

А.Т. БАРАБАНОВ

УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМ РЕЖИМОМ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТОЧНОГО ПРОГНОЗА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД В ВОЛЖСКО-КАМСКОМ БАССЕЙНЕ

Анализируется роль природных факторов в формировании поверхностного стока талых вод, излагается закон лимитирующих факторов эрозионно-гидрологического процесса, приводятся уравнения расчёта стока и даётся методика его прогноза с целью регулирования весеннего паводка и оптимизации водного режима.

Ключевые слова: поверхностный сток, снегозапасы, глубина промерзания почвы, влажность почвы, закон лимитирующих факторов стока, водный режим, оптимизация весеннего паводка

Волго-Ахтубинская пойма – настоящая природная жемчужина в полупустыне. Это водно-болотные угодья и орнитологическая территория международного значения (места нереста рыб, в том числе осетровых, гнездования и отдыха птиц, заливные луга, плодородные пойменные земли). В последние десятилетия экологическое состояние поймы нарушено. Она терпит экологическое бедствие. Проблема улучшения её состояния очень сложная и решить её можно только зная истинные причины создавшегося положения.

Дискуссия по этому вопросу в СМИ, Росводресурсах, Волгоградской областной администрации и думе, Общественных палатах Волгоградской и Астраханской областей и республики Калмыкия показывает, что нет единого мнения о причинах этой катастрофы и о путях ее решения. Одни считают, что созданный каскад водохранилищ нарушил режим стока и все беды от этого. По мнению других, энергетики, нарушая экологический режим сброса воды, забирают ее для выработки электроэнергии, обкрадывая пойму. Третьи думают, что нужно работать с гидротехническими сооружениями в пойме – очищать ерики, увеличивать закачку в них воды, считая это главной причиной, и просят на это денег. Четвертые считают, что дно Волги ниже ГЭС углубилось и поэтому в пойму поступает меньше воды. Пятые считают, что наступил период маловодья и поэтому нынешний режим стока – это нормальный природный процесс и ничего сделать нельзя.

Мало того, для решения этой проблемы некоторые предлагают построить целый комплекс объектов. В качестве вариантов рассматриваются несколько проектов – специальный сифон в плотине Волжской ГЭС, строительство обводного канала, строительство мини-ГЭС и др. Все это потребует миллиардных вложений. На выполнение проектных работ по строительству системы новых гидросооружений планируется выйти в 2015 году, а строительство осуществлять в рамках федеральной целевой программы.

Конечно, указанные выше причины катастрофического состояния поймы имеют место, но существенной роли не играют, а предлагаемые пути решения очень затратны и малоэффективны. Главная причина состоит в принятии ошибочных управленческих решений Межведомственной оперативной группой по регулированию режимов работы Волжско-Камского каскада водохранилищ. Эти ошибки связаны с низкой точностью прогноза поверхностного стока. Сейчас ошибка прогноза поверхностного стока по разным источникам в среднем составляет 35%, а бывает и 100%. Примеров ошибочных прогнозов, приводящих к огромным негативным последствиям, можно привести множество, но остановлюсь лишь на некоторых, наиболее показательных. В 1996 г. прогнозировался большой поверхностный сток в бассейнах рек Волги и Дона. На подготовительные работы затрачены колоссальные средства, из водохранилищ и прудов сброшено большое количество воды с целью освобождения емкостей для приема весенних вод. Но прогноз оказался ошибочным, все затраты напрасными, а последствия чрезвычайными. Водоемы были наполовину пусты, вода в Волге в районе Волгограда опускалась ниже водозаборных оголовков, в Волго-Ахтубинской пойме вода из колодцев ушла,

ее подвозили на машинах, возникали также многие другие проблемы. Подобная ситуация сложилась весной 1999 г. Зимой и весной было сброшено 192 км³ воды, а поверхностный сток был незначительный. Последствия этого ощущались и в 2000 г. Наряду с гибелью рыбы зимой, икры весной; недостатком воды для сельского и коммунального хозяйств; трудностями речного судоходства (суда садились на мель), в январе-феврале 2000 г. на гидростанциях Волжско-Камского каскада недополучили 34% электроэнергии. В 2005 г. зимой сбросили примерно 130–140 км³ воды, а приток был незначительный и как результат, летом и осенью 2005 г. уровень воды в Волге в районе Волгограда был на 2–2,5 м ниже обычного. Последствия этого ощущались и в 2006 г. Весна была также маловодной, в водохранилищах Волжско-Камского каскада воды оставалось мало, поэтому сброс ее был небольшой. Волго-Ахтубинская пойма, ерики и озера в ней не были затоплены водой, люди остались без воды, овощей, другой сельскохозяйственной продукции, рыба не смогла выметать икру, так как была лишена места нереста. Энергетики недополучили электроэнергию. На заседании Межведомственной оперативной группы по регулированию режимов работы Волжско-Камского каскада водохранилищ отмечалось, что выработка электроэнергии на гидростанциях каскада во втором квартале 2006 г. составит 70% от плана.

Подобная ситуация складывалась и в 2014 г. Росводресурсы, ожидая большой приток воды в связи с большим количеством снега в верховьях рек Волги и на Каме, начали повышенный (по сравнению с меженным) сброс воды из водохранилищ еще в декабре 2013 г., подготавливая их к приему вод поверхностного стока. Тем самым уровень воды в них был сильно снижен (в некоторых водохранилищах на 2,5 м ниже наименьшего подпорного уровня). Поверхностный сток талых вод весной 2014 г. был небольшой и воды хватило только заполнить водохранилища и немного подать на Нижнюю Волгу. В Волго-Ахтубинскую пойму воды поступило мало.

Все эти проблемы связаны с отсутствием в стране надежной методики высокоточного прогноза поверхностного стока с водосбора Волжско-Камского бассейна, которая обеспечивала бы оптимизацию его регулирования. Генеральный директор ОАО Управляющая компания «Волжский гидроэнергетический каскад» Расим Хазиахметов на встрече с коллективом Волжской ГЭС, отмечая низкую точность прогнозов поверхностного стока [11], говорил о том, что если бы удалось ее повысить, то оптимизация регулирования стока Волги на этой основе дала бы прирост электроэнергии по каскаду на 10%, что эквивалентно вводу еще одной электростанции мощностью 1000 МВт.

Таким образом, много различных мнений о причинах маловодья Волго-Ахтубинской поймы. Все они имеют место в разной степени. Однако, главная причина – это неправильный режим сброса паводковых вод из-за отсутствия надежного метода прогноза поверхностного стока в Волжско-Камском бассейне. Сток р. Волги полностью зарегулирован плотинами гидроэлектростанций, и гидрологический режим Волго-Ахтубинской поймы в значительной степени зависит от правильности принятия решений о сбросе воды из каскада водохранилищ. Иными словами гидрологический режим и экология Нижней Волги зависят от точности прогноза поверхностного стока на всем бассейне р. Волги с ее притоками большими и малыми.

Оптимальный режим паводка очень важен для многих отраслей хозяйства страны: энергетики, водного, сельского, рыбного, коммунального хозяйств, судоходства и др. В регионах обычно создаются чрезвычайные противопаводковые комиссии, которые часто из-за отсутствия надежного прогноза поверхностного стока талых вод выполняют ненужную работу, требующую огромных материальных затрат и денежных средств.

Рассмотрим это на примере весеннего паводка 2013 г. Повышенный расход воды (6400–7500 м³/сек) по сравнению с меженным (5000–6000 м³/сек) начался 11 ноября 2012 г. (так называемый осенний паводок) и продолжался всю зиму до 31 марта (таблица 1).

Таблица 1

**Расходы воды на Волгоградском гидроузле с 14.06.2012 по 11.06.2013 г.
(по данным сайта Росводресурсов) [10]**

№ п/п	Дата указания Росводресурсов	Период	Расход воды, м ³ /сек		Примечания
			планируемый	фактический	
1	2	3	4	5	6
1	14.06.12-4.10.12	14.06.12-10.11.12	5000-6000	5000-6000	Меженный сток
2	8.11.12	11.11.12-10.12.12	6400-6700	6400-6700	Так называемый осенний паводок
3	6.12.12-28.02.13	11.12.12-31.03.13	6800-9000	6800-9000	Зимний паводок, сброс воды из водохранилищ для приема весеннего паводка
4	5.04.13	6.04.13-23.04.13	9500-24000	9500-24000	Весенний паводок, к 16.04.13 г. уровень воды в водохранилищах понижен по отношению к НПУ на: Угличском – 3,55 м; Рыбинском – 2,75 м; Горьковском – 1,5 м; Камском – 7,21 м; Воткинском – 3,73 м; Куйбышевском – 1,36 м
5	5.04.13 26.04.13	24.04.13-5.05.13	26000	26000	Максимальный расход воды держали 12 суток вместо 23-х.
6		6.05.13	26000	24000	Обнаружили, что приток небольшой и резко снизили расход воды.
7		7.05.13	26000	22000	
8		8.05.13	26000	20000	
9		9.05.13	26000	18000	
10		10.05.13-16.05.13	26000	17000	
11		17.05.13	25000	17000	
12		18.05.13	24000	17000	
13		19.05.13	23000	17000	
14	17.05.13	20.05.13-28.05.13	22000	17000	
15		29.05.13-3.06.13	21000-16000	17000	Плановый расход снижался на 1000 м ³ /сек в сутки
16		4.06.13-11.06.13	15000-8000	16000-9000	

С 6 апреля начали резко увеличивать расход воды с 9500 м³/сек до 26000 м³/сек 24 апреля. К 16 апреля водохранилища сильно опустошили. На Камском водохранилище уровень воды был на 7,21 м ниже наименьшего подпорного уровня (НПУ), на Воткинском – на 3,73 м, а на главных регуляторах каскада – Рыбинском и Куйбышевском водохранилищах уровни воды были ниже НПУ соответственно на 2,17 и 2,13 м.

Высокий сброс воды связан с тем, что составители режима работы водохранилищ, ожидали большой приток воды с водосбора Волги во 2 квартале 2013 г. (156–186 км³, при норме 161 км³). Поэтому Межведомственной оперативной группой по регулированию режимов работы водохранилищ Волжско-Камского каскада был спланирован повышенный сброс воды зимой и рано весной для того, чтобы освободить емкости водохранилищ. При этом удачно решались и проблемы энергетиков. Исходя из этого, за время весеннего паводка планировалось сбросить 129,1 км³ воды. В соответствии с этим был составлен график пускания воды через Волгоградский гидроузел. По нему, начиная с 15 апреля, планировалось резкое увеличение расхода воды с 10000 м³/сек до 26000 м³/сек и поддержа-

ние его на этом уровне до 16 мая (23 дня), а затем плавное снижение (по 1 тысяче м³/сек в сутки) до 8000 м³/сек в течение 25 дней. Это был бы прекрасный режим, если бы прогноз притока воды оказался правильным. Он бы обеспечил заполнение водохранилищ, полное обводнение Волго-Ахтубинской поймы, благоприятный нерест рыбы и нормальный сток в меженный период, удовлетворяющий всех водопотребителей.

Однако поверхностный сток был очень небольшой, воды в водохранилища поступило мало и Межведомственная оперативная группа, опасаясь, что не будут заполнены водохранилища, была вынуждена скорректировать режим их работы. Расход воды в 26000 м³/сек держали только до 5 мая (вместо 16 мая). Затем резко (в течение 4 дней) уменьшили его до 17000 м³/сек, (так называемая рыбная полка) и сохраняли этот расход до 3 июня (25 дней), потом плавно снизили до 9000 м³/сек.

В результате Волго-Ахтубинская пойма, хотя и не полностью, но была обводнена, а условия для нереста рыбы были полностью разрушены из-за раннего начала максимальных сбросов (вода для нереста рыбы была холодная) и досрочно резкого уменьшения расходов воды (до 17000 м³/сек). В результате рыба, которая успела зайти в пойму, не отнерестилась и ушла вместе с водой в Волгу, и только через два года будет вновь нереститься (резорбция). Часть рыбы, которая отнерестилась, оставила икру на кустах и траве. Водоохранилища удалось заполнить до НПУ, но ценой «рваного» режима паводка, нанесения большого вреда рыбе и колоссального ущерба многим водопользователям.

Таким образом, вновь была допущена очередная крупная ошибка с прогнозом весеннего поверхностного стока с бассейна Волги и установлением режима попуска весеннего паводка. Для того чтобы провести весенний паводок оптимально нужно было не опустошать водохранилища до таких уровней (на 7,2 м ниже НПУ в Камском водохранилище и на 2–3 м в других), повышенный сброс начинать не зимой, а в апреле и на максимальный расход (27000 м³/сек) выйти в конце апреля – начале мая. Тогда хватило бы воды держать этот уровень 2-3 недели, а затем постепенно его уменьшать до меженного. В этом случае не потребовалась бы так называемая рыбная полка (17000 м³/сек в течение 25 дней), которая, по мнению ученых-ихтиологов, мало что дает для нереста рыбы, а вода в этот период неоправданно сбрасывается в Каспий, которой потом не хватает летом многим водопользователям.

Это отрицательно влияет на состояние растительности, водно-болотных угодий. От этого также страдает сельское хозяйство (не хватает воды для орошения), рыбное (погибает много икры, в том числе ценных осетровых пород), коммунальное (не хватает воды на бытовые и другие нужды населения). Энергетики вынуждены экономить воду, и недополучают 30-40% электроэнергии, затрудняется судоходство (суда садятся на мель), а также возникают многие другие проблемы.

В Волго-Ахтубинской пойме периодически устраиваются рукотворные экологические бедствия, особенно в последние маловодные годы. Ежегодный ущерб от таких управленческих решений на основе ошибочных прогнозов составляет десятки миллиардов рублей.

При оптимизации режима весеннего паводка на каскаде водохранилищ необходимо решать следующие задачи: обводнить Волго-Ахтубинскую пойму с целью создания условий жизни людей, функционирования сельского, рыбного, коммунального хозяйства, улучшения природной среды для флоры и фауны и повышения биоразнообразия; обеспечить условия для нереста рыбы в соответствии с ее биологией; создать уровень воды в Волге ниже плотины ГЭС, обеспечивающий нормальное судоходство и забор воды для коммунального хозяйства; заполнить все водохранилища Волжско-Камского каскада до НПУ; обеспечить водой потребности энергетиков. Для решения этих задач нужен высокоточный заблаговременный прогноз поверхностного стока талых вод с водосбора. Только в этом случае можно оптимизировать режим попуска паводковых вод. Имея большой объем воды в водохранилищах и высокоточный прогноз стока можно идеально решить проблему регулирования пропуска весенних паводков, удовлетворив потребности всех водопользователей.

Таблица 2

Показатели снегозапасов и поверхностного стока талых вод на зяби (юг Центрального района Нечерноземной зоны) многоснежные зимы (снегозапасы больше 100 мм) сток часто отсутствовал полностью, либо был очень большим – до 146 мм. В малоснежные зимы (снегозапасы меньше 100 мм) сток в отдельные годы не сформировался, а в другие – был относительно большим (до 51 мм)

Малоснежные зимы			Многоснежные зимы		
Годы	Снегозапасы, мм	Сток, мм	Годы	Снегозапасы, мм	Сток, мм
1	2	3	4	5	6
Рыхлая пашня (зябь)					
1961	32	7	1959	146	108
1962	22	13	1960	136	81
1965	70	51	1963	116	61
1966	77	4	1964	121	58
1969	66	24	1967	186	146
1972	56	15	1968	169	0
1973	62	29	1970	192	83
1974	50	29	1971	129	79
1975	86	0	1976	137	0
1978	91	0	1977	138	12
1983	97	2	1979	128	37
1984	41	12	1980	135	29
1986	77	33	1981	162	0
1989	55	0	1982	100	20
1990	44	23	1985	128	0
1991	84	34	1987	149	27
1992	88	0	1988	118	21
1993	42	17	1994	139	40
1996	81	29	1999	144	0
1997	56	1	2005	115	0
1998	48	0	2006	137	0
2000	57	0	2010	106	0
2001	81	0			
2002	58	0			
2003	96	29			
2004	86	0			
2007	76	0			
2008	62	0			
2009	97	0			
Уплотненная пашня (многолетние травы, озимые)					
1961	22	12	1959	135	106

Продолжение таблицы

1962	23	21	1960	150	117
1965	60	46	1963	115	71
1966	105	3	1964	113	91
1969	80	51	1967	186	186
1972	56	15	1968	145	26
1	2	3	4	5	6
1973	53	31	1970	221	94
1974	49	44	1971	81	39
1975	89	0	1976	160	3
1978	177	20	1977	149	20
1983	91	27	1979	135	45
1984	67	18	1980	153	42
1986	75	36	1981	132	15
1989	52	0	1982	100	5
1990	49	25	1983	91	27
1991	89	52	1985	119	2
1992	85	0	1987	160	40
1993	45	14	1988	123	42
1996	89	26	1994	142	50
2003	152	71			

Анализ существующих методов прогноза стока [1; 2; 5; 6; 9; 12], изучение принципов, параметров и критериев, заложенных в их основу, показали, что при прогнозировании стока по существующим методикам либо используется один фактор (например, снеготпасы), либо десятки и даже сотни факторов. Ни то, ни другое неприемлемо. Отсутствие надежного метода прогноза связано и с тем, что нет хорошей теоретической основы для него. До сих пор не выявлены закономерности формирования поверхностного стока. В литературе много данных по влиянию природных факторов на сток талых вод. Причем взгляды разных исследователей в значительной степени отличаются и даже бывают противоположными. Это объясняется тем, что ими использовались разные подходы, концепции и, главное, разные методы исследований и анализа полученного материала. Часто при прогнозировании используется статистический подход, годы аналоги и не применяется генетический подход, который позволяет выявить закономерности процессов. Все имеющиеся в литературе результаты исследований, обобщения и анализа связи стока талых вод с природными факторами, а также методы его прогнозирования в настоящее время не дают возможности однозначно определить роль тех или иных факторов в формировании стока, дать точный его прогноз и выявить пути его регулирования. Нужен новый методический подход к анализу материала.

В ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт имеется уникальный материал свыше 50-летних исследований закономерностей формирования поверхностного стока талых вод в лесостепной, степной и полупустынной зонах. Анализ этих данных показал, что прямой связи стока со снеготпасами нет (табл. 2).

Связь стока с глубиной промерзания следующая. Если почва талая или она промерзла не глубже 50 см (таблица 3), то сток не формируется. При промерзании почвы свыше 50 см формируется сток разной величины, он не зависит от дальнейшего увеличения глубины промерзания.

Таблица 3

Показатели стока талых вод и факторов, обуславливающих его формирование на юге Центрального района Нечерноземной зоны

Годы	Сток, мм	Запасы воды, мм		Глубина промерзания почвы, см	Сток, мм	Запасы воды, мм		Глубина промерзания, см
		в почве (0-50 см)	в снеге			в почве	в снеге	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Годы без стока								
Рыхлая пашня (зябрь)				Уплотненная пашня				
1966	0	157	108	0	1	189	101	0-10
1968	0	123	150	29	0	124	161	0-8
1975	0	154	86	30	-	-	-	-
1976	0	123	113	130	-	-	-	-
1977	2	132	114	30	0	172	174	45
1978	0	201	177	45	0	163	194	50
1980	0	153	158	30	0	152	153	35
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1981	0	172	104	38	0	233	122	0
1982	0	184	101	50	-	-	-	-
1983	0	166	111	40	-	-	-	-
1984	3	129	51	120	-	-	-	-
1985	0	173	120	10	2	166	113	10
1989	0	168	41	0	-	-	-	-
1992	0	169	88	17	0	167	85	0-17
1995	0	240	114	25	0	165	121	25
1997	1	247	55	45	-	-	-	-
1998	0	197	48	20	-	-	-	-
1999	0	178	144	0	-	-	-	-
2000	0	166	57	20	-	-	-	-
2001	0	210	80	0-5	-	-	-	-
2002	0	185	58	8	-	-	-	-
2004	0	220	86	5-20	0	258	97	15-20
2005	0	166	115	1-12	0	196	115	26
2006	0	205	137	51	-	-	-	-
2007	0	201	79	0	-	-	-	-
2008	0	184	76	25	-	-	-	-
2009	0	209	97	22	-	-	-	-
2010	0	192	89	35	-	-	-	-
Годы со стоком								
Рыхлая пашня (зябрь)				Уплотненная пашня				
1964	52	151	211	60	-	-	-	-
1967	150	248	196	76	186	156	127	80
1969	22	175	52	182	46	173	77	165
1970	82	183	191	137	96	171	203	75
1971	52	165	154	100	42	188	74	100
1972	22	166	60	160	15	157	37	100
1973	31	190	70	97	38	168	63	100
1974	50	193	64	124	44	216	49	104
1979	41	174	137	68	64	167	132	80
1986	32	175	80	110	25	180	77	110
1987	33	152	153	69	42	118	149	69
1988	21	137	118	60	29	161	132	60
1990	21	190	44	68	-	-	-	-
1991	34	172	84	84	52	214	90	84
1993	17	174	42	83	14	151	45	83
1994	37	156	136	68	50	269	142	68
1996	29	164	81	80	25	153	89	80
2003	26	208	96	52	71	230	152	110

В результате теоретических и экспериментальных исследований, а также на основе обобщения имеющихся материалов нами впервые был сформулирован и обоснован закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод [3; 4] и разработана методика высокоточного (80–90 и иногда 100%), заблаговременного (1,5–2,0 месяца) прогноз стока (имеется патент) [8]. С этой целью были обобщены многолетние собственные и литературные данные, характеризующие связь слоя стока талых вод с природными факторами.

Установлено, что главными природными факторами, обуславливающими формирование стока являются только снеготаяния, глубина промерзания и влажность почвы. Интенсивность и продолжительность снеготаяния, а также другие факторы на общую величину стока талых вод за период половодья практически не влияют. Они могут повлиять на интенсивность паводка, но не на объем поверхностного стока. Суть закона заключается в том, что при некотором (лимитирующем) значении одного из этих трех факторов сток не формируется независимо от уровня двух других. Определены максимальные значения факторов, при которых сток не формируется. На юге Центрального района Нечерноземной зоны (ЦРНЗ), в Центрально Черноземных областях (ЦЧО) и Поволжье, если почва талая или промерзла до глубины не более 50 см, стока не бывает независимо от уровня ее увлажнения и снеготаяния. Дальнейшее увеличение глубины промерзания почвы выше лимитирующего уровня не влияет на величину стока. Решающее влияние на него в этом случае оказывают влагозапасы в почве и снеге. При увлажнении верхнего (0-50 см) слоя почвы до уровня менее 120-130 мм на юге ЦРНЗ и 70-95 мм в Нижнем Поволжье сток не формируется независимо от глубины промерзания почвы и снеготаяния. В этом случае лимитирующим фактором является увлажнение почвы. При запасах воды в снеге меньше объема микрорельефа пашни сток также не формируется. Алгоритм прогноза стока приведен в таблице 4.

Таблица 4

Алгоритм прогноза поверхностного стока талых вод в зависимости от уровня природных факторов

Уровень факторов			Характер формирования стока
глубина промерзания почвы, см	запасы воды в почве (слой 0-50 см), мм	снеготаяния, мм	
Менее 50	Любой	Любой	Сток не формируется
Более 50	Менее 70-120 (по зонам)	Любой	Сток не формируется
Более 50	Более 70-120 (по зонам)	Меньше объема микрорельефа	Сток не формируется
Более 50	Более 70-120 (по зонам)	Больше объема микрорельефа	Сток формируется, величина его зависит от уровня запасов воды в снеге и почве

На основе математического анализа результатов исследований разработаны модели формирования стока на разных типах почв (серые лесные, черноземы, каштановые и светло-каштановые), видах угодий (пашня, луг, залежь) и пашни (зябь, озимые, многолетние травы и др.). Они опубликованы в работе [4].

Расчет стока по этим уравнениям дает довольно близкую сходимость расчетных данных с экспериментальными (табл. 5). На зяби максимальное отклонение расчетных величин стока от экспериментальных было 31 мм при очень высокой его величине (150 мм), а остальные колебались от 1 до 13 мм. На уплотненной пашне максимальное отклонение величины стока было 15 мм, остальные колебались от 0 до 9 мм.

Таблица 5

Экспериментальные и рассчитанные по уравнениям регрессии величины стока с зяби и уплотненной пашни на юге Центрального района Нечерноземной зоны, мм

Годы	Рыхлая пашня (зябрь)				Уплотненная пашня			
	Экспериментальные	Расчетные	Отклонения		Экспериментальные	Расчетные	Отклонения	
			мм	%			мм	%
1964	52	61	9	17	-	-	-	-
1967	150	133	-17	11	55	49	-6	11
1969	22	19	-3	15	46	35	-11	24
1970	82	79	-3	4	96	77	-19	20
1971	52	50	-2	4	-	-	-	-
1972	22	15	-7	34	15	19	4	21
1973	31	38	7	21	38	29	-9	24
1974	50	38	-12	25	-	-	-	-
1979	41	51	10	23	64	53	-11	17
1986	32	29	-3	8	25	36	11	31
1987	33	39	6	18	42	51	9	18
1988	21	14	-7	35	29	52	23	44
1990	21	28	7	31	-	-	-	-
1991	34	29	-5	16	52	45	-7	13
1993	17	14	-3	17	14	21	7	33
1994	37	36	-1	3	50	71	21	30
1996	29	21	-8	27	25	36	11	31

Опираясь на выявленные закономерности и связи, был разработан метод расчета (прогноза) величины поверхностного стока с сельскохозяйственной территории (водосбора) при разных уровнях важнейших его природных факторов с учетом типов почв, видов угодий и состояния пашни. Он рассчитывается по уравнению:

$$Q = \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot S_i) / \sum_{i=1}^n S_i - Q_{пэм}$$

где Q – величина поверхностного стока с водосбора, мм;

Q_i – сток с i -того агрофона, мм (рассчитывают по уравнению $Q_i = a + b_1 w_n + b_2 w_c$, в котором w_n – запасы воды в почве, мм; w_c – запасы воды в снеге, мм; a , b_1 и b_2 – коэффициенты, изменяющиеся в зависимости от вида пашни и типа почв: на зяби – серая лесная почва $a = -161$, $b_1 = 0,93$, $b_2 = 0,38$; типичный чернозем $a = -50$, $b_1 = 0,25$, $b_2 = 0,25$; обыкновенный чернозем $a = -53$, $b_1 = 0,51$, $b_2 = 0,04$; каштановая $a = -27$, $b_1 = 0,38$, $b_2 = 0,37$; светло-каштановая $a = -11$, $b_1 = 0,23$, $b_2 = 0,37$; на уплотненной пашне – серая лесная почва $a = -11$, $b_1 = 0,12$, $b_2 = 0,33$; типичный чернозем $a = -116$, $b_1 = 0,71$, $b_2 = 0,41$; обыкновенный чернозем $a = -24$, $b_1 = 0,17$, $b_2 = 0,40$; каштановая $a = -4$, $b_1 = 0,19$, $b_2 = 1,14$; светло-каштановая $a = -20$, $b_1 = 0,29$, $b_2 = 0,13$);

S_i – площадь i -того агрофона, га;

$Q_{пэм}$ – стокорегулирующий эффект от применения системы противоэрозионных мероприятий: противоэрозионная организация территории, лесомелиоративные, агротехнические и гидротехнические приемы, мм (этот параметр применяется только в том случае, если на водосборе осуществлена полная система мероприятий).

Метод прогноза стока получил многолетнюю апробацию в разных природных зонах. Он позволяет с высокой точностью прогнозировать сток талых вод с сельскохозяйственных угодий.

Таким образом, имея высокоточный прогноз поверхностного стока талых вод с Волжско-Камского бассейна и такие большие запасы воды в каскаде водохранилищ, можно в любой по водности год устанавливать оптимальный режим весеннего попуска воды на всех плотинах каскада. Это позволит обеспечивать всех водопользователей водой, обводнять Волго-Ахтубинскую пойму до необходимых отметок, что в свою очередь создаст предпосылки для улучшения жизни людей, условий для нереста рыбы, обитания птиц и животных, повышения биоразнообразия и в целом экологического состояния всей территории поймы.

Литература

1. Алексеевский Н. И. Оценка влияния изменений климата на водный режим и сток рек бассейна Волги / Н. И. Алексеевский, Н. П. Фролова, М. М. Антонова, М. И. Игонина // *Вода: химия и экология*. 2013, № 4. С. 3–12.
2. Аполлов Б. А. Курс гидрологических прогнозов. Л.: Гидрометеиздат, 1974.
3. Барабанов А. Т. Закономерности формирования поверхностного стока талых вод, его прогноз и регулирование // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. –2012. № 1(33). С. 65-68.
4. Барабанов А. Т. К вопросу о прогнозе поверхностного стока талых вод в лесостепной и степной зонах // *Аридные экосистемы*. 2012. Том 18, № 4(53). С. 22-27.
5. Водогрецкий В. Е. Склоновый сток и его изменение под влиянием агротехнических и лесомелиоративных мероприятий // *Вопросы влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы и водный режим*, тр. ГГИ. Л.: Гидрометеиздат, 1973. Вып. 206.
6. Демидов В. В. Закономерности эрозии почв лесостепной зоны при снеготаянии как научная основа системы почвозащитных и природоохранных мероприятий: автореф. дис. ... д-ра. биол. наук. М., 2000.
7. Петелько А. И. Агролесомелиорация в адаптивно-ландшафтном земледелии в лесостепи Центрального Нечерноземья автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук. Волгоград, 2012.
8. Способ прогнозирования поверхностного стока талых вод (соавт. А. Т. Барабанов, Е. А. Гаршинев, К. Н. Кулик): пат. № 2347222 РФ МКИ заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИАЛМИ. –2009126879/12; заявл. 24 июля 2006 г., опубл. 20.02. 2009 г., Бюл. №5..
9. Сурмач Г. П. Прогнозирование стока талых вод // *Земледелие*, 1989 № 4. С. 29-31.
10. Федеральное агентство водных ресурсов // *Установка режима работы водохранилищ. Волжско-Камский каскад*. Указания Росводресурсов. Сайт <http://voda.mnr.ru> (дата обращения 20. 05. 2013 г.)
11. Хазиахметов Расим Вариантов будущего несколько// *Аргументы и факты*, 2005. №14.
12. Шеппель П. А. Специальный весенний попуск паводковых вод Волги. Нижне-Волжское изд-во, Волгоград, 1990.



Management of the water regime of the Volga-Akhtuba floodplain based on the high-accuracy forecast of the shallow melt waters flow in the Volga-Kama basin

There is analyzed the role of natural factors in formation of the shallow melt waters flow, described the law of the limiting factors of the erosive and hydrologic process, given the equalizations of the flow estimation and suggested the methodology of its forecast with the aim to regulate the spring flood and the optimization of the water regime.

Key words: shallow waters flow, snow resources, depth of soil freezing, soil humidity, law of the limiting factors of the flow, water regime, optimization of the spring flood.