основы градостроительства и планировка
населенных мест»

Брянская область, 2024

УДК 62:504:626/627 (076)

ББК 20.1:38.77

В 19

Василенков, С. В. Методическое пособие для выполнения лабораторных, расчетно-графических и научно-исследовательских работ по инженерной защите окружающей среды для студентов высших учебных заведений в помощь по изучению дисциплин «Инженерная защита окружающей среды», «Инженерное обустройство территорий», «Основы градостроительства и планировка населенных мест» / С. В. Василенков, В. Ф. Василенков. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2024. – 60 с.

В методическом пособии рассмотрены вопросы инженерной защиты окружающей среды: экологическое состояние прилегающих к водоему земель, расчет пруда-накопителя, расчет загрязнения реки, подтопление населенных пунктов, расчеты выбросов вредных веществ в атмосферу, самоочищение 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.

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

Рецензенты: профессор д.с/х.н. Ториков В.Е.;
доцент к.т.н. Байдакова Е.В.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института Энергетики и Природопользования Брянского ГАУ, протокол № 5 от 26 апреля 2024 года.

© Брянский ГАУ, 2024

© С.В. Василенков, 2024

© В. Ф. Василенков, 2024

Содержание

Введение	4
1. Лабораторная работа №1. Определение экологического состояния прилегающих к водоему земель	5
2. РГР №2. Расчет пруда-накопителя	15
3. РГР №3. Расчет загрязнения реки грунтовым и поверхностным стоком	23
4 РГР №4 НИРС. Расчет подтопления населенных пунктов.	28
5. РГР №5 НИРС. Расчет впитывания внутриснежных вод в поглоительные элементы	35
6. РГР №6. Пример расчета выбросов вредных веществ в атмосферу от котельных при использовании различных видов топлива	41
7. РГР №7 НИРС. Самоочищение воды от радиоактивного загрязнения Cs^{137} и Sr^{90} в водоемах	45
Приложение 1	54
Приложение 2	56
Приложение 3	58
Список литературы	59

Введение

Возникновение противоречий между человеком и природой неизбежно. Весь ход истории цивилизации свидетельствует о том, что человек начал губить Землю гораздо раньше, чем пришел к мысли о необходимости ее беречь и охранять.

Проблема защиты окружающей среды является одной из важнейших проблем на сегодняшний день. Современная экологическая обстановка на планете характеризуется сосредоточением огромного количества техногенных источников.

Рост производства сопровождается широкомасштабными разрушениями природных систем и интенсивным загрязнением окружающей среды, что наносит огромный ущерб природе и обществу.

Сегодня в мире производства, технологий, информации стоит задача рационального использования природных ресурсов, позволяющего удовлетворять жизненные потребности людей, не нанося вред природе.

Научно-технической дисциплиной, определяющей способы и средства достижения экологически разумного компромисса между человеком и природой, является инженерная экология.

Инженерная экология – прикладная дисциплина, представляющая собой систему научно обоснованных инженерно-технических мероприятий, направленных на сохранение качества окружающей среды в условиях растущего промышленного производства. Инженерная экология возникла на стыке технических, естественных и социальных наук.

В отечественной литературе наряду с термином «инженерная экология» часто используют термины, близкие по смыслу, но не являющиеся синонимами, например: «прикладная экология», «промышленная экология», «безопасность жизнедеятельности», «защита окружающей среды», «охрана окружающей среды», и т.п. Особо следует отметить два последних термина.

Инженерная защита окружающей природной среды одна из важнейших дисциплин, изучаемых в области рационального взаимодействия человеческого общества и природы на современном этапе его развития. Решать поставленные задачи в рамках возникающих проблем, призвана армия студентов, объединенная научными направлениями и специальностями, такими как, Природообустройство и водопользование, Гидромелиорация сельскохозяйственных земель, Землеустройство и кадастр; Инженерные системы сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения. Всем им необходимо будет, вооружившись знаниями о технологиях и технических решениях, экологических нормах, нормативно-правовых законах, правилах этики и морали, наладить отношения общества и природы, так чтобы, человечество вышло на уровень устойчивого роста продолжительности жизни, которая должна стать приоритетом развития науки, культуры, здравоохранения и экономического уклада.

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:

Таблица 1. Исходные данные к расчёту

№	L, км	Q_n , м ³ /сек	h, м	b, м	φ	K_ϕ , м/сут	ℓ, м	Δ, м	H_k , м
1	3	7,9	2	3	1,5	5,4	530	7,1	1,4
2	4	9,9	2,3	5,3	2	6,2	640	6,7	1,5
3	5	8,3	2,2	3,5	1,5	6,7	680	6,6	1,3
4	5,5	8,6	2,4	4	2	5,8	710	5,8	1,6
5	6	9,3	2,5	4,5	1,5	6,3	820	7,4	1,7
6	6,5	9,4	2,6	5	2	5,2	570	5,2	1,2
7	7	8,1	2,8	5,5	1,5	6,8	640	6,2	1,3

В-№2

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

$\phi = 2$

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) измерить расход, фильтрующийся через экран q ;

б) измерить 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 $C_{эк} = 2,5-3$ руб/м³,

стоимость воды $C_{вод} = 0,35$ коп/м³, $\Rightarrow 0,3-0,6$ коп/м³;

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

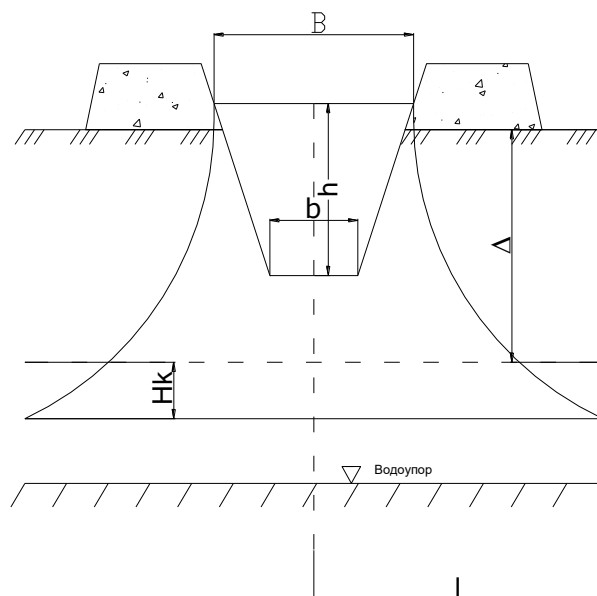


Рис. 1. Схема фильтрации из канала

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 заземленного 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).

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

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

$$\alpha = 0,29$$

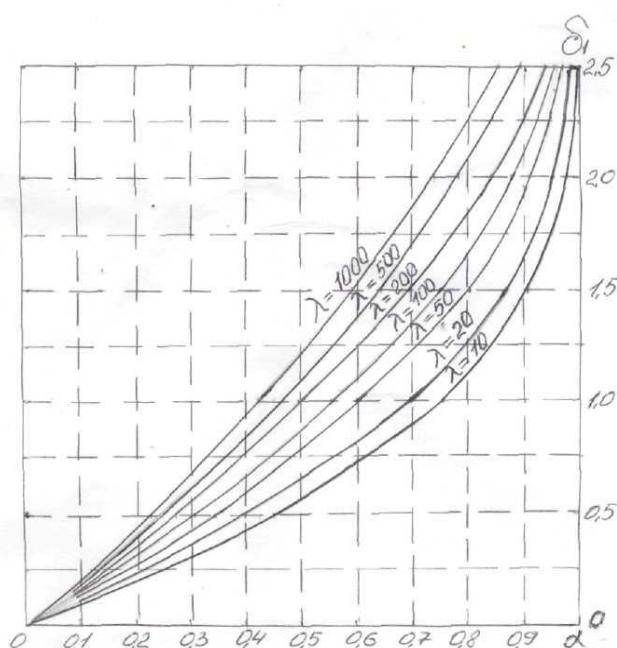


Рис. 2. Влияние уровня грунтовых вод на фильтрационный расход из канала при наличии испарения с поверхности грунтовых вод

$$K_b = 6,2 * ((0,45 - 0,25) / (0,5 - 0,25))^{3.5} = 2,84 \text{ м/сут};$$

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

$$Q = 0,00019 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$\Sigma Q = Q \cdot L$$

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

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 $H_{\text{п}}$ и слой суглинка высотой $H_{\text{экр}}$.

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

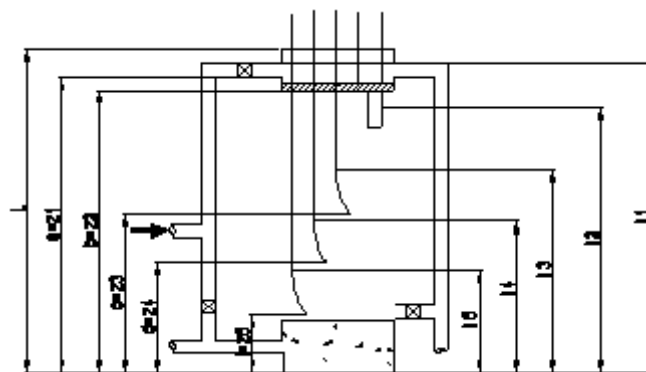


Рис. 3. Схема прибора Дарси

При работе прибора вода подается сверху, где поддерживается постоянный уровень и отводится снизу. Расход воды замеряется 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 замерить 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 $\Delta h_{\text{суг}} = h_1 - h_2$ $\Delta h_{\text{пес}} = h_2 - h_5$.

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

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

4. С трехкратной повторностью замерить мензуркой объем воды, вытекающий из прибора за определённые промежутки времени, засекаемые по секундомеру. 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.

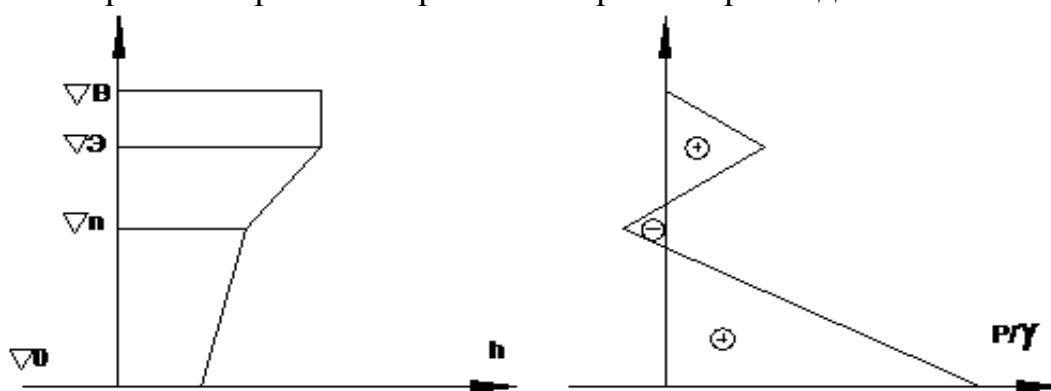


Рис. 4. Эпюры напоров и давлений в фильтрационном потоке

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

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

$$V = K * J$$

где J – градиент напора.

V – скорость фильтрации

$$K_{\phi} = V / J$$

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

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

Скорость фильтрационного потока определяется по формуле:

$$V = Q/\omega$$

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

Таблица 2. 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 3. 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 $\omega = 266 \text{ см}^2$

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

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

$$J_{\text{суг}} = h_1 - h_8/L_{\text{суг}} = 104,5 - 78,6/11,2 = 2,3 \quad L_{\text{суг}} = Z_1 - Z_8$$

$$J_{\text{пес}} = h_8 - h_{16}/L_{\text{пес}} = 77 - 75/70,9 = 0,02 \quad L_{\text{пес}} = Z_9 - Z_{16}$$

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

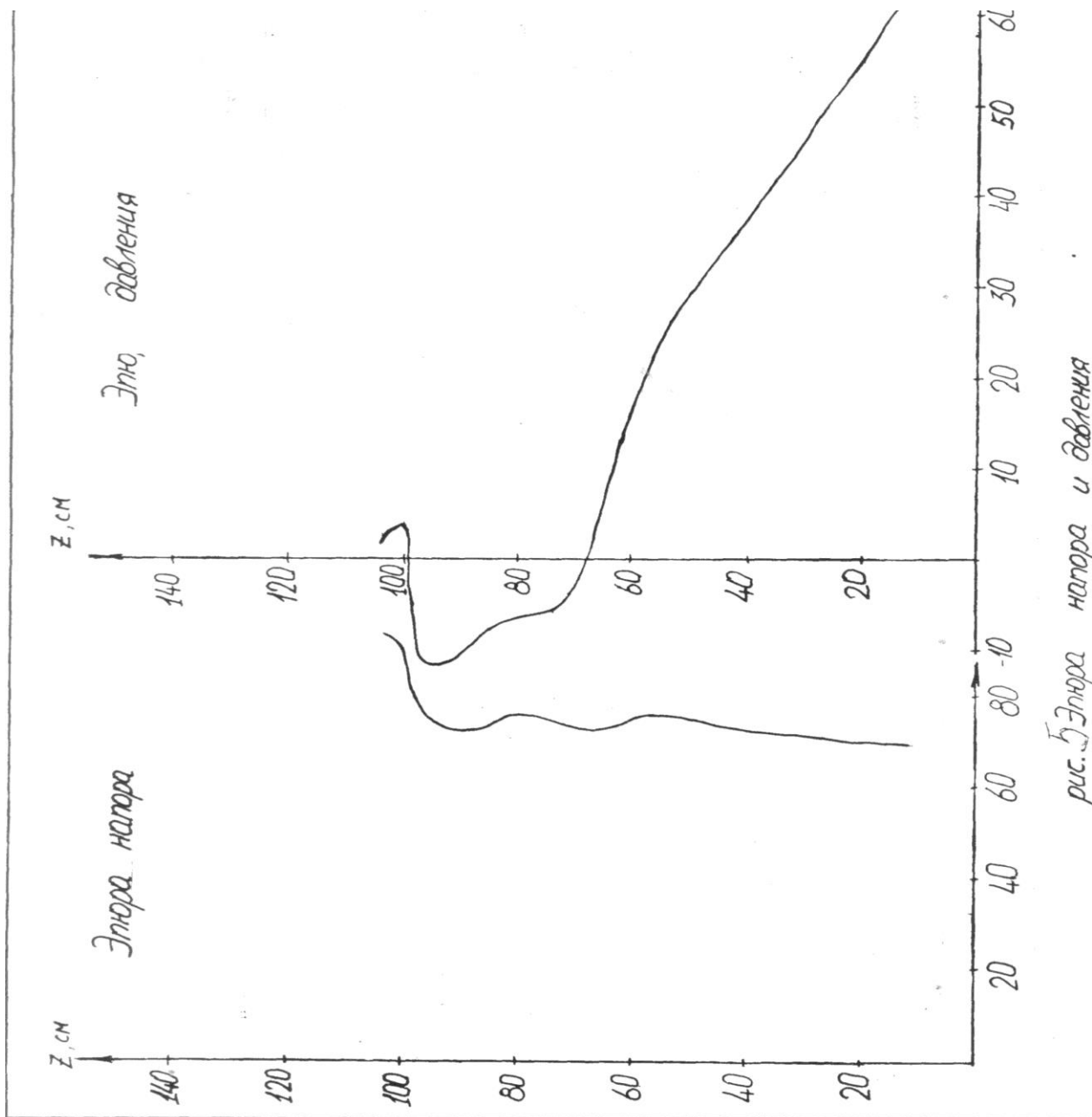


рис. 5 Эпюра напора и давления

Вывод: Эпюра напоров показывает, что при прохождении экрана, напор резко уменьшается, хотя длина пути мала (на расстоянии 11,2 см напор теряет на 25,9 см), через песок напор теряется на 3,6 см при $l=80,8$ 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 4. 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 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
1- β	0,28	0,44	0,54	0,61	0,66	0,7	0,76	0,8
W _{сут}	18489,9	28771,2	35424	40003,2	43372,8	46051,2	49680	52272
W _{сез}	3882879	6041952	7439040	8400672	9108288	9670752	10432800	10977120
η	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 противофильтрационных мероприятий

А) 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 6. 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
B _q	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
T _{под}	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 7. 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
ток.	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 подтопляется 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 добегаания, применима объемная формула (смотри схему алгоритма) в которой вместо всего слоя весеннего половодья учитывается максимальный суточный слой. За расчетный принимаем расход 50% обеспеченности. Время добегаания по руслу балки определялось при скорости руслового добегаания 1800 м/час, время добегаания 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

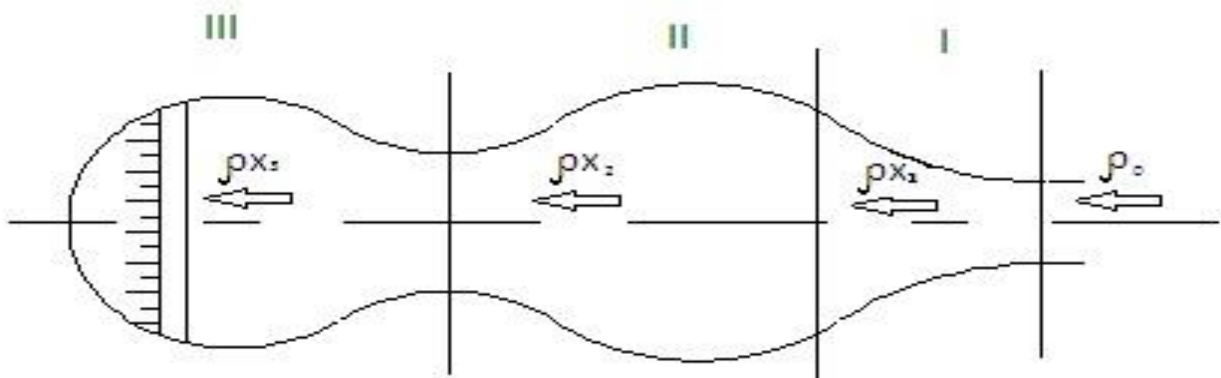


Рис. 1. Расчетная схема пруда-накопителя.

Таблица 1. Распределение коэффициента наносоудерживающей способности

Коэффициент наносоудерживающей способности, $K_{уд}$	Секции			Общ.
	I	II	III	
1,0...0,9				2
0,9...0,8				8
0,8...0,7				
<0,7	9	9	12	30

Таблица рассчитана с тем условием, что общее количество прудов ($\Sigma=10$) равно общему количеству человек в группе студентов (п.41 гр.).
 Малый коэффициент наносоудерживающей 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 заиливание пруда, уменьшение значений морфологических параметров и снижение коэффициента наносоудерживающей способности пруда, поэтому расчеты нужно вести по осредненным за выбранный период времени морфологическим параметрам.

Все расчеты производятся по логической схеме алгоритма (см. рис. 2).
 Исходные данные (см. таблица 2):

Таблица 2. Исходные данные к расчету
Первая половина таблицы 2

№	h _{ср} ,ММ	F,кМ	L _л	I _{оск} ,М	V _{оск} ,М/ч	L _{оск} ,М	P ₁	P ₂	P ₃	ρ ₀	B _{1ср} ,М	L ₁ ,М
1	17,3	1,65	174	45	72	0	0,45	0,37	0,18	1	10	58
2	18,9	4,098	95	50	144	80	0,48	0,42	0,1	1	30	245
3	19,4	2,66	146	44	142	37	0,48	0,42	0,1	1	45	51
4	22,8	0,109	19	21	36	0	0,44	0,4	0,16	1	12	23
5	18	2,865	115	53	144	27	0,44	0,4	0,16	1	25	230
6	12,5	4,372	300	6	108	0	0,45	0,37	0,18	1	41	240
7	22,8	0,456	33	33	72	97	0,44	0,4	0,16	1	36	73
8	22,8	0,273	38	46	142	26	0,42	0,46	0,12	1	34	39
9	22,8	1,028	53	59	142	30	0,48	0,42	0,1	1	29	100
10	22,8	0,394	38	40	142	23	0,48	0,42	0,1	1	31	100
11	18,7	3,334	162	120	108	0	0,48	0,42	0,1	1	61	81
12	22,8	0,456	21	31	72	32	0,45	0,37	0,18	1	18	20
13	18,7	0,145	43	34	36	4	0,45	0,37	0,18	1	15	89
14	22,8	0,224	61	18	36	0	0,44	0,4	0,16	1	14	58
15	22,8	0,754	50	55	142	14	0,44	0,4	0,16	1	20	145
16	22,8	0,284	44	35	72	0	0,44	0,4	0,16	1	15	60
17	22,8	1,044	110	18	36	0	0,44	0,4	0,16	1	34	64
18	22,8	0,179	20	36	142	30	0,44	0,4	0,16	1	12	20
19	22,8	0,29	37	35	72	39	0,48	0,42	0,1	1	45	32
20	22,8	0,585	48	29	72	32	0,48	0,42	0,1	1	69	270
21	18,7	7,729	253	57	144	147	0,48	0,44	0,1	1	48	190
22	17,6	0,15	16	28	36	15	0,44	0,4	0,08	1	11	116
23	22,8	0,345	59	50	144	16	0,42	0,46	0,16	1	24	112
24	33,8	0,421	72	39	144	13	0,42	0,46	0,12	1	26	70
25	22,8	0,28	42	39	144	13	0,42	0,46	0,12	1	23	20
26	22,8	0,781	114	39	144	13	0,42	0,46	0,12	1	30	86
27	22,8	1,148	117	52	144	24	0,42	0,46	0,12	1	8	48
28	18	0,129	17	40	72	22	0,44	0,4	0,12	1	12	19
29	22,8	0,228	22	35	72	0	0,44	0,4	0,16	1	20	30
30	22,8	0,608	51	33	72	16	0,44	0,4	0,16	1	18	48
31	22,8	0,295	17	33	72	16	0,44	0,4	0,16	1	10	24
32	22,8	0,205	24	62	144	21	0,48	0,44	0,16	1	19	21
33	18	0,3	32	34	72	13	0,48	0,44	0,08	1	21	36
34	22,8	1,313	54	34	72	80	0,44	0,4	0,08	1	33	116
35	17,6	4,315	235	74	72	0	0,42	0,45	0,16	1	65	410
36	22,8	0,788	107	53	144	103	0,48	0,44	0,12	1	15	90
37	22,8	0,619	75	53	144	103	0,48	0,44	0,08	1	5	145
38	19,2	0,546	69	64	72	0	0,48	0,42	0,1	1	10	42
39	20,5	0,379	48	58	144	28	0,44	0,4	0,16	1	17	38
40	19,8	1,835	170	5	144	0	0,44	0,4	0,13	1	37	56
41	19,2	0,288	31	67	216	11	0,42	0,45	0,12	1	29	38
42	13,7	0,345	17	18	36	22	0,48	0,45	0,05	1	17	33
43	19,2	0,61	78	14	36	13	0,44	0,4	0,16	1	40	125

Вторая половина таблицы 2

№	ω_1, M^2	$H_{1\text{cp}}, \text{M}$	$B_{2\text{cp}}, \text{M}$	L_2, M	ω_2, M^2	$H_{2\text{cp}}, \text{M}$	$B_{3\text{cp}}, \text{M}$	L_3, M	ω_3, M^2	$H_{3\text{cp}}, \text{M}$
1	15	1,15	36	228	90	1,36	40	33	152	1,5
2	74	1,35	75	44	162	1,3	65	85	210	1,48
3	22	0,79	89	173	196	1,3	163	30	218	1,11
4	17	1,13	16	20	27	1,19	24	55	62	1,37
5	49	1,25	30	125	39	1,08	50	225	146	1,42
6	116	1,42	77	34	259	1,5	89	32	300	1,5
7	31	1,2	88	37	153	1,2	68	37	234	1,51
8	23	0,9	46	34	71	1,16	37	15	92	1,34
9	11	0,73	55	39	24	0,76	40	143	34	1,11
10	50	1,18	49	24	112	1,32	58	43	139	1,34
11	33	0,82	15	202	151	2,16	137	54	263	1,25
12	14	0,92	66	62	70	1,04	44	53	163	1,55
13	77	1,72	30	10	161	1,75	30	9	178	1,81
14	28	1,26	34	108	107	1,47	35	59	196	1,78
15	30	1,15	17	105	50	1,44	57	30	66	1,05
16	30	1,26	18	84	103	1,79	21	73	182	2,06
17	17	0,8	51	28	42	0,94	23	22	55	1,34
18	10	0,04	22	58	49	1,31	28	18	86	1,45
19	17	0,73	24	42	54	1,31	41	12	82	1,26
20	128	0,23	23	13	262	1,29	117	11	271	1,33
21	40	0,94	60	140	109	1,22	60	160	172	1,42
22	28	1,36	24	33	68	1,42	28	22	83	1,44
23	119	1,71	81	35	280	1,32	86	29	140	1,18
24	48	1,23	40	42	125	1,46	55	37	179	1,48
25	10	0,76	26	30	36	1,12	34	42	85	1,36
26	140	1,67	65	58	75	1,8	74	38	329	1,93
27	17	1,29	19	99	52	1,4	40	105	130	1,48
28	10	0,94	17	10	23	1,11	17	36	53	1,46
29	23	1,05	25	45	80	1,48	60	27	35	1,31
30	23	1,09	37	96	94	1,37	49	37	165	1,5
31	13	1,09	32	37	47	1,14	33	43	89	1,4
32	17	0,07	33	32	64	1,23	48	23	103	1,3
33	29	1,12	43	34	84	1,23	43	35	134	1,33
34	8	0,62	113	18	183	1,62	155	26	204	1,1
35	153	1,33	90	70	331	1,55	85	120	402	1,68
36	15	1	17	48	37	1,3	14	14	44	1,47
37	25	0,35	35	93	67	1,24	32	34	89	1,41
38	14	1,12	21	91	59	1,41	28	71	114	1,6
39	48	1,42	30	50	135	1,31	50	50	284	1,79
40	29	0,02	43	80	100	1,31	47	20	145	1,46
41	40	1,12	51	29	112	1,3	30	36	180	1,45
42	26	1,16	50	40	67	1,1	37	33	93	1,39
43	22	0,82	42	25	84	1,25	50	170	154	1,43

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	В _{ср} ; м	L; м	ó; м ²	Н _{ср} ; 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_H – 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;

$\acute{o}, V_{ср}, H_{ср}, L$ – площадь живого сечения, средняя ширина, средняя глубина, длина расчетного участка пруда.

$Q_{ср}$ – расход воды $P = 50\%$, м³/сек

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

F – площадь водосбора, км²
 $L_{л}, U_{л}$ – длина и скорость добегаания воды лога;
 $L_{эск}, U_{эск}$ – длина и скорость добегаания воды на эродированной части склона.

1 секция

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

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

$$V_{пр} = Q / \omega$$

$$W_{н} = (Q / L * B_{cp}) * 1000$$

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

$$a = P_2 / P_3$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$W_1 = 0,00134$$

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

$$\begin{aligned} & \text{т.к. } V_{пр} < 0,05, \text{ а } W_H < W_{n+1}, \text{ то} \\ \rho_{xI} = C_{0I} & * (\ln(W_H / W_1) - (W_H - W_1) / W_{n+1}) - (C_{0I} / 2 * W_H * W_{n+1}) * (W_H - W_1) * \\ & * (2 * W_{n+1} - W_H - W_1) \end{aligned}$$

$$\rho_{xI} = 0,1278 * (\ln(0,402/0,00134) - (0,402 - 0,00134) / 9,1) - (0,1278 / 2 * 0,402 * 9,1) * (0,402 - 0,00134) * (2 * 9,1 - 0,402 - 0,00134) = 0,597 \text{ кг/м}^3$$

2 секция

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

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

$$C_{0II} = 0,597 / (\ln(9.1/0.00134) - (9.1 - 0.00134) / 9.1) = 0,0763$$

$$\begin{aligned} & \text{т.к. } V_{пр} < 0,05, \text{ а } W_H < W_{n+1}, \text{ то} \\ \rho_{xII} = C_{0II} & * (\ln(W_H / W_1) - (W_H - W_1) / W_{n+1}) - (C_{0II} / 2 * W_H * W_{n+1}) * (W_H - W_1) * \\ & (2 * W_{n+1} - W_H - W_1) \end{aligned}$$

$$\rho_{xII} = 0,0763 * (\ln(0,239/0,00134) - (0,239 - 0,00134) / 9,1) - (0,0763 / 2 * 0,239 * 9,1) * (0,239 - 0,00134) * (2 * 9,1 - 0,239 - 0,00134) = 0,3186 \text{ кг/м}^3$$

3 секция

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

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

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

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

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

$$\rho_{xIII} = 0,0407 * (\ln(0,236 / 0,00134) - (0,236 - 0,00134) / 9,1) - (0,0407 / 2 * 0,236 * 9,1) * (0,236 - 0,00134) * (2 * 9,1 - 0,236 - 0,00134) = 0,1699 \text{ кг/м}^3$$

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 наносодерживающей способности.

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

$$K_{удI} = \rho_0 - \rho_{xI} = 1 - 0,597 = 0,403$$

$$K_{удII} = \rho_0 - \rho_{xII} = 0,597 - 0,3186 = 0,2784$$

$$K_{удIII} = \rho_0 - \rho_{xIII} = 0,3186 - 0,1699 = 0,1487$$

РГР № 3 НИРС

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.

Таблица 2. 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;

$$B_N = (0,03 \cdot 185,71 + 0,0002 \cdot 60000 + 0,007 \cdot 230) \cdot 11897,28 / (7500 + 11897,28) + 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot (0,35 \cdot 285,71 + 0,002 \cdot 60000 + 0,66 \cdot 230 + 5300) + [0,7 \cdot 10^{-3} \cdot (0,03 \cdot 285,71 + 0,0002 \cdot 60000 + 0,07 \cdot 2300)] \cdot 0,8 = 16,39 \text{ кг/га.}$$

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

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

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

Исходные данные к расчету:

$$q_{\text{ливес}} = 7 \text{ л/с га}$$

$$q_{\text{пос}} = 3 \text{ л/с га}$$

$$F = 500 \text{ га}$$

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

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

$$V_{\text{ливес}} = 10 \text{ м}$$

$$V_{\text{ос}} = 5 \text{ м}$$

$$\text{ПДК}_{NO_3} = 10 \text{ мг/л}$$

$$\text{ПДК}_{NH_4} = 2 \text{ мг/л}$$

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;

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

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

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

$$\text{Осень: } \alpha = 0,92-0,75; \quad \beta = 0,08-0,25$$

$$\text{Весна: } \alpha = 0,89-0,41; \quad \beta = 0,11-0,59$$

Хозяйственно питьевое водоснабжение:

$$C_{NO_3^{вес}} = 16,39 * 0,6 * 4.5 * 10^3 / (3576,96 + 27820,8) = 1,39 \text{ мг/л}$$

$$C_{NO_3^{осень}} = 16,39 * 0,8 * 4.5 * 10^3 / (4743,36 + 8743,68) = 4,36 \text{ мг/л}$$

$$C_{NH_4^{весна}} = 16,39 * 0,4 * 1.28 * 10^3 / (3576,96 + 27820,8) = 0,263 \text{ мг/л}$$

$$C_{NH_4^{осень}} = 16,39 * 0,2 * 1.28 * 10^3 / (4743,36 + 8743,68) = 0,306 \text{ мг/л}$$

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:

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

$$C_{pNO_3(весна)} = (3500 \cdot 0,6 + 1,39 \cdot 0,9 \cdot 500 + 1,39 \cdot 7 \cdot 500) / (3500 + 0,9 \cdot 500 + 7 \cdot 500) = 1,01 \text{ мг/л}$$

$$C_{pNO_3(осень)} = (2600 \cdot 0,5 + 4,36 \cdot 0,9 \cdot 500 + 4,36 \cdot 3 \cdot 500) / (2600 + 0,9 \cdot 500 + 3 \cdot 500) = 2,15 \text{ мг/л}$$

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

$$C_{pNH_4(весна)} = (3500 \cdot 0,4 + 0,263 \cdot 0,9 \cdot 500 + 0,263 \cdot 7 \cdot 500) / (3500 + 0,9 \cdot 500 + 7 \cdot 500) = 0,327 \text{ мг/л}$$

$$C_{pNH_4(осень)} = (2600 \cdot 0,45 + 0,306 \cdot 0,9 \cdot 500 + 0,306 \cdot 3 \cdot 500) / (2600 + 0,9 \cdot 500 + 3 \cdot 500) = 0,388 \text{ мг/л}$$

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

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

$$\text{весна } 1,01/10 + 0,327/2 = 0,264 \leq 1$$

$$\text{осень } 2,15/10 + 0,388/2 = 0,409 \leq 1$$

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:

$$L = 30 \cdot B$$

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

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

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 $L_q = 1$ км

$$\text{Весна: } \frac{C_d}{\text{ПДК}_d} = 0,264 \cdot \frac{0,3}{1} = 0,0792 \leq 1$$

$$\text{Осень: } \frac{C_d}{\text{ПДК}_d} = 0,409 \cdot \frac{0,15}{1} = 0,0613 \leq 1$$

Вывод: длина разбавления сточных вод < 1 км. т.е. между объектом загрязнения и ближайшим пунктом хозяйственно-питьевого водоснабжения вода разбавляется до норм $< \text{ПДК}$. 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

НИРС

Расчет подтопления населенных пунктов

Одним из видов зон с особыми условиями использования территорий являются зоны затопления и подтопления (ЗПП). Такие зоны связаны с близким расположением с водными объектами или грунтовыми водами. Например, с водохранилищами, реками.

Зона подтопления – это зона, где грунтовые воды находятся очень близко, и есть риск, что они выйдут на поверхность. А это представляет опасность и для людей, и для строений.

В зонах затопления вода идет не снизу, а сверху: сильные дожди, разливание рек. Обычно сюда относятся участки:

- на берегу рек,
- рядом с естественными или искусственными водоемами,
- рядом с плотинами или другими водными сооружениями,

В границах ЗПП устанавливается особый режим использования территорий. Там запрещается:

- размещать новые населенные пункты и объекты капитального строительства без обеспечения защиты от затоплений;
- использовать сточные вод в целях регулирования плодородия почв;
- размещать кладбища, скотомогильники и прочие токсичные объекты;
- распылять с воздуха химикаты против вредителей.

Но и это еще не всё. Собственник водного объекта (муниципалитет, местные администрации) обязан предпринять меры, которые бы предотвратили возможные затопления территории. А если вдруг такое произошло – ликвидировать последствия. То есть дополнительные обязанности накладываются законом как на владельцев земельных участков рядом с водным объектом, так и на владельцев самого водного объекта.

Главный вопрос: можно ли в таких зонах строить? Строительство индивидуальных жилых домов невозможно на береговой полосе – в 20 метрах от водного объекта. А вот на участке, который находится в пределах водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы, строить можно: ст. 67.1 Водного кодекса РФ допускает возведение строений в зонах затопления, если обеспечивается их инженерная защита.

То есть строить разрешают — но что такое инженерная защита, не вполне ясно. Водный кодекс этот вопрос не раскрывает, и людям остается только догадываться, что именно от них требуется. В любом случае, эти мероприятия должны согласовываться с органами власти для каждого отдельного случая, независимо от того, находится ли участок в зоне затопления или в зоне подтопления. При этом, по объему такие мероприятия могут различаться. К сооружениям инженерной защиты относятся:

дамбы обвалования,
дренажи,
дренажные и водосбросные сети,
нагорные водосбросные каналы,
быстротоки и перепады,
трубопроводы и насосные станции.

В зависимости от природных условий, может потребоваться возвести как какое-то отдельное сооружение, так и сразу несколько.

Проведенные исследования в течение последних десятилетий [1] констатируют, что во многих регионах мира и, в частности, в российских [2], имеется тенденция роста интенсивности ливневых дождевых осадков, что приводит к повышению нормативных максимальных расходов воды, на которые рассчитываются гидротехнические сооружения.

В большей степени это явление связывают с повышением температуры воздуха [1], поскольку теплый воздух потенциально может содержать больше водяных паров, которые затем могут проявиться в ливневых осадках. Однако другие причины также вероятны, например, увеличение аэрозолей в воздухе, как ядер конденсации, вследствие урбанизации и изменения в целом атмосферных процессов из-за потепления климата [3].

Повышение максимальных дождевых расходов проявляется на малых водосборах, в первую очередь, ввиду малого времени добегания дождевых вод к замыкающему створу речного бассейна.

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:

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

При следующих параметрах на конечный момент времени:

$$Z_L^0 = 51 \text{ см}$$

$$Z_L^{ct} = 480 \text{ см}$$

$$\mu_1 H_{BB} = 0,0036 \text{ 1/м} \Rightarrow 0,0036 - 0,00625 \text{ 1/м. (см. рис.1).}$$

Все расчеты сводим в таблица 1

Таблица 1. Результаты расчетов

L, м	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Z _L , см	69,9	94,2	124,5	160,4	200,8	243,6	286,3	326,0	361,1	390,3	413,7	431,7

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

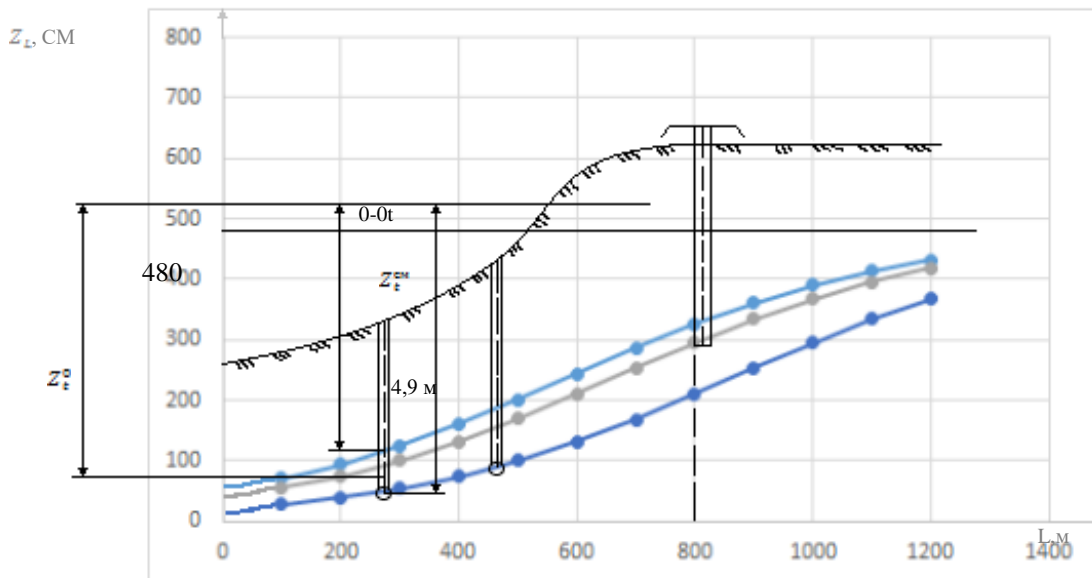


Рис. 1. Размещение дрен на водосборе

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 $\mu_1 \chi mg$:

$$\mu_1 H_{ВВ} - Д + \mu_1 \chi mg = 0,04 \text{ 1/сут} \Rightarrow 0,04 - 0,06 \text{ 1/сут}$$

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

$Д$ – интенсивность инфильтрации талых вод;

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

$$Z_t^0 = 460 \text{ см}$$

$$Z_t^{ст} = 425 \text{ см} \quad \text{сняты с графика (см. рис.1).}$$

$$\mu_1 H_{ВВ} - Д = 0,02 \text{ 1/сут. сняты с графика (см. рис.1).}$$

Расчет ведется по формуле:

$$Z_{с-д} = Z_t^{ст} / (1 + ((Z_t^{ст} - Z_t^0) / Z_t^0) * e^{-(\mu_1 H_{ВВ} - Д) * t}) \quad (2)$$

Таблица 2. Результаты расчетов

t, сут	2	4	6	8	10	12
$Z_{с-д}$, см	458,5	457,1	455,8	454,5	453,2	452,1

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

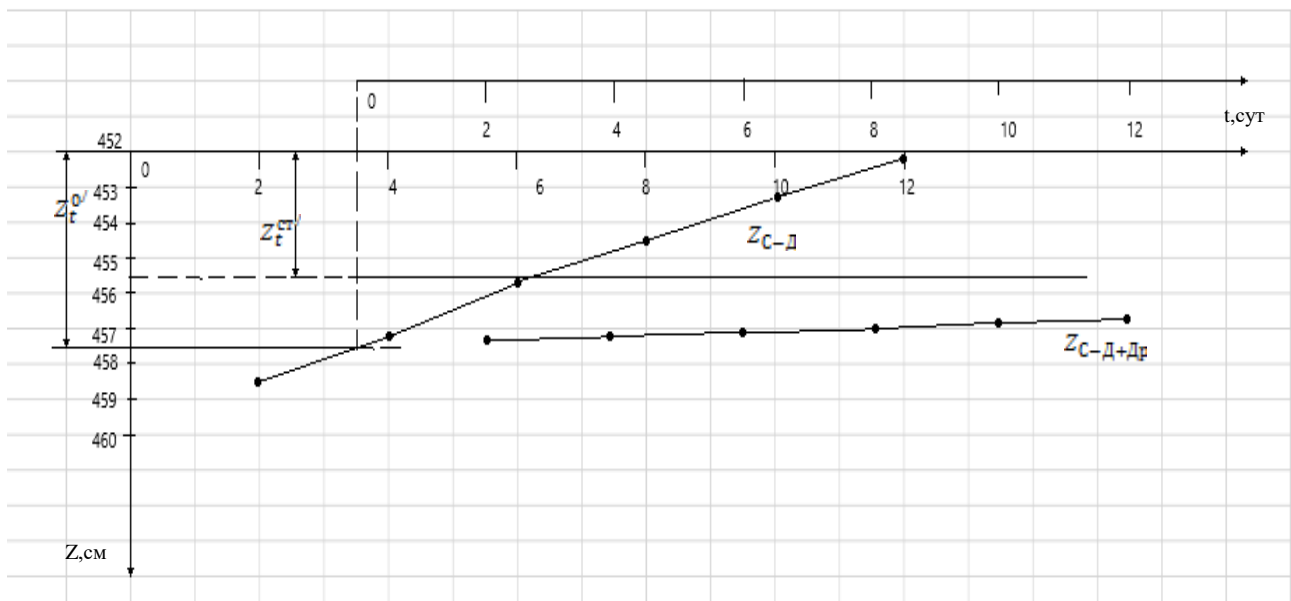


Рис. 2. Кинетика подъема УГВ

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

$$Z_{C-Д+Др} = Z_t^{ст'} / 1 + ((Z_t^{ст'} - Z_t^{0'}) * e^{-(\mu_1 H_{ВВ} - Д + \mu_1 \chi mg) * t} \quad (3)$$

Дрена начинает работать, когда уровень грунтовых вод в скважине поднимается до значения $Z=457,5$ см считая от оси $00t$, высота подъема уровня грунтовых вод уменьшается и становится равной $h = Z_t^{0'} - Z_t^{ст'} = 460 - 455,5 = 5$ см.

Расчет сводим в таблицу 3 при следующих параметрах:

$$Z_t^{0'} = 457,5 \text{ см}$$

$$Z_t^{ст'} = 455,5 \text{ см} - \text{сняты графика (см. рис. 2)}$$

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

Таблица 3. Результаты расчетов

t, сут	2	4	6	8	10	12
$Z_{C+Др}$, см	457,3	457,2	457,1	457,0	456,8	456,7

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

$$\mu_1 H_{ВВ} = 0,0036$$

$$L = 200 \text{ м}$$

$$Z_t^{ст'} = 455,5 \text{ см}$$

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

$$Z_t = Z_{00t} - Z_t^{ct} = 530 - 455,5 = 74,5 \text{ см}$$

$$Z_0^L = Z_L^{ct} / ((Z_L^{ct} - Z_t) / (Z_t * e^{-\mu_1 H_{BB} L}) + 1) \quad (4)$$

$$Z_0^L = 480 / ((480 - 74,5) / (74,5 * e^{-0,0036 * 200}) + 1) = 39,4 \text{ см}$$

Определим значения пространственной кривой при параметрах:

$$Z_0^L = 39,4 \text{ см}$$

$$Z_L^{ct} = 480 \text{ см}$$

$$\mu_1 H_{BB} = 0,0036 \text{ 1/м}$$

По формуле:

$$Z_L = Z_L^{ct} / (1 + ((Z_L^{ct} - Z_0^L) / Z_0^L) * e^{-\mu_1 H_{BB} L}) \quad (5)$$

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

Таблица 4. Результаты расчетов

$L, \text{ м}$	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
$Z_L, \text{ см}$	55	74	100	132	169	210	253	295	334	368	396	418

На рисунке 1 строится еще одна кривая при $L = 400 \text{ м}$

$$Z_0^L = 480 / ((480 - 74,5) / (74,5 * e^{-0,0036 * 400}) + 1) = 20,0 \text{ см}$$

Определим значения пространственной кривой при параметрах:

$$Z_0^L = 20 \text{ см}$$

$$Z_L^{ct} = 480 \text{ см}$$

$$\mu_1 H_{BB} = 0,0036 \text{ 1/м}$$

По формуле:

$$Z_L = Z_L^{ct} / (1 + ((Z_L^{ct} - Z_0^L) / Z_0^L) * e^{-\mu_1 H_{BB} L}) \quad (6)$$

Получим таблицу 5, по которой построим пространственную кривую изменения УГВ после начала работы дренажа 2 (см. рис. 1).

Таблица 5. Результаты расчетов

$L, \text{ м}$	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
$Z_L, \text{ см}$	28	39	54	74	100	131	168	210	253	295	334	368

Заключение:

Водохозяйственная проблема малых населённых пунктов является очень острой – экономия воды, перебои в водоснабжении, отсутствие обильного водного источника [4] – накладывается на проблему противостояния природным катаклизмам в виде наводнений и подтоплений территорий из-за снегового и дождевого паводка. Поэтапное проектирование, качественное строительство защитного дренажа в сочетании с другими мероприятиями, такими как строительство дамбы обвалования, нагорно-ловчих каналов, создание прудов накопителей и других аккумулялирующих ёмкостей (колодцев, водоёмов-копаней), позволит решить такие проблемы, не доводя их до критического состояния, что существенно облегчит положение людей на территориях подобных регионов [5].

Выводы: 1) Дрена 1 недостаточно осушила подвальное помещение. Такое случается довольно часто, поэтому необходимо поэтапное проектирование и строительство на основании данных полученных по наблюдательным скважинам за изменениями уровня грунтовых вод.

2) Наблюдательные скважины необходимо устанавливать на всех проблемных участках территорий ЗПП.

3) Для более полного осушения строится дополнительная дрена 2 выше по водосбору, которая существенно понизила УГВ и осушила подвальное помещение здания. Поэтому чтобы не пропал отводимый объём воды, его необходимо аккумулялировать в водоёмах-копанях и специально оборудованных колодцах.

4) Проектирование и строительство дополнительной дрены, проводят на основании расчётов по кинетической модели, которая позволяет учесть необходимую динамику изменения движения грунтовых вод во времени и пространстве, что поможет совершенствовать дренажную систему, добиваться надежного осушения и экономного отношения к водным ресурсам, а также учесть проблемы водопотребления [6].

Литература

1. Золина О.Г., Булыгина О.Н. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. Т. 1. С. 84–103.

2. Черенкова Е.А. Влияние изменений крупномасштабной атмосферной циркуляции и температуры поверхности океана на тренды летних осадков на Европейском Севере России по наземным и спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15, № 5. С. 229–238.

3. Черенкова Е.А., Бардин М.Ю., Золотокрылин А.Н. Статистика осадков и засух в противоположные фазы квазидвухлетней цикличности атмосферных процессов и ее связь с урожайностью на европейской территории России // Метеорология и гидрология. 2015. № 3. С. 23–35.

4. Василенков С.В. Водохозяйственные реабилитационные мероприятия на радиоактивно загрязненных территориях: монография. М.: Изд-во МГУП, 2010. 289 с.

5. Василенков С.В., Холодкова Г.С. Рекомендации по регулированию внутриснежного стока. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 1999. 30 с.

6. Василенков В.Ф. Моделирование процессов стекания грунтовых вод с водосбора и методы расчетов сельскохозяйственного дренажа: монография. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 1995. 250 с.

РГР № 5 НИРС

Расчет впитывания внутриснежных вод в поглотительные элементы

Снежный покров можно использовать в мелиоративных целях, что в степных и лесостепных районах России давно уже делается путем снегозадержания для предохранения озимых культур от вымерзания, а также для задержания влаги на полях и для предотвращения эрозии почв во время весеннего снеготаяния.

Снеговая вода, увлажняя почву, является источником влаги для сельскохозяйственных и лесных растений, питает грунтовые воды, пополняет реки.

От запаса воды в снежном покрове зависят весеннее увлажнение почв и, следовательно, продуктивность растений.

На равнинах на территории СНГ средняя высота снежного покрова колеблется от 30 до 70 см.

Уменьшение урожайности зерна озимой пшеницы отмечается при снижении средней температуры воздуха в зимний период, увеличении средней глубины промерзания почвы более чем на 60 см, а также при низком (12...14 см) и высоком (32... 36 см) снежном покрове (в среднем за зимний период). Оптимальным уровнем снежного покрова можно считать 20...23 см [1].

Если почва промерзла еще до установления снежного покрова, то в данном случае увеличение высоты снежного покрова от 50 см до 1 метра мало отражается на температурном режиме растений, находящихся под снегом. В данном случае закаленные растения хорошо перезимовывают.

Использование снежного покрова в сельском хозяйстве имеет исключительное значение. Слой снежного покрова содержит значительные запасы влаги, обеспечивающие во многих районах устойчивый урожай. Закрепление снежного покрова на полях производится комплексным снегозадержанием. Запасы скопившегося за зиму снега и характер снеготаяния определяют размеры весеннего половодья.

Сейчас почти повсеместно широко входит в практику снежная мелиорация, то есть регулируются высота снежного покрова (с соответствующим изменением плотности и теплопроводности снега), накопление и задержание снега, интенсивность таяния, условия стока талых вод и прочее. Все это позволяет дополнительно собирать многие тонны зерна и другой сельскохозяйственной продукции.

Чтобы задержать на поле выпавший снег, применяют разные способы: собирают снег в валики, уплотняют его катками, оставляют на поле высокую

стерню, создают стерневые кулисы из подсолнечника или горчицы, на посевах озимых ставят щиты. И это дает очень ощутимый эффект. В высокой стерне или между валиками скапливается снег толщиной 35-40 сантиметров, а рядом, где их нет, - лишь 8-10 сантиметров. Такая разница дает при таянии дополнительно 800 - 900 кубометров воды на гектар, способствует повышению урожайности.

Для совершенствования существующих приёмов мы рекомендуем следующее – осушительные канавки в снеге создаются для перераспределения воды по площади, для рассосредоточения потока, концентрирующегося в ложбинах, перед замкнутыми понижениями. Осушительные канавки проделываются проходами трактора по снежной целине – это колея трактора [2].

Рекомендуем пленочные экраны в снеге, которые лишены недостатков снежных валов. Они устанавливаются на глубину снега вертикально в снежные щели и засыпаются снегом. Чтобы не возникли отрицательные последствия зимних оттепелей, экраны следует устанавливать перед весенним снеготаянием [2].

Для регулирования снеготаяния рекомендуется полосное уплотнение снега проходами трактора. Опыты показали, что с увеличением плотности снега его водоудерживающая способность уменьшается. Это мероприятие сдерживает таяние и испарение и может применяться в сочетании с рыхлением [2].

Данные приемы направлены на предотвращение выхода внутриснежного стока на открытую почву в ручейки, где возникает эрозия.

Описанные приемы снежных мелиораций стоят не дорого и легко выполняемы в производственных условиях.

Холодная бесснежная зима для средней полосы России – настоящее стихийное бедствие. Ведь если температура почвы на глубине 3 сантиметров (глубина узла кущения) доходит до минус 30°C, то почти все растения погибают. Но при слое снега всего в 20 сантиметров температура на этой глубине уже не опускается ниже минус 20°C. Большинство растений нашей средней полосы свободно переносит такое охлаждение. Сугробы высотой в 50 сантиметров гарантируют, что температура почвы не опустится ниже минус 8°C, и все растения благополучно перезимуют [3].

Есть еще одна немаловажная роль снега в сельском хозяйстве. Воду, полученную из снега, только условно называют дистиллированной. В действительности снег содержит различные химические примеси. Химизм снега весьма разнообразен как по составу, так и по количественному содержанию [4]. В работах академика В.И. Вернадского есть данные о возможных концентрациях главных составляющих снега - хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов и соединений азота. Это 0,001- 0,005 процента. Снег приносит в почву и микроэлементы - необходимые стимуляторы роста и общего развития организмов. Эта роль снежного покрова давно подмечена в народе, кратко и точно выражена в пословице «Снег на овес - тот же навоз».

В.И. Вернадский обратил внимание на то, что снежный покров – не просто теплая крышка озимых, это живительная крышка, которая весной дает снеговые воды, насыщенные, а иногда и перенасыщенные кислородом.

Установлено, что количество азотистых соединений летом в почве пропорционально высоте сошедшего снежного покрова. Отсюда ясна роль

снежной мелиорации, регулирования снегопереноса и снегозадержания, когда они проводятся по единому научно разработанному плану [5].

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 [6].

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°C 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:

$$dz/dt = (\mu_1 H_c / Z_\infty) * (Z_\infty - Z) * Z + \mu_1 B \chi Z \quad (1)$$

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.

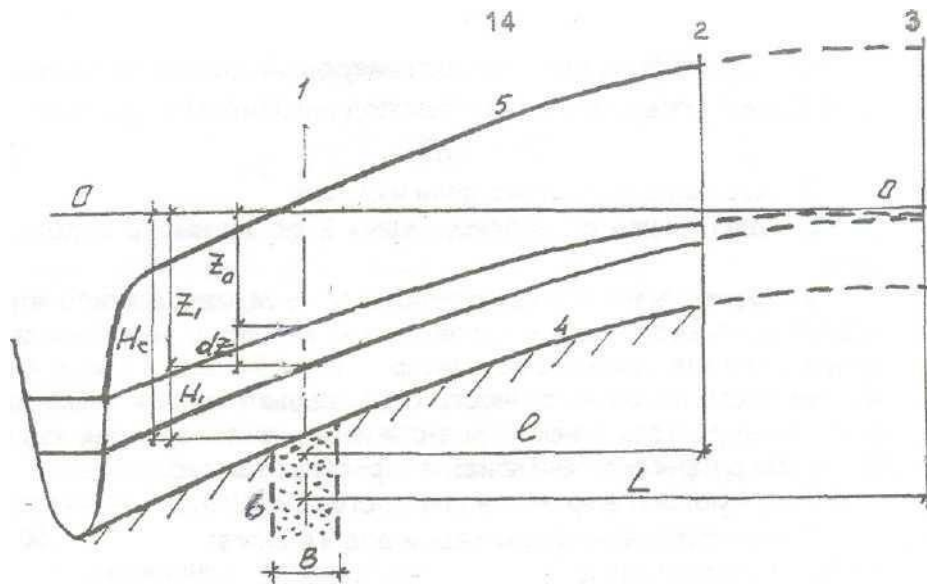


Рис. 1. Схема внутриснежного стекания

- 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 - водопоглотительная 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.

$$Z_{c+Bn} = Z_{cm} / (1 + ((Z_{cm} - Z_0) / Z_0) * e^{-(\mu_1 H_c + \mu_1 B \chi) * t}) \quad (2)$$

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

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_t , то кинетические кривые снижения уровня преобразуются в прямые линии, которые отсекают по оси ординат отрезок $\Psi = 1 - e^{-(\mu_1 H_c + \mu_1 B \chi) * \Delta t}$;

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

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 значение 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:

$$Z_0 = 4,0 \text{ мм}$$

$$Z_\infty = 30 \text{ мм}$$

$$\mu_1 H_c = 0,71 \text{ 1/час}$$

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:

$$Z_0 = 4,0 \text{ мм}$$

$$Z_{cm} = 43 \text{ мм}$$

$$\mu_1 H_c + \mu_1 B \chi = 1,9 \text{ 1/час}$$

$$\Delta = 0,5 \text{ коэффициент водоотдачи.}$$

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

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

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

$$Z_\infty^1 = 0,71 * 43 / 1,9 = 16,1 \text{ мм}$$

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 - Результаты расчетов

t	Z_{c+Bn} мм	Z_c	Z_{Bn}	$B_{\Pi}=Z_{Bn} * \Delta$
0	4	4	0	0
1	17,5	6,5	11	5,5
2	35,3	9,3	26	13
3	41,6	11,8	29,8	14,9
4	42,8	13,7	29,1	14,55
5	43,0	14,8	28,2	14,1

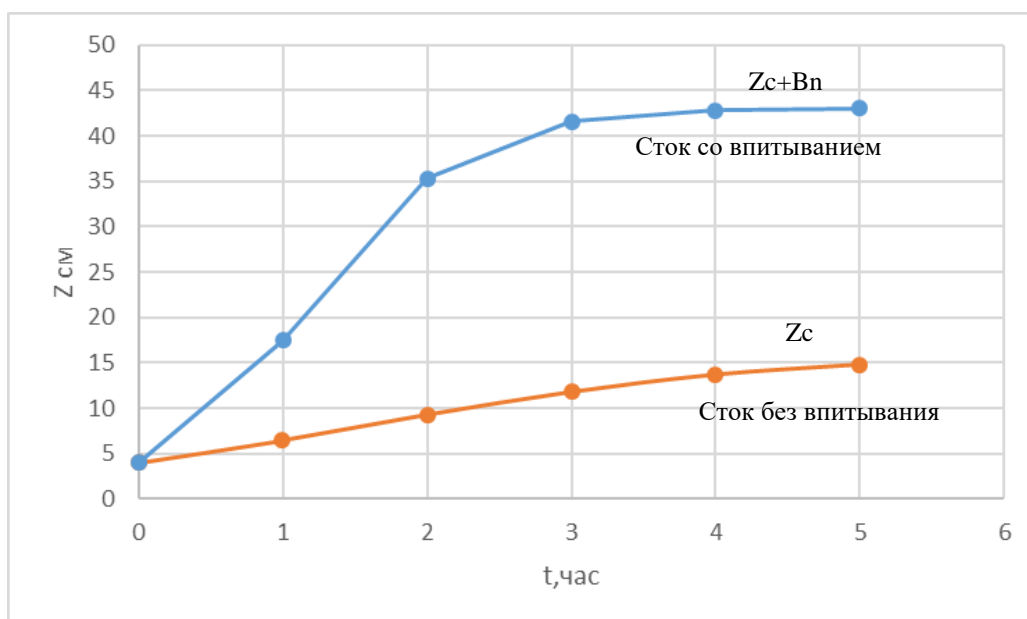


Рис. 2. Стеkanie внутриснежной воды по поверхности и впитывание в тающий грунт

Заклучение

В условиях отсутствия длительного ряда наблюдений за снежным покровом можно использовать данные предыдущих 2-3-х лет наблюдений и расчетов полученных на основе кинетических моделей для депрессионных кривых внутриснежного стока. Изменения в рассматриваемой системе связанные с интенсивностью движения внутриснежных вод могут быть очень устойчивы и повторятся с большой долей вероятности для аналогичных условий – толщина снежного покрова, его плотность, глубина промерзания почвы, температура воздуха во время весеннего снеготаяния на протяжении многих похожих лет.

Полученные расчеты помогут спрогнозировать характер увлажнения почвы, поливной режим, связь оросительной нормы с питательным режимом растений, количество вносимых удобрений на предстоящий вегетационный период.

Выводы: 1) Таким образом, на участке расположения скважины, в наш поглощательный элемент 3 апреля за 5 часов впиталось 14,9 мм воды.

2) При средней глубине снежного покрова от 30 до 70 см. и умеренной

плотности, слой талой воды впитавшейся в почву соответствует разовому поливу нормой 150 м³/га за сутки.

3) Общая оросительная норма талых вод, поступающая в почву за время весеннего снеготаяния, может составить более 1000 м³/га.

4) Применяя современную дождевальную технику можно легко поддерживать оптимальный режим увлажнения почвы, опираясь на полученные данные о внутриснежном стоке, с большой эффективностью использовать доступные водные ресурсы.

Литература

1. Залманова С. Влияние снега на урожай // Садовод. 2011. № 7. С. 19-25.
2. Василенков С.В., Холодкова Г.С. Рекомендации по регулированию внутриснежного стока. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 1999. 30 с.
3. Перезимовка и продуктивность озимых хлебов / И.И. Гарус и др. М.: Колос, 1970. 238 с.
4. Снег: справочник / под ред. Д.М. Грея, Д.Х. Мейла. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 751 с.
5. Струков М.Т. Задержание снега и талых вод на полях. М., 1947. 177 с.
6. Василенков С.В. Водохозяйственные реабилитационные мероприятия на радиоактивно загрязненных территориях. М.: Московский гос. ун-т природообустройства, 2009. 290 с.

РГР № 6

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

Исходные данные: № = 00705 (зачетная книжка) => N₁=10 (задается преподавателем из таблицы 1);

Таблица 1. Значение параметров N₁

№ 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:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot V_r \cdot Q_{\text{ir}} \cdot K_{\text{NO}_2} \cdot (1 - \beta) \text{ т/год}$$

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

$$Q_{\text{ir}} = 28 \text{ мДж/м}^3$$

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 $K_{\text{NO}_2} = 0,05 \dots 0,1 \Rightarrow K_{\text{NO}_2} = 0,1 \text{ кг/ГДж}$

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

$$\beta = 0,1$$

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

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

Количество выбросов составляет:

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

2. Выбросы окиси углерода:

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

$$M_{\text{CO}} = 0,001 \cdot V_r \cdot C_{\text{CO}} \cdot (1 - q_4/100) \text{ т/год};$$

V_r – расход топлива т/год

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

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

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%)

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

3. Выбросы окислов серы:

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

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

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:

$$M_{SO_2} = 0,02 * 6,23 * 10^6 * 0,0 * 1 = 0 \text{ т/год}$$

Для II отделения:

1. Количество выбросов окислов азота составляет:

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

Теплота сгорания мазута $Q_{im} = 44$ 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 :

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

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

2. Выбросы окислов серы.

Расчет ведем по формуле :

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

где $S_M = (1-5) \%$;
 $\eta'_{SO_2} = (0,01...0,06)$;
 $\eta''_{SO_2} = (0,05...0,09)$;

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

3. Количество выбросов окислов ванадия составляет:

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

$$K_1 = 0,01...0,1, K_2 = 0,06...0,15$$

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

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:

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

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

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

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 :

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

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

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

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);

$$Q_{iy} = 23 \text{ МДж/кг};$$

$$q_3 = 0,2 \dots 0,9 \text{ \%};$$

$$K = 1 \dots 1,2;$$

$$q_4 = 1 \dots 8 \text{ \%}$$

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

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

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

где $Q_{iy} = 23 \text{ МДж/кг};$

$$K_{NO_2} = 0,05 \dots 0,3;$$

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

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

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.

РГР №7

НИРС

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

Исследования влияния радиоактивного загрязнения на экологию водоёмов относятся к системе научных знаний, именуемой водохозяйственной радиологией, которая объединяет биологическое и физико-математическое направления.

Основными причинами радиоактивного загрязнения являются:

1. Космическое излучение (не опасно для здоровья);

2. Деятельность в сфере ядерных разработок.

Исходя из причин, источники радиоактивного загрязнения можно поделить на следующие категории:

1. Естественные источники:

- а) Космическое излучение;
- б) Излучение земной коры.

2. Антропогенные источники:

- а) Техногенные аварии;
- б) Последствия испытаний ядерного оружия;
- в) Радиационные отходы;
- г) Добыча и переработка радиоактивного сырья.

Испытания ядерного оружия оставили ощутимый след в виде глобального загрязнения долгоживущими радионуклидами, распределенных по всей Земле. Основные из них: ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu и ^{241}Am . А крупнейшая авария на Чернобыльском АЭС произвела радиоактивный выброс, превышающий почти в сто раз выброс при атомной бомбардировке Хиросимы и Нагасаки. Облако, образованное от горящего реактора, стало переносчиком радиохимических материалов, в основном йода и цезия, по большей части территории Европы [1].

Больше всего в результате аварии на ЧАЭС от радиоактивного загрязнения пострадали территории Белоруссии (Гомельская и Могилевская области), Украины (Киевская и Житомирская области) и России (Брянская область). В Российской Федерации территории такие территории делятся на следующие зоны: зона отчуждения; зона отселения; зона проживания с правом на отселение; зона проживания с льготным социально-экономическим статусом [2].

Рассмотрим зоны с показателями средней степени загрязненности 1-40 Ки/км².

В соответствии со ст.9 Закона РФ от 15.05.1991 N 1244-1 (ред. от 24.04.2020) "О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС": « Зона отселения - часть территории Российской Федерации за пределами зоны отчуждения, на которой плотность загрязнения почв цезием-137 составляет свыше 15 Ки/кв. км, или стронцием-90 - свыше 3 Ки/кв. км, или плутонием-239, 240 - свыше 0.1 Ки/кв. км. На территориях зоны отселения, где плотность загрязнения почв цезием-137 составляет свыше 40 Ки/кв. км, а также на территориях этой зоны, где среднегодовая эффективная эквивалентная доза облучения населения от радиоактивных выпадений может превысить 5.0 мЗв (0.5 бэр), население подлежит обязательному отселению, переселению людей на указанные территории зоны отселения вплоть до снижения риска радиационного ущерба до установленного приемлемого уровня запрещается. На остальной территории зоны отселения граждане, принявшие решение о выезде на другое место жительства, также имеют право на возмещение вреда и меры социальной поддержки, установленные настоящим Законом » [2]. В таких зонах обязательно присутствует медицинский контроль за состоянием здоровья населения и проводятся мероприятия, направленные на снижение уровней облучения. Режим проживания и порядок

использования территории устанавливаются Правительством Российской Федерации.

Согласно ст. 10 Закона РФ от 15.05.1991 N 1244-1 (ред. от 24.04.2020) "О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС": « Зона проживания с правом на отселение - часть территории Российской Федерации за пределами зоны отчуждения и зоны отселения с плотностью загрязнения почв цезием-137 от 5 до 15 Ки/кв. км. Граждане, проживающие в населенных пунктах этой зоны, в которых среднегодовая эффективная эквивалентная доза облучения населения превышает 1 мЗв (0.1 бэр), и принявшие решение о выезде на другое место жительства, имеют право на возмещение вреда и меры социальной поддержки, установленные настоящим Законом [2]. В данной зоне так же необходим обязательный медицинский контроль за состоянием здоровья населения и должны осуществляются защитные мероприятия, направленные на снижение уровня облучения, о чем жители информируются через средства массовой информации. Режим проживания населения в указанной зоне, порядок добровольного отселения из неё жителей, осуществления на этой территории хозяйственной и иной деятельности, проведения мероприятий по охране здоровья и снижению риска заболеваемости населения устанавливаются Правительством Российской Федерации » [2].

В целом загрязнение, обусловленное аварией на ЧАЭС, с плотностью 1 Ки/км² и выше охватывает более 57 тыс. км², 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 выпадающими 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 должна делиться. 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 :

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

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

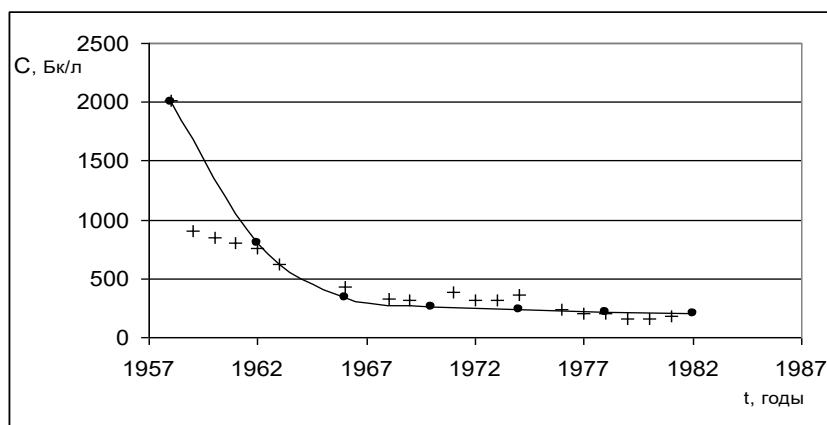


Рис. 1. Миграция радионуклидов ^{90}Sr в оз. Урус-Куль

Параметры модели определяют на основе экспериментальных данных по загрязнению водоемов:

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

а) во времени $C_0 = 20-30 \text{ Бк/л}$

$$C_\infty = 40-60 \text{ Бк/л}$$

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

б) в пространстве $C_0 = 30-40 \text{ Бк/л}$

$$C_\infty = 37-49 \text{ Бк/л}$$

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

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

$$C_0 = 1200 \div 2300 \text{ Бк/л}$$

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

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

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, отложенные 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.

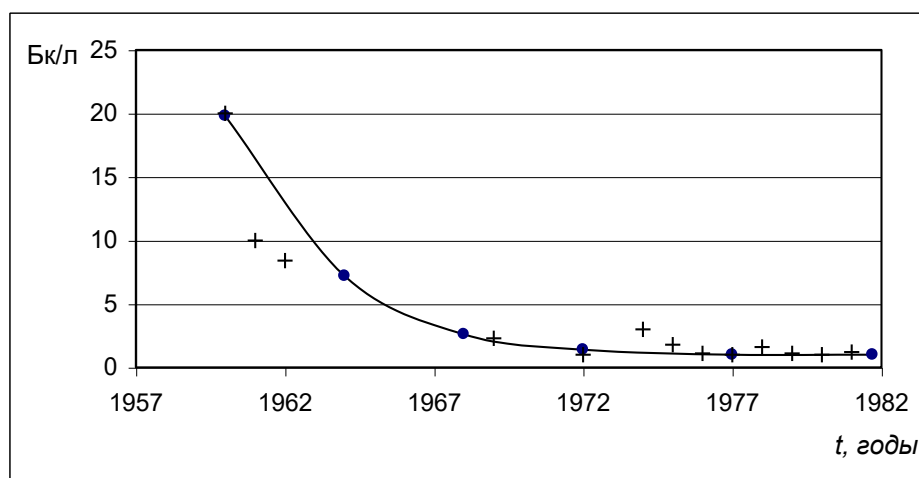


Рис. 2. Самоочищение воды от радионуклидов ^{137}Cs в оз. Урус-Куль.

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

K_c – фактическая концентрация радионуклидов в воде, отсчитываемая вверх по оси абсцисс.

Ниже приведены значения фактической концентрации цезия в водоеме в начальный момент времени (K_{c0}), в стационарной фазе ($K_{c\infty}$) и других показателей, характеризующих процесс самоочищения воды (Табл.1).

Таблица 1. Показатели процесса самоочищения в разные периоды времени

Среднее загрязнение территории цезием с плотность 5- 40 Ки/км ²						
K_{c0} Бк/л	$K_{c\infty}$ Бк/л	Норматив загрязнения воды в Бк/л по НРБ-99	Время дости- жения норма- тива загряз- нения, годы	Снижение загрязнения за 22 года, Бк/л	Снижение загрязнения за 5 лет	Средние темпы самоочищения, Бк/л*год
20	2	11	3	18	12,5	0,86

В процессе самоочищения водоёма после однократного загрязнения можно выделить три стадии по темпам переноса радионуклидов из воды в донные отложения: 1-я стадия – 5 лет, 2-я стадия – 5-10 лет, 3-я стадия – свыше 10 лет.

После первых пяти лет величина концентрации цезия становится 10 Бк/л, что входит в норматив загрязнения. По экономическим соображениям на средне загрязненных территориях можно не проводить реабилитационные мероприятия, если при этом не учитывать вопросы социального характера [3,7,9,11].

Для построения кривой по длине перейдем от временной переменной к пространственной при следующих значениях:

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

Для построения прямой перейдем к фактической концентрации радионуклидов в воде (рис. 3).

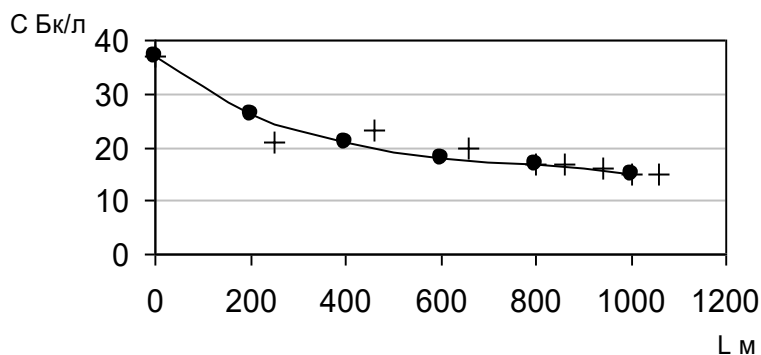


Рис. 3. Очищение воды от радионуклидов по длине ручья п. Карпиловка Брянской области

Ниже приведены значения фактической концентрации цезия в створе поступления загрязненной воды в водоток (K_{c0}), в стационарной фазе ($K_{c\infty}$) и другие показатели, характеризующие процесс самоочищения воды по длине водотоков (табл. 2).

Таблица 2. Показатели процесса самоочищения по длине водотока

Среднее загрязнение территории цезием с плотностью 5- 40 Ки/км ²					
K_{c0} Бк/л	$K_{c\infty}$ Бк/л	Норматив загрязнения воды в Бк/л по НРБ-99	Снижение на длине 1 км в Бк/л	Длина водотока, на которой достигается норматив, (м)	Длина, на кото- рой концентра- ция снижается на 90%, (м)
38	15	11	23	Норма не до- стигнута	600

При средней загрязненности воды на протяжении водотока в 1200 м от створа поступления загрязненной воды, норматив очищения не достигается. Необходимы реабилитационные мероприятия.

Используя мелиоративные осушительные каналы, малые и большие реки как источники орошения, рекомендуется место для установки насосной станции назначать ниже створа выпуска загрязненных цезием вод на 400 – 600 м.

Заключение

1. Использование математической модели, описывающей самоочищение водоемов от радионуклидов, позволяет прогнозировать изменение степени загрязнённости водоемов во времени и, опираясь на полученные данные, даёт возможность делать выводы о целесообразности проживания на территории возле водоёмов.

2. Также использование математической модели для описания изменения загрязнённости в пространстве способно дать представление о месторасположении водозаборов и водоочистных сооружений, если имеется такая необходимость.

3. На основании данных, полученных из расчетов, можно сделать вывод: в водоёме, находящимся на территории со степенью загрязнённости 5-40 Ки/км², средние темпы снижения уровня загрязнения воды достигают 0,86 Бк/л*год, из чего видно, что допустимый предел загрязнённости 11 Бк/л может быть достигнут в течение 3 лет.

4. Применение мероприятий, позволяющих снизить радиоактивность в водоёмах, целесообразно после технико-экономического сравнения вариантов [3, 7, 8,9,11].

Литература

1. Богдевич И.М. Радиологические знания и формирование культуры ответственности [Электронный ресурс] // Социология. 2013. № 4. С. 73-84 // Лань: электронно-библиотечная система. - Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/294582>: для авториз. пользователей (дата обращения: 07.02.2021).

2. О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС [Электронный ресурс]: закон РФ от 15 мая 1991 г. № 1244-1 (ред. от 24 апр. 2020 г.). – Режим доступа: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5323/ (дата обращения: 08.02.2020).

3. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Севрюк Е.В. Способ реабилитации радиоактивно-загрязненных водосборов прудов // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: сб. материалов XVI межвуз. науч.- практ. конф. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2003. С. 13-14.

4. Василенков С.В. Водохозяйственные реабилитационные мероприятия на радиоактивно загрязненных территориях: монография. М.: Изд-во МГУП, 2010. 289 с.

5. Василенков С.В. Миграция цезия в непроточных водоемах // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2012. № 3. С. 99-104.

6. Василенков С.В. Моделирование процесса выноса цезия -137 с продуктами водной эрозии почв // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 5. С. 15-17.
7. Василенков С.В. Особенности осаждения радионуклидов в отстойниках // Природообустройство. 2008. № 5. С. 25-33.
8. Василенков С.В. Предотвращение вторичного загрязнения воды радионуклидом цезия в водоемах // Природообустройство. 2011. № 1. С. 68-72.
9. Василенков С.В. Самоочищение воды от радионуклидов в водоемах // Проблемы экологической безопасности и природопользования: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. М.: Изд-во МАЭБП, 2006. Вып. 7. С. 137-140.
10. Василенков С.В. Роль биоканалов в очистке от радиоактивного загрязнения водоемов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов науч.-практ. конф. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2007. С. 143-156.
11. Василенков С.В. Цеолиты как средство очистки воды от радионуклидов // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. Рязань: Изд-во Мещерский филиал ГНУ ВНИИГ, 2008. С. 515-518.
12. Василенков В.Ф. Моделирование процессов стекания грунтовых вод с водосбора и методы расчетов сельскохозяйственного дренажа. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 1995. 250 с.

Исходные данные к расчётам в работе № 3, 6

N ₁	BT	П/ДК	B _{осен}	B _{вес}	Q _{росен}	Q _{рас}	F	Q _{осен}	Q _{рас}	ρ	h	σ	q	N _b	N _n	№
5	1	p/x	6	12	2,8	3,9	550	4	8	22	4,3	0,7	0,85	6,1	245	1
6	2	x/n	5	11	2,5	4,1	600	5	9	20	4,5	0,8	0,75	5,9	256	2
7	2	x/n	7	14	3,2	4,1	680	3,5	7	16	4	0,8	0,93	5,7	242	3
8	3	p/x	8	15	2,7	5,4	610	5	9	18	6	0,8	0,93	5,8	249	4
9	4	x/n	7	18	2,5	5,1	530	3,5	6	17	6,5	0,7	0,96	6,3	259	5
10	5	p/x	6,5	19	3,1	6,3	605	3,5	8	15	4,8	0,7	0,99	6,7	267	6
11	5	p/x	6	13	2,4	4,7	680	4,7	8,5	26	4,5	0,8	1,1	6,4	251	7
12	4	x/n	5,8	12,5	2,4	3,7	576	3,2	7,4	17	6,5	0,8	0,95	6,6	272	8
13	1	p/x	9	17	2,7	4,1	690	4	8	21	7	0,8	1,15	5,8	243	9
14	3	x/n	5,5	12	2,2	3,8	700	3,5	9	19	6	0,8	1	5,9	255	10
15	4	p/x	7,5	14	2,5	3,6	750	3,8	7,5	16	5,5	0,9	1,2	6,2	259	11
16	2	p/x	7,2	11	1,8	2,9	640	3,2	7,1	19	3,8	0,7	1,1	6,4	261	12
17	3	x/n	6,3	13	2,8	4,1	589	3,3	6,2	23	4,2	0,7	0,97	5,7	249	13
18	4	p/x	4,7	12,5	2,2	3,8	700	4,4	7,3	21	4,6	0,8	1	5,6	237	14
19	3	x/n	6	14	2,1	4,3	630	5	7	23	4,3	0,8	0,97	5,2	253	15
20	4	p/x	4,7	9,8	2,8	4,7	680	4,2	6,7	17	4,5	0,7	1,2	5,5	245	16
21	5	x/n	6	13	2,2	3,7	690	6	8	22	5,3	0,7	0,89	6,1	256	17
22	2	x/n	6	11	2,3	3,4	600	4	7	20	4	0,8	0,92	5,3	247	18
23	5	p/x	6,5	11	2,4	3,8	640	3,5	8	18	4,5	0,8	0,87	6,1	251	19
24	4	p/x	7	14	2,3	3,7	550	4	8	18	4,6	0,8	0,99	6,1	260	20
25	5	x/n	5	12	2,5	3,2	570	3	7	20	5,4	0,8	0,95	6,7	265	21
26	1	p/x	6	13	2,3	3,7	590	4	8	17	5,2	0,8	0,95	6,1	254	22
27	2	x/n	8	17	2,5	3,3	600	2,5	6	15	5,6	0,7	0,92	5,9	233	23
28	3	p/x	10	19	2,3	3,8	610	4	6	14	5,2	0,7	0,9	5,8	232	24

Исходные данные к НИРС

$\mu_1 C_H^L$	C_∞	C_0	$\mu_1 C_H^t$	C_∞	C_0	$\mu_1 C_H^t$	C_∞	C_0	$\mu_1 C_H^t$	C_∞	C_0	$\mu_1 H_{BB-D} + \mu_1 \chi mg$	$\mu_1 H_{BB-D}$	$\mu_1 H_{BB}$	Z_L^{cr}	Z_L^0	№
0,5	3550	1550	0,0038	40	31	0,3	39	23	0,051	0,026	0,0062	585	47	1			
0,36	2568	1234	0,0031	38	25	0,4	55	28	0,044	0,021	0,0026	288	28	2			
0,32	2765	1336	0,0029	32	23	0,5	67	32	0,047	0,023	0,0041	369	34	3			
0,37	2984	1488	0,0028	34	27	0,6	74	47	0,043	0,022	0,0052	495	49	4			
0,44	3215	1567	0,0012	16	9	0,3	45	29	0,052	0,025	0,0038	371	35	5			
0,33	2306	1196	0,0011	13	8	0,7	71	42	0,053	0,026	0,0071	682	67	6			
0,35	3567	1765	0,0047	52	36	0,2	31	16	0,067	0,034	0,0036	397	38	7			
0,41	3476	1899	0,0035	44	21	0,3	43	24	0,063	0,031	0,0029	248	22	8			
0,42	3182	1604	0,0058	61	38	0,6	69	45	0,071	0,035	0,0067	674	64	9			
0,52	4056	1925	0,0034	39	22	0,5	61	46	0,057	0,028	0,0054	529	55	10			
0,57	4560	2145	0,0062	68	42	0,4	57	41	0,061	0,029	0,0061	561	51	11			
0,63	4786	2243	0,0025	36	18	0,2	22	11	0,065	0,032	0,0049	456	44	12			
0,61	4625	2367	0,0022	28	11	0,2	29	14	0,083	0,041	0,0075	792	71	13			
0,59	4200	2089	0,0068	72	44	0,3	44	21	0,069	0,033	0,0082	744	77	14			
0,54	4312	2011	0,0053	57	33	0,4	55	36	0,073	0,039	0,0062	699	60	15			
0,49	3554	1785	0,0034	37	24	0,5	62	35	0,072	0,036	0,0037	367	32	16			
0,38	2785	1244	0,0061	65	41	0,7	86	41	0,085	0,042	0,0029	326	33	17			
0,27	2095	1115	0,0045	49	32	0,6	69	32	0,076	0,037	0,0028	258	26	18			
0,25	1817	936	0,0046	46	29	0,3	37	16	0,089	0,044	0,0027	281	24	19			
0,23	1544	882	0,0019	31	12	0,15	19	12	0,077	0,038	0,0051	511	48	20			
0,21	1234	764	0,0021	33	16	0,25	32	18	0,088	0,043	0,0086	801	73	21			
0,29	1987	1025	0,0048	53	35	0,13	18	10	0,064	0,035	0,0064	628	59	22			

Требования к оформлению статьи

ПРОФИЛИ ПУБЛИКАЦИЙ

1. Землеустройство и кадастры.
2. Природопользование.
3. Экология.

Материал статьи должен соответствовать профилю сборника. Представленные статьи должны содержать результаты научных исследований, готовые для использования в практической работе специалистов в области энергетики и природопользования, а так же представлять практический интерес.

Статья должна иметь следующую структуру: "введение", "постановка задачи", "методы испытаний", "результаты эксперимента и их обсуждение", "выводы".

Объем статьи (в электронном варианте) должен быть не менее 3-х страниц и не превышать 6-ти страниц машинописного текста.

Направляемая статья должна быть тщательно отредактирована и оформлена следующим образом:

Шрифт "Times New Roman", интервал - полуторный, отступ первой строки - 1,25 см, выравнивание - по ширине; автоматическая расстановка переносов. Текст статьи располагать на листе формата А4; ориентация листа - книжная; поля - 2 см.

Статья Должна иметь УДК (код по универсальному десятичному классификатору), расположенный в верхнем левом углу страницы.

Далее следуют: название статьи (прописными буквами размер шрифта 14 пт); инициалы и фамилия автора (авторов), научная степень, организация (курсивом, шрифт 12 пт); аннотация, ключевые слова (шрифт 12 пт); текст статьи (шрифт 14 пт); список литературы (шрифт 14 пт).

Линии графиков и рисунков в файле должны быть сгруппированы. Сканированные рисунки не допускаются, за исключением фотографий (формат JPG). Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи(8 шрифт, интервал одинарный). Они не должны дублировать графики.

Формулы необходимо вписывать четко и ясно, используя редактор формул (Equation Editor). Специальные символы (обозначения греческими буквами и значки) по тексту могут быть вставлены только из наборов (шрифтов) "Symbol". Пользоваться редактором формул для того, чтобы вставить одну - две греческие буквы или символ запрещается. Между формулами, выделенными в отдельную строку, и текстом, а также между строками формул следует оставлять пробелы.

Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

Литература должна быть приведена в конце статьи в виде списка, заключающего в себе фамилию и инициалы автора в подлиннике, название статьи, журнала, том, год, номер или выпуск, страницы, а для книг - фамилию и инициалы авторов, точное название книги, редактор, место издания, издательство,

год. Ссылка дается в обычном текстовом формате в квадратных скобках. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 - 2008 для затекстовых ссылок

Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т.е., и т.д., и т.п.).

Редакционная коллегия оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

Пример оформления статьи

УДК

ПЕРЕРАБОТКА ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

RECYCLING OF WORN-OUT CAR TIRES

Назаров Павел Александрович

магистрант (студент) института энергетики и природопользования,

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, г. Брянск

E-mail: pavelnazarov283@gmail.com

Байдакова Елена Валентиновна

*научный руководитель, доцент кафедры
природообустройства и водопользования,*

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, г. Брянск

Аннотация. ...

Annotation. ...

Ключевые слова: ...

Key words: ...

Текст статьи...

Список литературы

ГОСТ Р 7.0.5-2008 СИБИД. Библиографическая ссылка.

Список литературы

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. Вишневецкий, Н.Н. Накладов, В.В. Кондратьев; под ред. В.Ф. Чебаевского. М.: Агропромиздат, 1989. 419 с.
11. Богдевич, И.М. Радиологические знания и формирование культуры ответственности / И.М. Богдевич // Социология. — 2013. — № 4. — С. 73-84. — ISSN 2071-0968. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/294582> (дата обращения: 07.02.2021) — Режим доступа: для авториз. пользователей.
12. Закон РФ от 15.05.1991 N 1244-1 (ред. от 24.04.2020) "О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС" // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5323/ (дата обращения: 08.02.2020).
13. Золина О.Г., Булыгина О.Н. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. Т. 1. С. 84–103. DOI: 10.21513/2410-8758-2016-1-84-103

Учебное издание

Василенков С.В., В. Ф. Василенков

Учебно-методическое пособие
для выполнения практических и лабораторных работ,
научных исследований со студентами высших учебных заведений
по инженерной защите окружающей среды
для студентов высших учебных заведений в помощь изучения дисциплин
«Инженерная защита окружающей среды»,
«Инженерное обустройство территорий»,
«Основы градостроительства и планировка
населенных мест»

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 03.06.2024 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л. 3,49. Тираж 30 экз. Изд. № 7676.

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