

СОЦИАЛЬНАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

© В.В. НОВОХАТИН, Н.А. ШЕПЕЛЕВА

novohatin@yandex.ru

УДК 631.619

ВНУТРИПОЧВЕННЫЙ СТОК С ОСУШАЕМЫХ БОЛОТНЫХ СИСТЕМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

АННОТАЦИЯ. Авторами рассмотрена роль торфяных залежей в аккумуляции водных ресурсов, оценены составляющие элементы водного баланса осушаемых торфяных массивов, дана характеристика мелиоративных технологий, обеспечивающих разгрузку грунтово-напорных вод в водоприемники.

SUMMARY. The role of peat deposits in water resources storage and the component elements of water balance of drainage peat areas are examined in the paper. The characteristic of reclamation technologies providing discharge of underground pressure water into intake conduit is given.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Водные ресурсы, болотные системы, мелиоративные технологии, дренажный сток, грунтово-напорное питание.

KEY WORDS. Water resources, marsh systems, reclamation technology, drainage effluent, underground pressure water.

Бесспорно, что без водных ресурсов человеческая цивилизация существовать не может. Уникальным районом планеты по запасам пресных вод является территория Западной Сибири, где сосредоточены обширные водные ресурсы. Стало очевидным, что без специальных исследований количественных, качественных и других параметров состояния водных ресурсов Западной Сибири обойтись уже невозможно. Существует множество проблем, требующих серьезного изучения и оценок. Одним из основных факторов, обуславливающих гидрологическую особенность региона, является наличие уникальной по площади территории, занятой болотами и заболоченными почвами, содержащими большие запасы пресных вод. По условиям образования и развития, качественным и количественным характеристикам залежи, по типам поверхности, характеру распространения и другим показателям торфяные болота Западно-Сибирской равнины чрезвычайно разнообразны и обладают определенными признаками, обусловленными природной зональностью [1]. В Западной Сибири располагаются торфяные болота, площадь которых составляет 42% общей площади болот России. Почти 35% Западно-Сибирской равнины занято болотами. При этом более 22% — торфяники. Только в Томской и Тюменской областях расположено 3900 торфяных месторождений, с запасами торфа в 75 млрд тонн. При общей площади заболачивания Западной

Сибири около 1 млн км² и запасах торфа 120 млрд тонн, запасы воды в нем достигают 1000 км³, что значительно превышает годовой сток рек [2]. По представлению А.Д. Дубаха [3], болота можно рассматривать как озера, но со связанной водой, или как сушу, содержащую обычно 90% воды и лишь 10% сухого вещества. Этому способствуют свойства торфяных залежей, обладающих высокими вододерживающими свойствами, достигающими 1300%.

Болота играют важную экологическую и водохозяйственную роль в формировании гидрологического режима рек и водоемов региона, регулировании паводков, естественном самоочищении водных ресурсов от техногенных загрязнений.

Площади болот варьируют в значительных пределах: от нескольких гектаров до десятков квадратных километров. По имеющимся данным, ежегодно в Западно-Сибирской равнине дополнительно заболачивается 20-30 тыс. га с интенсивностью прироста торфяной залежи около 0,5 мм/год.

Экспериментальная часть. Исследования влияния мелиоративных технологий на гидрологические характеристики болотных комплексов проводились авторами в течение 30 лет на двух стационарах, расположенных в подтаежной подзоне. Первый опытный участок, пластмассового дренажа, площадью 17,5 га. Дрены уложены на глубину 0,9-1,1 м с расстояниями 20, 30 и 40 метров. Второй участок, гончарного дренажа, площадью 80 га, занимает вторую надпойменную озерно-аллювиальную террасу и является типичным представителем низких террасных болот подтаежной подзоны Западной Сибири. Глубина заложения дрен 1,2, 1,5, 1,8 м при расстояниях между ними 10, 20, 30 и 40 м. Опытные участки ограждены нагорно-ловчими каналами глубиной 1,5-2,5 м. Тип водного питания смешанный с преимуществом грунтово-напорного.

Результаты и их обсуждение. Существуют различные концепции по вопросу использования болотных геосистем. Авторы считают, что вовлечение болот в сферу хозяйственной деятельности производительных сил Западной Сибири в перспективе станет насущной необходимостью. Уже сейчас свыше 300 тыс. га болот в той или иной степени осушаются. Использование мелиоративных систем оказывает определенное воздействие на аккумулируемые запасы пресной воды рассматриваемых территорий, формируя внутрипочвенный сток. Поэтому к осушению болот следует подходить очень осторожно. В основу должен быть положен принцип оптимизации между эксплуатацией и заповедыванием. Только при соблюдении этого принципа уникальные природно-территориальные болотные комплексы Западной Сибири останутся аккумуляторами пресных вод и будут определять водный и гидрологический режим территорий региона.

Все вышесказанное вызывает необходимость научного подхода к решению сложных гидрологических задач, возникающих при мелиоративном освоении таких угодий. Основными критериями при этом должны выступать: комплексность, ландшафтность, экологичность и ресурсосбережение [4], [5].

Одной из важнейших гидрологических характеристик мелиоративных систем является дренажный сток. Исследования по формированию внутрипочвенного стока на осушаемых длительно-мерзлотных болотных ландшафтах с грунтово-напорным типом водного питания представляют особый интерес и показывают, что он зависит от интенсивности дренирования торфяной залежи и может продолжаться в течение всего года, обеспечивая тем самым постоянное водное питание рек. Он не прекращается даже в зимнее время, когда инфильтрация с поверхности почвы отсутствует. Особенно характерно это явление при заложении мелиоративных систем на большую глубину (1,5-1,8 м). Наличие дренажно-

го стока в холодные периоды объясняется в основном притоком грунтово-напорных вод, поднимающихся из водоносных горизонтов четвертичных отложений.

Для выявления количественной характеристики интенсивности грунтово-напорного питания использовался метод водного баланса. Составляющие водного баланса изучались на лизиметрах. В качестве расчетного горизонта брали весь слой торфа, расположенный выше глубины заложения дрен. Приток грунтово-напорных вод определяли по уравнению:

$$\Pi = E + Q_{д.р} \pm \xi(H_k - H_n) \pm (W_k - W_n) - P, \quad (1)$$

где Π — приток грунтово-напорных вод, мм; E — суммарное испарение, мм; $Q_{д.р}$ — дренажный сток, мм; ξ — коэффициент водоотдачи; H_n, H_k — уровни грунтовых вод на начало и конец расчетного периода; W_n, W_k — запас влаги в почве на начало и конец расчетного периода; P — осадки, мм.

Анализ полученных данных показал, что приток грунтово-напорных вод в зону действия дрен изменялся как по годам, так и в зависимости от параметров мелиоративных систем. Одним из определяющих факторов поступления грунтово-напорных вод на осушаемые массивы является напорность водоносного пласта (разность между уровнями грунтовых вод и пьезометрическими уровнями). С увеличением напорности приток подземных вод возрастает.

На примере характерных по обеспеченности осадками лет рассмотрим динамику поступления напорных вод в зону деятельности дрен. Во влажный год ($P_{ос} = 3\%$) поступление грунтово-напорных вод на площади, осушаемые дренажом глубиной 1,2 м с расстояниями 10 м, происходило с интенсивностью 1,3-4,8 мм/сут, при расстояниях 40 м — 0,5-2,3 мм/сут. Слой грунтово-напорных вод, поступивших в зону действия дренажа, транспортируемый через дренажно-коллекторную сеть в водоприемник — реку, составил за вегетационный период 219,3-497,5 мм (табл. 1), то есть на каждый гектар осушаемой площади поступило 2193-4975 м³ воды из ниже-расположенных водоносных горизонтов. На вариантах с глубиной заложения дрен 1,8 м и расстояниями между ними 10 м интенсивность притока воды из водоносного горизонта достигала 3,4-9,8 мм/сут, при расстояниях 40 м — 0,6-3,3 мм/сут.

Таблица 1

**Приток грунтово-напорных вод (за май-сентябрь),
определенный методом водного баланса, мм**

Глубина заложения дрен, м	Расстояние между дренами, м	Обеспеченность осадками вегетационных периодов					Среднее много-летнее
		$P_{ос} = 3\%$	$P_{ос} = 46\%$	$P_{ос} = 54\%$	$P_{ос} = 78\%$	$P_{ос} = 19\%$	
1,2	10	497,5	391,1	377,9	301,2	349,4	393,2
1,2	20	430,1	337,8	327,2	268,6	264,6	333,8
1,2	30	279,9	243,5	286,2	214,4	241,0	249,0
1,2	40	219,3	192,8	214,4	167,4	213,5	201,7
1,8	10	933,6	731,8	702,0	413,3	757,5	724,6
1,8	20	626,4	471,7	405,1	340,0	420,7	462,8
1,8	30	378,1	350,6	332,6	280,7	274,4	315,3
1,8	40	283,1	259,1	312,5	260,6	240,5	274,4

Объем воды, поступившей на площади, осушаемые дренажом, глубиной 1,8 м, составил 283,1-933,6 мм (2831-9336 м³/га). Наибольшее поступление грунтово-напорных вод наблюдалось в летние месяцы при максимальном понижении уровней грунтовых вод. В этот период разность между пьезометрическими уровнями и уровнями грунтовых вод достигала 0,4-0,7 м.

Анализ притока воды в зону действия дрен от грунтово-напорных вод в засушливый вегетационный период ($P_{oc}=78\%$) показал, что вследствие уменьшения выпадения осадков в зоне питания водоносных горизонтов характеристики грунтово-напорного питания имели самые низкие значения. Поступление воды из напорного горизонта происходило со скоростью 0,3-3,6 мм/сут на площадях с глубиной заложения дрен 1,2 м и 0,4-6,1 мм/сут при заложении дрен на глубину 1,8 м. Объем притока грунтово-напорных вод за период вегетации составил соответственно 167,4-301,2 и 260,6-413,3 мм. Значительно меньше интенсивность притока подземных вод наблюдается на площадях, осушаемых пластмассовым дренажом (участок № 1) (табл. 2). В геоморфологическом отношении эти площади расположены на более высоких отметках в сравнении с торфяными залежами второго участка. Кроме этого, подстилающие торф четвертичные отложения обладают слабым напором. Максимальное превышение пьезометрических уровней над грунтовыми за период исследований составляло 0,2 м. После выпадения обильных осадков пьезометрические уровни превышали уровни грунтовых вод на 0,01-0,20 м, в засушливые периоды наблюдалась обратная картина.

Таблица 2

**Составляющие водного баланса на участке пластмассового дренажа
(Калинин, Моторин) [6]**

Характеристика вегетационного периода по осадкам	Период	Изменение УГВ, м	Изменение влагозапасов, мм	Испарение, мм	Дренажный сток, мм	Осадки, мм	Приток грунтово-напорных вод, мм
Влажный	30.V-29.IX	-0,08	-29	383	97	345	+95
Влажный	30.V-28.VIII	-0,19	-21	316	35	215	+96
Засушливый	30.VI-30.IX	-0,63	-100	208	12	52	+5
Средний	30.V-20.VIII	-0,52	-137	324	3	105	+33

Расчет притока грунтово-напорных вод на осушаемый болотный массив, по уравнению водного баланса, на основе натуральных наблюдений за его составляющими, свидетельствует о тесной корреляции между ними и количеством осадков. При этом количество воды, поступающей из нижних четвертичных водоносных горизонтов, сопоставимо с величиной внутрипочвенного стока.

Результаты многолетних исследований показали, что закрытые мелиоративные системы глубиной 1,8 м являются эффективным средством регулирования водного режима болот с грунтово-напорным типом водного питания, и как следствие — обеспечивают круглогодичное питание рек за счет разгрузки грунтово-напорных вод через мелиоративные системы.

Обобщение результатов комплексных гидрогеологических изысканий, выполненных экспедициями на болотных массивах Западной Сибири, позволило нам прийти к заключению, что в водном питании большинства торфяно-болотных

ландшафтов, расположенных на вторых надпойменных террасах многочисленных рек региона, значительная часть (от 15 до 87%) принадлежит грунтово-напорным водам. Это подтверждается результатами районирования болот для сельскохозяйственной зоны Тюменской области [6].

Для оценки возможности применения теоретических зависимостей при расчете притока грунтово-напорных вод на осушаемый массив и транспортирования их в речную сеть, нами проведен анализ формул, полученных для гидрологических условий, аналогичных рассматриваемым условиям залегания болотных комплексов. Сопоставление расчетных показателей с фактическими данными, определенными методом водного баланса, показывает, что приток грунтово-напорных вод, определенный по предложенным формулам, отличается от фактических результатов на 17-32,8%. При сравнении показателей в целом за периоды вегетации точность расчета повышается, отклонение составляет от -9,5 до +18,4 %. Резкое увеличение внутрипочвенного стока весной, осенью и во время выпадения осадков указывает на значительную роль атмосферного питания в их формировании.

Характеризовать работу мелиоративной системы по режиму дренажного стока следует с учетом обеспеченности осадков в годы исследований и величины грунтово-напорного питания. Из приведенных на рис. 1 данных видно, что динамика внутрипочвенного стока с осушаемых болот имеет ярко выраженный динамичный характер и синхронно повторяет ход изменений уровней грунтовых вод, коэффициенты корреляции между ними составили 0,84-0,86 (рис. 2).

Анализ распределения дренажного стока по сезонам показывает, что в условиях длительного сезонного промерзания наибольший дренажный сток наблюдается, как правило, в весенние периоды при наличии значительного слоя мерзлоты, когда инфильтрация поверхностных вод в нижние горизонты торфа затруднена, а также летом во время выпадения длительных, обильных осадков. Наибольшие характеристики стока с осушаемых площадей с грунтово-напорным питанием в вегетационный период влажного года составили 0,98, 1,38, 2,7 л/(с. га) при глубине заложения дрен соответственно 1,2, 1,5 и 1,8 м (табл. 3). В весенний период при наличии слоя мерзлоты 0,2-0,4 м, и в осенний период максимальные модули на вариантах дренажа глубиной 1,2, 1,5 и 1,8 м достигали соответственно 0,72 и 0,76, 0,44 и 0,48, 1,84 и 1,90 л/(с. га). С увеличением расстояний между дренами различие между наибольшими модулями стока по сезонам возрастает. На участке № 1 (пластмассовый дренаж) вследствие особенностей его геоморфологического залегания характеристики дренажного стока в этот период были значительно меньше. Вместе с тем изменение графика стока было синхронным с графиком, наблюдаемым на основных вариантах второго участка. Максимальные величины стока отмечались в августе и достигали 0,39, 0,30 и 0,17 л/с. га соответственно при расстояниях между дренами 20, 30 и 40 м.

Режим стока с болотных массивов в условиях среднего по водообеспеченности вегетационного периода ($P_{oc}=54\%$) значительно отличался от режима стока во влажный период ($P_{oc}=3\%$). Интенсивные атмосферные осадки в весенний период (173% от среднемноголетних), а также талые воды способствовали формированию максимальных модулей стока. Их значения составили 0,14-0,32, 0,34-1,02, 0,49-0,98, 0,88-2,45 л/с.га при глубине заложения дрен соответственно 1,0, 1,2, 1,5, 1,8 м (табл. 3). Следует отметить, что наибольшие модули стока наблюдались при наличии слоя мерзлоты 0,22-0,41 м.

В летний сезон показатели максимального стока были в 1,2-1,7 раза ниже весенних. Небольшие осадки, выпавшие в конце августа и в сентябре (12 и 78%

от среднеголетних величин), обеспечили невысокие значения максимальных модулей стока в осенний период. При глубине заложения дрен 1,2, 1,5 и 1,8 м модули стока были равны соответственно 0,02-0,06, 0,02-0,07, 0,07-0,39 л/с. га. На вариантах дренажа первого участка сток отсутствовал.

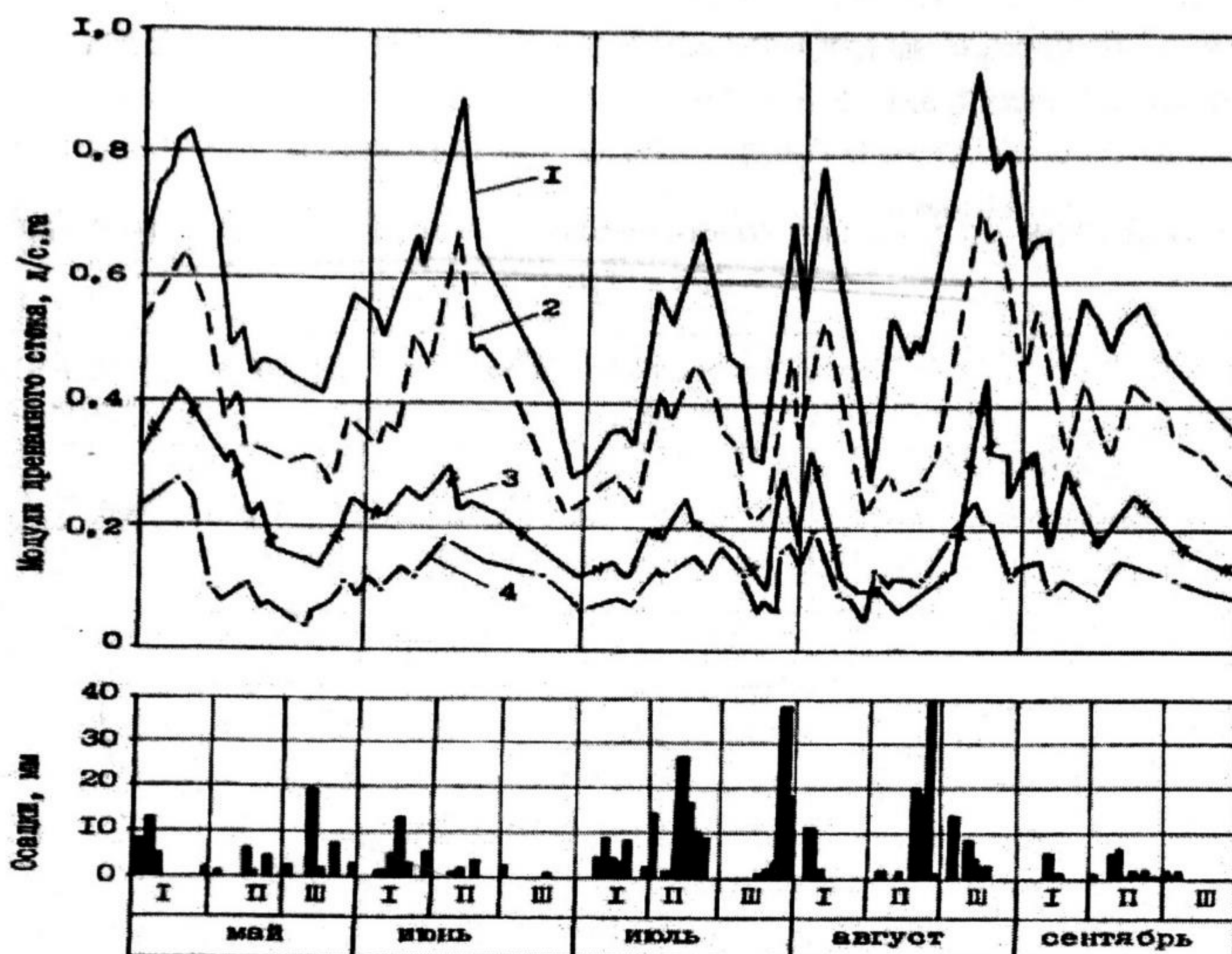


Рис. 1. Модули дренажного стока на втором стационаре, во влажный вегетационный период ($P_{oc}=3\%$)

1. $B=10$ м; $H=1,2$ м. 2. $B=20$ м; $H=1,2$ м. 3. $B=30$ м; $H=1,2$ м. 4. $B=40$ м; $H=1,2$ м.

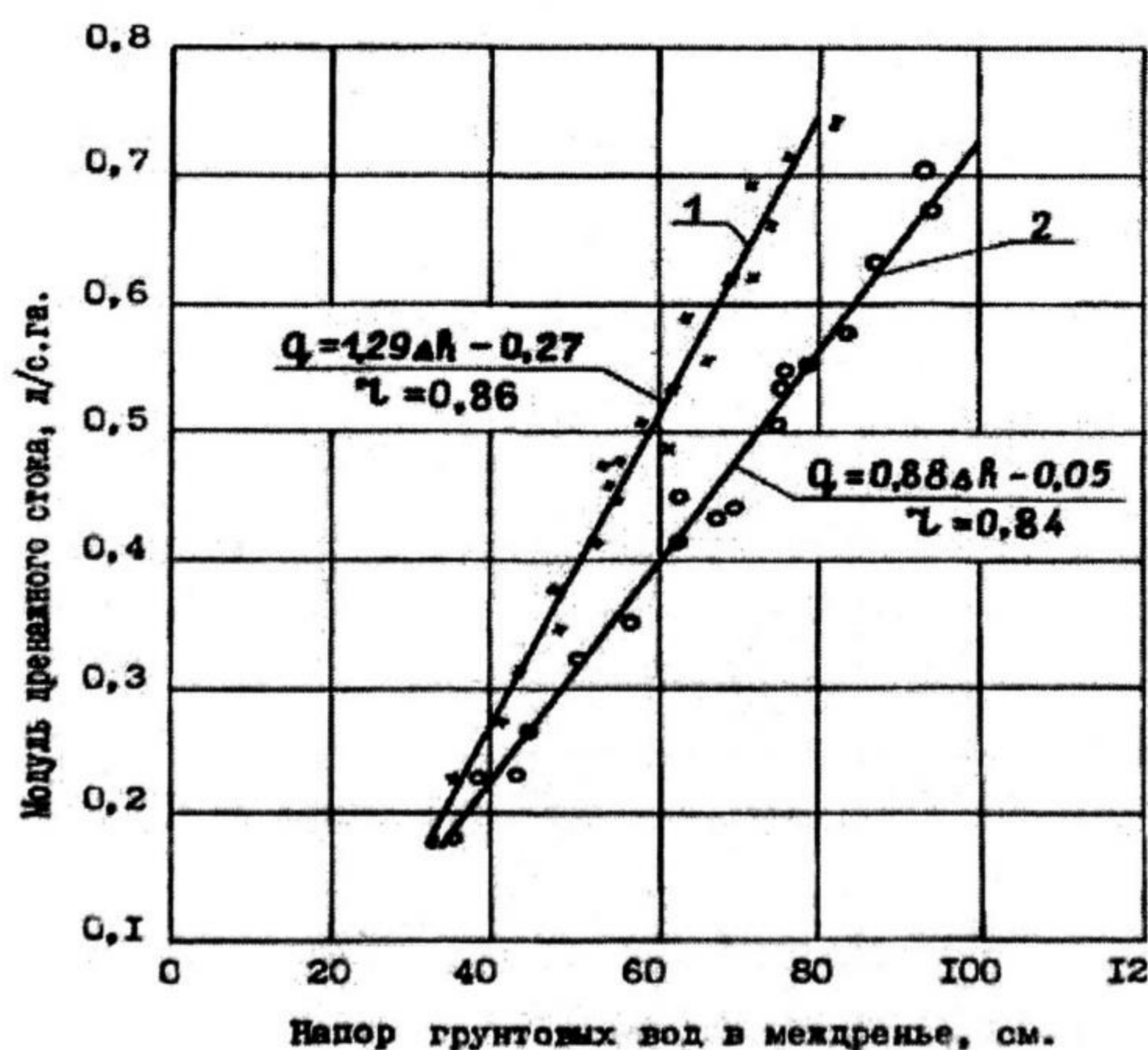


Рис. 2. Связь между модулями дренажного стока и напором грунтовых вод в междренье на варианте дренажа с $H=1,2$ м, $B=10$ м:

1 — влажный вегетационный период; 2 — средний вегетационный период

Средние значения модулей дренажного стока за период вегетации на болотных массивах с глубиной заложения мелиоративных систем 1,0, 1,2, 1,5 м составили 0,05-0,26 л/с.га. При увеличении глубины заложения дрен до 1,8 м значения средних модулей стока возросли в 1,9-2,7 раза (табл.3). Наибольшие изменения дренажного стока в течение вегетации наблюдались на площади с заложением дрен 1,2 м. При выпадении обильных осадков на торфяных почвах первого участка сток возобновлялся вновь.

Таблица 3

Дренажный сток на участке гончарного дренажа в вегетационные периоды характерных лет

Глубина заложения дрен, м	Расстояние между дренами, м	влажный вегетационный период, $P_{oc} = 3\%$				средний вегетационный период, $P_{oc} = 54\%$			
		Осадки, мм	g_{max} л/с. га	$g_{ср.}$ л/с. га	Сток, мм	Осадки, мм	g_{max} л/с. га	$g_{ср.}$ л/с. га	Сток, мм
1,2	10	465,9	0,98	0,40	534,9	273,2	1,02	0,26	289,0
1,2	20	465,9	0,68	0,30	403,7	273,2	0,73	0,18	231,9
1,2	30	465,9	0,42	0,23	304,1	273,2	0,48	0,14	162,1
1,2	40	465,9	0,30	0,16	216,7	273,2	0,37	0,09	121,6
1,5	20	465,9	0,82	0,34	456,8	273,2	0,98	0,18	241,2
1,5	30	465,9	0,56	0,23	319,5	273,2	0,65	0,15	195,0
1,5	40	465,9	0,41	0,14	211,0	273,2	0,49	0,09	125,1
1,8	10	465,9	2,70	0,92	1007,0	273,2	2,45	0,69	766,1
1,8	20	465,9	1,32	0,61	770,6	273,2	1,29	0,36	447,6
1,8	30	465,9	0,97	0,33	442,5	273,2	1,04	0,21	280,5
1,8	40	465,9	0,73	0,24	312,6	273,2	0,88	0,17	228,5

Глубина заложения дрен, м	Расстояние между дренами, м	сухой вегетационный период, $P_{oc} = 78\%$			
		Осадки, мм	g_{max} л/с. га	$g_{ср.}$ л/с. га	Сток, мм
1,2	10	229,2	0,50	0,24	195,2
1,2	20	229,2	0,32	0,16	129,2
1,2	30	229,2	0,20	0,11	99,0
1,2	40	229,2	0,12	0,07	72,4
1,5	20	229,2	0,37	0,06	81,7
1,5	30	229,2	0,28	0,05	65,9
1,5	40	229,2	0,22	0,04	51,0
1,8	10	229,2	0,80	0,29	388,6
1,8	20	229,2	0,34	0,20	269,1
1,8	30	229,2	0,24	0,16	218,8
1,8	40	229,2	0,18	0,14	183,8

В условиях засушливого вегетационного периода ($P_{oc}=78\%$) режим внутрипочвенного стока значительно отличался от стока во влажные и средние годы. Несмотря на то, что общие закономерности формирования стока сохранились, его гидрограф находился на более низких отметках. Максимальные модули стока также наблюдались весной. Сравнительно сухая осень предыдущего года, малые запасы воды в снеге и незначительное количество осадков в период снеготаяния обеспечили условия формирования невысоких максимальных модулей стока, при глубине дрен 1,0, 1,2, 1,5 и 1,8 м их значения достигали соответственно 0,04-0,08, 0,12-0,5, 0,22-0,37, 0,18-0,8 л/(с.га). В вегетацию происходило постоянное снижение модулей стока. Так, на вариантах первого участка (пластмассовый дренаж) сток прекратился в середине июня и до конца вегетации не возобновлялся. На болотных массивах с более выраженным притоком грунтово-напорных вод (варианты с глубиной заложения осушительных систем 1,2 м) изменение максимального дренажного стока составило с 0,10-0,38 л/с. га в начале вегетации, до 0,01-0,06 л/(с.га) в сентябре. Аналогичное положение наблюдалось на остальных исследуемых системах, модули стока снижались в 1,1-2,5 раза. С понижением уровней грунтовых вод до глубины заложения дрен отмечалось прекращение дренажного стока или он имел небольшую величину. Это было отмечено только на площади при глубине заложения дрен 1,0 и 1,2 м. На вариантах дренажа глубиной 1,8 м грунтовые воды не опускались до глубины дрен, и модули стока составляли (0,09-0,24 л/(с.га)). В условиях засушливого года сохранились основные закономерности формирования модулей стока, характерные для других лет исследований, с увеличением интенсивности осушения площадей закрытым дренажом модули стока возрастали. Наблюдения, выполненные на болотных массивах с грунтово-напорным питанием, показали, что величина внутрипочвенного стока зависит главным образом от разницы уровней напорных и грунтовых вод. Даже при незначительном подъеме уровней напорных вод (увеличение напорности) создается большое увеличение модулей стока. Этими обстоятельствами объясняется значительное увеличение объемов стока даже при незначительном увеличении глубины заложения дренажа.

Эффективность водоотводящего действия мелиоративных комплексов также может быть оценена путем сравнения слоя стока за вегетационные периоды и коэффициентов стока, равных отношению слоя дренажного стока к количеству выпавших за это время осадков. Данные, приведенные в табл. 4, показывают, что величина стока по годам изменялась в значительных пределах на всех исследуемых участках и зависела от водообеспеченности года. Так, во влажный вегетационный период ($P_{oc}=3\%$) дренажный сток с площади, осушаемой дренажными системами глубиной 1,2 м, составил 216,7-534,9 мм. В средний по водообеспеченности год ($P_{oc}=54\%$) слой стока уменьшился до 120,6-298,1 мм, в засушливый вегетационный период ($P_{oc}=78\%$) этот показатель снизился по сравнению с влажным годом в 2,7-3,1 раза и составлял 72,5-193,2 мм. На площади с заложением дрен 1,5, 1,8 м сток внутрипочвенных вод уменьшился в 1,6-4 раза.

Сопоставляя сток на системах с разными параметрами дренажа, следует отметить, что по мере уменьшения расстояния между дренами и увеличения глубины их заложения слой дренажного стока, а следовательно, и коэффициенты стока, возрастали (табл. 4). Наибольший сток наблюдался в течение всех лет исследований на площади, осушаемой глубоким дренажом ($H_3=1,8$ м). В среднем за май-сентябрь он составил 220,5-750,4 мм, коэффициенты стока изменялись

от 0,4 до 3,2. На вариантах дренажа глубиной 1,2, 1,5 м количество сброшенной в водоприемник воды было в 2,3-2,6 раза меньше, чем на площадях с заложением дрен 1,8 м и составляло 105,4-294,6 мм. Значения коэффициентов стока достигали 0,1-1,3. Больше значения коэффициентов стока характерны для площадей, осушаемых дренажом глубиной 1,8 м. Данные табл. 4 показывают, что с уменьшением расстояний между дренами от 40 до 10 м слой стока с каждого осушаемого гектара увеличился в среднем в 3,3-4,1 раза. Значительное увеличение дренажного стока с уменьшением расстояний между дренами и увеличением глубины их заложения объясняется тем, что с возрастанием степени дренирования усиливалось водоотводящее действие дренажа, и, как следствие, в речную сеть поступало больше грунтовых вод.

Коэффициенты стока, превышающие единицу, свидетельствуют, что по объему дренаж отводил в это время больше воды, чем выпало за данный период осадков. Это связано с интенсивным притоком напорных вод из нижерасположенного водоносного горизонта. В условиях длительного сезонного промерзания наибольший сток наблюдался в весенние периоды при наличии значительного слоя мерзлоты. Выпадавшие в это время осадки вызывали увеличение дренажного стока. Это указывает на значительные фильтрационные свойства мерзлого горизонта.

Таблица 4

**Слой дренажного стока (V мм), коэффициенты стока (K)
в вегетационные периоды характерных лет**

Глубина заложения дрен, м	Расстояние между дренами, м	Обеспеченность осадками вегетационных периодов															
		P _{ос} =3%		P _{ос} =46%		P _{ос} =54%		P _{ос} =78%		P _{ос} =14%		P _{ос} =73%		P _{ос} =56%		P _{ос} =36%	
		V	K	V	K	V	K	V	K	V	K	V	K	V	K	V	K
1,2	10	534,9	1,1	387,2	1,3	298,1	1,0	193,2	0,7	299,2	0,9	77,2	0,3	255,9	0,8	306,8	1,0
1,2	20	403,7	0,9	285,3	1,0	231,9	0,8	128,2	0,5	197,9	0,6	51,0	0,2	102,8	0,4	214,4	0,7
1,2	30	304,1	0,6	193,4	0,7	162,2	0,6	99,0	0,4	115,5	0,3	37,3	0,1	62,9	0,3	150,0	0,5
1,2	40	216,7	0,5	169,4	0,6	120,6	0,4	72,5	0,3	99,2	0,3	23,9	0,1	42,8	0,2	111,0	0,4
1,5	20	456,9	1,0	335,8	1,2	241,2	0,8	81,7	0,3	119,1	0,4	66,1	0,2	232,8	0,8	317,2	1,0
1,5	30	319,5	0,7	224,7	0,8	195,0	0,7	65,9	0,2	92,2	0,3	41,1	0,2	135,0	0,5	203,6	0,6
1,5	40	211,0	0,5	129,5	0,5	125,1	0,4	51,0	0,2	73,1	0,2	29,3	0,1	84,7	0,3	140,2	0,4

Окончание табл. 4

1,8	10	1007,0	2,3	915,7	3,2	766,1	2,6	388,6	1,4	775,1	2,3	327,2	1,2	794,0	2,7	860,6	2,8
1,8	20	770,6	1,7	523,7	1,9	477,6	1,6	269,1	1,0	430,8	1,3	221,5	0,8	449,9	1,6	492,1	1,6
1,8	30	442,5	0,8	330,5	1,1	280,5	0,9	218,8	0,8	248,2	0,7	161,0	0,6	280,3	1,0	325,4	1,0
1,8	40	312,6	0,7	276,9	0,9	228,5	0,6	183,5	0,7	204,9	0,6	116,2	0,4	198,5	0,7	253,9	0,8

Определение расчетного модуля стока имеет существенное значение для качественного проектирования мелиоративных систем. Завышение расчетного модуля ведет к увеличению стоимости строительства, уменьшение отрицательно сказывается на водоотводящей способности систем. Расчетный модуль дренажного стока, определенный согласно нормативным документам, для болотных массивов с грунтово-напорным типом водного питания составил 1,46 л/(с.га) (при полном насыщении водой активного слоя почвы). В наших исследованиях экстремальные условия не наблюдались, в связи с этим фактический замеренный максимальный модуль дренажного стока на площади с заложением дрен 1,5 м составил 0,98 л/(с.га), при глубине заложения 1,8 м с расстоянием между дренами 40 м-0,92 л/(с.га).

Анализ результатов многолетних наблюдений на болотных системах Западной Сибири за формированием внутрипочвенного стока, изменением уровней грунтовых и подземных напорных вод, режимом атмосферного увлажнения позволил установить взаимосвязь и взаимообусловленность между приведенными гидрологическими характеристиками. На осушаемых торфяных массивах с грунтово-напорным питанием корреляционная связь дренажного стока с атмосферным увлажнением выражена слабо и составляет 0,52-0,59. Поэтому использование при расчете модулей стока одного лишь критерия атмосферного увлажнения не позволяет получить достоверных и достаточно точных результатов.

Используя регрессионный анализ многолетних стационарных наблюдений за дренажным стоком и основными гидрологическими характеристиками, определяющими внутрипочвенный сток, авторами были получены формулы для его определения:

при грунтово-напорном питании болотного массива:

$$g = 2,53 h_1 + 0,33 h_2 - 0,034, \quad (2)$$

где g — дренажный сток, л/(с. га); h_1 — грунтовый напор, м; h_2 — пьезометрический напор, м.

$$g = 0,69\Delta h_1 + 0,61\Delta h_2 + 0,05, \quad (3)$$

$$\Delta h_1 = 0,78h_1 - 0,03, \quad (4)$$

$$\Delta h_2 = 0,94h_2 - 0,3, \quad (5)$$

где Δh_1 — написание грунтовых вод над дренай, м; Δh_2 — написание пьезометрических вод над дренай, м.

Данные уравнения имеют высокое корреляционное отношение, изменяющееся от 0,85 до 0,93, и дают результаты, хорошо сопоставимые с наблюдаемыми результатами.

Для определения расчетного модуля дренажного стока с осушаемых торфяных почв, используемых в режиме экологической безопасности, предлагается использовать эмпирическую зависимость вида:

$$q_{др} = 45,24 \alpha K \left(\frac{H}{B} \right)^{1,3} \frac{(h_1 - h_2) \xi}{T}, \quad (6)$$

где $q_{др}$ — расчетный модуль дренажного стока, м/сут; α — коэффициент viscosity; K — приведенный коэффициент фильтрации, м/сут; H — глубина заложения дрен, м; B — расстояние между дренами, м; h_1 и h_2 — высота грунтовых вод над дренай соответственно в начале и в конце расчетного периода, м; ξ — водоотдача активной зоны торфа; T — расчетный период, сут.

Множественный коэффициент корреляции зависимости составляет 0,92.

В связи с тем, что для Западной Сибири пока нет универсальных методов определения характеристик внутрипочвенного стока, учитывающих все многообразие природных условий и антропогенных воздействий, целесообразно применять региональные разработки, учитывая условия рассматриваемого природного объекта. Результаты исследований на опытных стационарах могут быть использованы по принципу аналогии для других объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов К.Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л., 1975. 280 с.
2. Инишева Л.И., Лисс О.Л., Мармулев А.Н. и др. Концепция рационального использования торфяных ресурсов России. Томск, ЦНТИ, 2003. 60 с.
3. Дубах А.Д. Гидрология болот: Сб. тр. Вып. 10 / Серия IV. ГГИ. Гидрометиздат. Свердловск. М., 1944. С. 98-103.
4. Кирейчева Л.В. Экологические основы комплексных мелиораций агроландшафтов // Экологические проблемы мелиорации. М.: ВНИИГиМ, 2002. С. 5-9.
5. Маслов Б.С. Современные вопросы мелиорации болот для сельскохозяйственных целей // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования / М-лы конф. М.: ГЕОС, 1999. С. 301-307.
6. Калинин В.М., Моторин А.С. Водный баланс и режим осушаемых низинных торфяников Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1995. 176 с.