

М.В. Кумани¹, Ю.А. Соловьева², Ф.Н. Лисецкий³

¹ Курский государственный университет, ²Курский Федеральный аграрный научный центр, ³ Национальный исследовательский Белгородский государственный университет.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭРОЗИИ ПОЧВ И ПЕРЕНОС ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ СКЛОНЫМ СТОКОМ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ОБЛАСТЯХ

Введение

Характер и степень загрязнения водных объектов – это отражение вида и интенсивности хозяйственной деятельности на водосборной территории [Новосельцев и др., 2002; Коронкевич и др., 2003; Kumani, 2004], так как река и ее бассейн – это единая система, транспорт веществ в которой наиболее активно осуществляется водными потоками.

Водосборные площади рек Центрально-Черноземных областей – территориальная база для развития агропромышленного комплекса. Значительную долю речных бассейнов здесь занимают агроландшафты, круговорот и баланс веществ в которых существенно изменен по сравнению с природными ландшафтами. Это привело, в частности, к перераспределению биогенных и органических веществ в результате эрозионно-гидрологических процессов, активно развивающихся на сельскохозяйственных угодьях речных бассейнов. Органические и биогенные вещества, обеспечивающие почвенное плодородие, попадают с поверхностным стоком в водные объекты, меняют свою экологическую функцию и становятся загрязнителями. В данной работе предпринята попытка комплексного анализа причин и последствий переноса загрязняющих веществ в пределах водосборов, речных систем и влияния данного процесса на экосистемы ЦЧО в целом. Особенность почвенно-эрозионного загрязнения заключается в том, что его источники – диффузные, рассредоточенные по всему водосбору, которые, в отличие от точечных, не подвергаются предписанному экологическим законодательством мониторингу. При этом большую сложность составляет точная количественная оценка доли вклада диффузных источников в загрязнение поверхностных вод [Хрисанов, Осипов, 1993; Алексеевский и др., 2000].

Цель данной работы – проанализировать влияние выноса загрязняющих веществ в результате эрозионно-гидрологических процессов на гидрохимический режим рек агроландшафтов в сезонном и многолетнем аспекте, а также показать влияние последствий накопления загрязнителей эрозионного генезиса в донных отложениях рек на примере ситуации с массовым замором рыбы в р. Псел летом 2018 г.

Объекты и методы исследования

Выбор объектов исследования обусловлен тем положением, что наиболее подвержены любому загрязнению малые и средние реки в силу их

небольшой водности и низкой способности к самоочищению [Алексеевский, Коронкевич и др., 2000; Соловьева, Кумани, 2013]. Особенность малых и средних рек – тесная зависимость качества воды от состояния водосборной территории, что обуславливает их значительную уязвимость при интенсивном хозяйственном освоении водосбора.

В работе использованы данные ежемесячного гидрохимического мониторинга в створах средних (по ГОСТ 17.1.1.02–77) рек (площади водосборов составляют 1020, 220 и 140 км² соответственно) за период наблюдений с 2004 по 2008 гг. Использованы также материалы гидрохимического мониторинга за период с 1990 по 2009 гг. на реке Псел в пункте наблюдений село Горналь (Курская область). Длина реки Псел до створа у с. Горналь составляет 200 км, площадь водосбора – 6400 км². Выше рассматриваемых створов на водосборной территории изучаемых рек располагаются преимущественно агроландшафты (60-80% территории); влияние точечных сбросов с промышленных предприятий и поверхностного стока с урбанизированных территорий не наблюдается.

При изучении влияния диффузных источников на качество поверхностного стока необходима количественная оценка поступления биогенных веществ в реки агроландшафтов с водосборов различных порядков [Кумани, Лисецкий, 2011]. Поэтому для количественной оценки среднемноголетнего выноса биогенных веществ с сельхозугодий в верхних звеньях гидрографической сети, был использован элементарный ключевой водосбор, расположенный в бассейне р. Черни на территории Железнодорожного района Курской области. На этом участке р. Черни и ее водосборная территория еще не испытывают воздействия Михайловского ГОКа, значительную долю площади водосбора занимают сельскохозяйственные угодья. Для этого водосбора было выполнено моделирование выноса биогенных веществ с помощью ГИС-технологий.

Участок массовой гибели гидробионтов расположен в верхнем течении р. Псела выше г. Обояни в районе п. Пригородного. Длина основной реки – Псела до п. Пригородный около 57 км, площадь водосбора 1100 км², распаханность водосбора более 70%. Непосредственно перед участком замора в р. Псел впадает ее правый приток р. Запселец; его длина - 26 км, с площадью водосбора - 378 км². Река Псел течет с юго-востока с территории Прохоровского района Белгородской области. Водосбор р. Запселеца расположен в Пристенском районе Курской области севернее участка загрязнения. Слияние рек и их общий водосбор на этом участке находятся в Обоянском районе Курской области. На территории Обоянского района по долинам рек Псела и Запселеца расположены лесные и болотные массивы Государственного биосферного заповедника им. Алехина (ЦЧЗ).

Результаты и их обсуждение

Для оценки гидрохимического режима рек, складывающегося под влиянием поверхностного стока и выноса эрозийного материала с сельхо-

зугодий, имеет смысл рассмотреть концентрации органических и биогенных веществ в створах, где осуществляется детальный мониторинг (таблица).

Таблица. Концентрации биогенных веществ и показатели БПК в реках агроландшафтов по наблюдениям 2004–2008 гг.

Объект исследования	Концентрация	Показатели и вещества					
		БПК _{полн.} , мг О ₂ /л	БПК ₅ , мг О ₂ /л	NH ₄ , мг/л	NO ₂ , мг/л	NO ₃ , мг/л	P ₂ O ₅ (по P), мг/л
р. Реут, 100 м выше сброса с очистных сооружений г. Курчатова	средняя	3,96	2,81	0,51	0,041	1,57	0,19
	максимальная	17,29	12,26	1,86	0,520	13,52	2,94
р. Чернь, 100 м выше сброса коллекторно-дренажных вод МГОК	средняя	3,94	2,63	0,69	0,131	3,00	0,16
	максимальная	18,00	12,00	3,10	0,680	8,69	0,56
р. Речица в 100 м выше сброса с очистных сооружений г. Железнодорожска	средняя	-	2,07	0,18	0,018	0,70	0,11
	максимальная	-	5,50	0,50	0,130	4,76	0,36
		Предельно допустимые концентрации веществ (ПДК) для водоемов рыбохозяйственной категории					
		3,00	2,00	0,40	0,020	9,10	0,20
		Погрешность метода определения					
		±0,14	±0,10	±0,21	±0,060	±0,12	±0,10

С этой целью были проанализированы концентрации биогенных веществ (форм азота - нитратной NO₃, нитритной NO₂, аммонийной NH₄ и фосфатов P₂O₅) и показатели биохимического потребления кислорода (БПК) в реках Реут, Чернь и Речица. Показатель БПК - это количество кислорода, требуемое для окисления находящихся в воде органических веществ за определенный промежуток времени – 5 или 10 суток [Никаноров, 2001] (в таблице – БПК₅ и БПК_{полн.} соответственно); его величина определяет суммарное содержание в воде органического вещества.

Из данных таблицы видно, что средние за пятилетний период наблюдений значения БПК, а также концентрации аммонийного азота и отчасти нитритов (Реут, Чернь) превышают ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения в рассматриваемых реках. Приведенные в таблице вещества и показатели имеют четкую динамику в изучаемых реках, характеризующуюся значительным варьированием концентраций по гидрологическим сезонам года [Кумани и др., 2011; Соловьева, Кумани, 2013]. Примером тому могут служить максимальные концентрации веществ, в 1,5-34 раза превышающие ПДК и в 2,5-15 раз средние значения. Сезонная динамика связана не только с поступлением веществ с поверхностным стоком и эрозийным материалом во время снеготаяния и дождевых осадков, но и с внутриводоемными биохимическими процессами [Соловьева, Кумани, 2013]. Однако именно изначальное поступление органики и биогенов в водные объекты в результате эрозийно-гидрологических процессов на водосборной

территории и их накопление в реках вызывают интенсивный прирост биомассы в водной толще, отмирание которой приводит к вторичному загрязнению.

Таким образом, стабильное превышение ПДК биогенных и органических веществ в реках агроландшафтов свидетельствует о наличии диффузного загрязнения в результате эрозионно-гидрологических процессов на водосборной территории. Поэтому реки подвергаются эвтрофикации и находятся в неудовлетворительном состоянии уже в верхнем течении. Аналогичная ситуация свойственна не только рассматриваемым рекам. Исследования, проведенные на реках Белгородской области [Кумани и др., 2011], и данные гидрохимического мониторинга показывают, что все малые, а также верховья средних и больших рек Центрального Черноземья также имеют повышенные значения концентраций органических и биогенных веществ в верхнем течении.

Следующей задачей было проанализировать влияние изменений хозяйственной деятельности на водосборной территории на многолетнюю динамику содержания биогенных веществ в реках агроландшафтов. Наиболее характерным для этого является временной период с 1990 по 2009 гг., в течение которого происходили существенные разнонаправленные изменения в показателях сельскохозяйственного производства. В первую половину 1990-х гг. в Курской области в 10 раз снизилось количество вносимых на поля минеральных удобрений, на 20% уменьшилась площадь пашни. За 2000–2009 гг. площадь пашни увеличилась на 8%, внесение минеральных удобрений по сравнению с уровнем 2000 г. увеличилось в 2,5 раза. Так же произошли изменения в структуре посевных площадей, пастбищ, нагрузки на пашню со стороны сельскохозяйственной техники и т.д. [Голубчиков, 2003], что привело к оздоровлению гидроэкологической ситуации в Курской области во 2-й половине 1990-х гг. и к ее ухудшению с начала 2000-х.

Представленные на рис. 1 кривые изменения концентраций растворенных в воде р. Псела биогенных веществ достаточно четко показывают общую тенденцию их снижения за период спада сельскохозяйственного производства, сохраняются приблизительно на одном уровне в период его стабилизации и повышения во время его подъема за 2003-2009 гг. В качестве важного показателя, иллюстрирующего тенденции изменения антропогенных воздействий на гидрохимический режим, на рисунке приводится количество вносимых минеральных удобрений. Так, содержание нитратной и аммонийной форм азота существенно снизилось в стоке р. Псела в период резкого сокращения внесения удобрений в 1993-1995 гг. Содержание минерального фосфора за изучаемый период изменилось меньше всего. Это связано с тем, что фосфор наименее растворим из всех биогенов, и потому медленно вымывается из почвы [Соловьева, Сухановский и др., 2013]. Однако и его концентрации за 1990-2009 гг. снизились почти в 1,5 раза.

В то же время на всех кривых довольно существенны флуктуации по годам. В отдельные годы концентрации заметно возрастают, в другие – сокращаются. Эти отклонения, осложняющие общую тенденцию, очевидно, связаны с колебаниями по годам и сезонам гидрологических, гидрохимических и гидробиологических условий формирования стока р. Псел [Kumani, 2004].

Обобщая вышесказанное, следует отметить, что наблюдающаяся тенденция ухудшения качества поверхностных вод в верхних звеньях гидрографической сети обусловлена тем, что по мере уменьшения площади водосбора увеличивается доля наносов, осаждающихся в донных отложениях рек [Голосов, 2006]. Разработанные для условий Центрального Черноземья методики позволяют количественно оценить смыв почвы и вынос биогенных элементов во время весеннего снеготаяния с территории малого водосбора.

В качестве объекта исследования был выбран элементарный ключевой водосбор площадью 551,5 га, расположенный в верхнем течении р. Черни преимущественно на серых лесных почвах. Состояние водосбора было уточнено по данным дистанционного зондирования Земли. На территории водосбора, согласно проекту внутрихозяйственного землеустройства, в 80-е гг. XX века находились сенокосы и пастбища свиновхоза «Железнодорожский», который в 90-е гг. XX века прекратил свое существование. Путем визуального дешифрирования космоснимков была получена информация о состоянии территории водосбора в настоящее время: контуры полей не изменились, на них осуществляются зерноотравные и зернопропашные севообороты.

Содержание валовых форм азота на территории водосбора составило от 10 до 14,5 мг/кг почвы, что по агрохимической классификации, отражающей потребности в элементах питания для сельскохозяйственных культур характеризуется как «среднее» содержание. Содержание подвижных форм фосфора, которые являются ближайшим резервом для его перехода в водорастворимые формы, составило от 75 до 127 мг/кг почвы и характеризуется как «высокое».

Моделирование смыва почвы во время весеннего снеготаяния (рис. 2) было проведено по методике В.П. Герасименко, М.В. Кумани [2000].

Расчет весеннего смыва почвы производился по формуле:

$$M_T = P \cdot M_{cp} \cdot L \cdot \sin \alpha \cdot \pi \cdot S \cdot \lambda \cdot K_3$$

где M_m – весенний смыв почвы, т/га; P – коэффициент, зависящий от степени увлажнения территории (для лесостепной зоны $P = 0.115$); M_{cp} – зональный среднесуточный вынос почвы с зяби или уплотненной пашни, т/га; L – расстояние от водораздела до створа, для которого определяется смыв почвы, м; α – уклон склона в градусах на расстоянии L , м от водораздела; π – коэффициент, учитывающий влияние на смыв профиля склона; S – показатель, характеризующий влияние типа (подтипа) почвы на эрозию; λ – ко-

ээффициент, отражающий влияние на эрозийные процессы степени эродированности пашни; K_s – коэффициент, показывающий воздействие на смыв экспозиции склона.

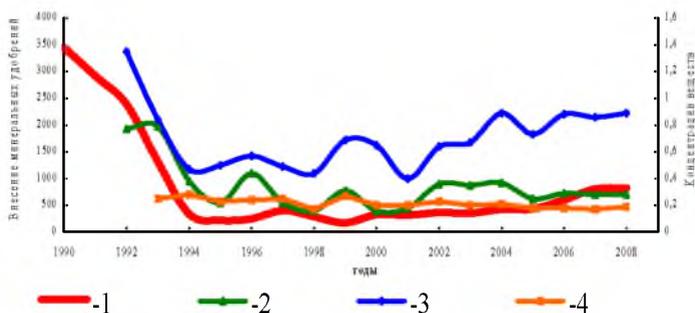


Рис. 1. Динамика внесения минеральных удобрений и содержание биогенных веществ в р. Псел (створ с. Горналь) за 1990-2009 гг.

1 – внесение минеральных удобрений, тыс. ц.; 2 – аммон, азот, мг/л; 3 – нитраты, мг/л; 4 – фосфор минеральный мг/л

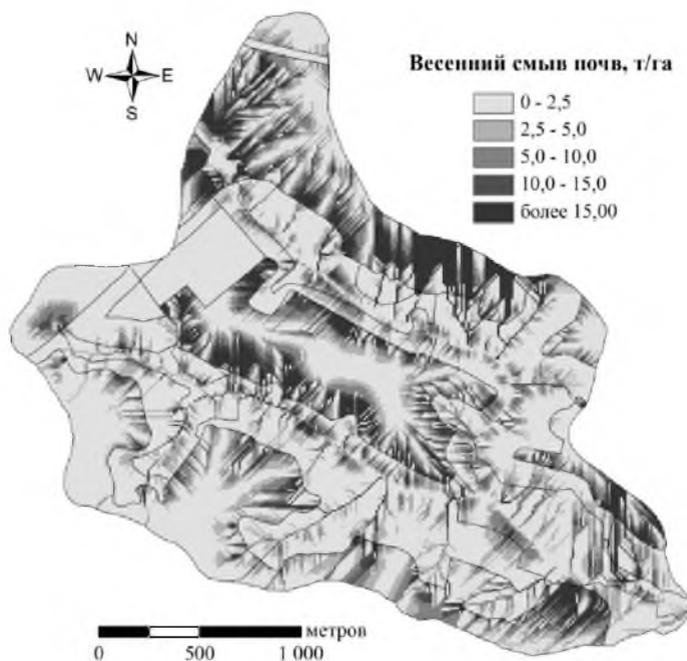


Рис. 2. Среднемноголетний смыв почвы во время снеготаяния на территории водосбора

Среднее многолетнее значение весеннего смыва почвы для водосбора составило 5,8 т/га.

Используя полученные данные по смыву почвы, было проведено моделирование выноса валовых форм азота и подвижных форм фосфора со смываемой почвой с пахотных угодий водосбора во время весеннего снеготаяния по методике Г. А. Чуяна и др. [1985] (рис. 3, 4). В соответствии с ней, вынос биогенных веществ со смываемой почвой рассчитывается по формуле:

$$P_m = 10^{-3} \cdot m \cdot M_m,$$

где P_m – вынос биогенных веществ с наносами, кг; m – содержание биогенных веществ в наносах, мг/кг; M_m – весенний смыв почвы, т/га; 10^{-3} – коэффициент размерности.

Среднее значение выноса, равномерно распределенное по площади пахотных угодий водосбора, составило 0,012 кг/га для валовых форм азота и 1,4 кг/га для подвижных форм фосфора.

В результате снеготаяния с территории сельхозугодий водосбора в среднем за многолетний период выносятся в составе наносов подвижных форм фосфора 393 кг, валовых форм азота 3,34 кг. Замыкающим створом для исследуемого водосбора является р. Чернь. Далее было рассчитано количество биогенных веществ, попадающих в замыкающий створ ключевого водосбора. Расчет производился по уравнению [Голосов, 2006]:

$$W_d = W_y \cdot D_r,$$

где W_d – транспорт биогенных веществ в составе наносов через замыкающий створ водосбора; W_y – общий вынос биогенных веществ в составе наносов с территории бассейна; D_r – коэффициент доставки наносов.

Расчет коэффициента доставки наносов производится по эмпирическому уравнению [Голосов, 2006]:

$$D_r = 06,5 \cdot F_{\text{вод}}^{-0,27},$$

где $F_{\text{вод}}$ – площадь водосбора, км².

Таким образом, вынос за пределы замыкающего створа с учетом коэффициента доставки за период снеготаяния составил 46,5 кг для подвижных форм фосфора и 1,36 кг для валовых форм азота. Результаты расчетов и гидрохимического мониторинга показывают, что река Чернь подвергается диффузному загрязнению биогенными и органическими веществами, которые и определяют особенности ее гидрохимического режима вне зоны влияния Михайловского ГОКа.

Загрязняющие вещества эрозионного генезиса, накапливающиеся на участках русел рек с близкими к нулевым уклонами и низкими скоростями течения, формируют геохимические аномалии. При стечении определенных погодно-климатических условий, в донных отложениях и в водах рек активно протекают внутриводоемные биохимические процессы, способствующие резкому повышению концентраций многих загрязняющих веществ. В результате на реках ЦЧО происходят экологические катастрофы

различного масштаба. Одно из подобных происшествий было зафиксировано на р. Пселе летом 2018 г. Основным участком, на котором произошла гибель гидробионтов, является русло р. Псела в районе п. Пригородного.

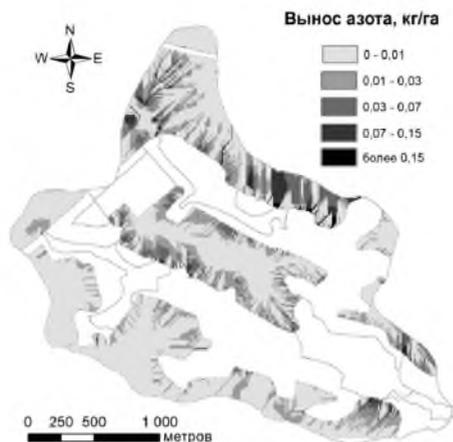


Рис. 3. Среднеголетний вынос валового азота с наносами во время снеготаяния с территории водосбора



Рис. 4. Среднеголетний вынос подвижных форм фосфора с наносами во время снеготаяния с территории водосбора

По данным Управления Росприроднадзора по Белгородской области, вниз по течению р. Псела заморы распространились до Беловского района Курской области, до границы с Ивнянским районом Белгородской области вблизи с. Череново. Массовый замор рыбы и раков происходил с 16 ч. 30 мин. 23 июля на городском пляже г. Обояни и на территории заповедника «Пойма р. Псел». Негативные процессы продолжались до 3.08.2018 г. и закончились 9.08.2018 г.

На основании данных мониторинга, анализа картографических материалов и природных условий района стихийного бедствия можно сделать следующие выводы.

Как причина экстремального загрязнения залповый сброс сточных вод одного из крупных животноводческих комплексов, расположенных на водосборе р. Псела в Пристенском или Прохоровском районах маловероятен. В этом случае загрязненная вода должна была бы перемещаться по руслу р. Псела или р. Запселеца. При этом степень загрязнения должна постепенно убывать вниз по течению реки в связи с разбавлением. В этом случае заморные явления и гибель рыбы должны были бы проявиться выше по течению от слияния рек, но, согласно имеющимся данным, гибель рыбы не отмечена ни в реке Пселе, ни в р. Запсельце выше их слияния.

Фекальное загрязнение также маловероятно. Во-первых, на участке загрязнения нет крупных населенных пунктов с очистными сооружениями, которые могли бы накопить, а затем залпом сбросить фекальные стоки ниже территории заповедника, но выше г. Обояни. Во-вторых, при фекальном загрязнении высокое содержание органических соединений сочетается с очень высоким содержанием аммонийного азота (несколько десятков мг/л) и фосфатов (несколько мг/л). Ни того, ни другого вещества в пробах в подобных экстремальных концентрациях не обнаружено.

Вынос с полей загрязненной почвы и отходов жизнедеятельности животных непосредственно в момент заморов не мог произойти из-за установления сухой жаркой погоды в период формирования экстремального загрязнения.

Поступление экстремально загрязненной воды с болотных массивов, прилегающих к участку загрязнения и замора, также не могло дать такого негативного и объемного эффекта. Анализ болотной воды показал, что, хотя в ней содержится довольно высокое содержание органических веществ, эта вода содержит достаточно кислорода. К тому же в районе прилегания наиболее крупных болотных массивов территории ЦЧЗ в р. Псел, заморных явлений не отмечено. Рыба, по данным сотрудников заповедника, выше устья р. Запселец не пострадала. Поэтому наиболее вероятной причиной следует считать автохтонное загрязнение водной массы в результате экстремальных природных процессов.

Причина случившегося, как обычно в случае стихийных бедствий и катастроф, кроется в сочетании одновременно нескольких факторов и процессов, которые каждый по отдельности не представляют высокой опасности и не могли привести к столь тяжелой катастрофе.

Первый фактор – гидрографические особенности участка р. Псела ниже устья р. Запселец. После слияния этих двух рек уклон русла сильно уменьшается. Перед г. Обоянью расположен участок с уклонами, близкими к нулевым. В результате зарастания русла и небольшого уклона скорости течения на этом участке близки к нулевым. В то же время расположенные выше участки русел обеих рек имеют большие уклоны и скорости течения. Поскольку их водосборы на 70% заняты пашней, с него с талым и ливневым стоком поступает эрозийный материал с полей, богатый органическими

веществами и биогенными химическими элементами. В нормальных средних многолетних условиях эрозионный материал частично транспортируется вниз по руслу рек, частично откладывается на плесовых участках с небольшими уклонами. Одно из таких мест – русло р. Псела ниже впадения Запсельца. Поскольку материал поступает весной в период низких температур, летом – небольшими объемами при выпадении дождей, река и русловые процессы успевают его переработать, «перевродить» свежий эрозионный материал, превратить его в илистые донные отложения, к которым речная экосистема адаптирована.

Но в данном случае, в середине июля прошли сильные экстремальные ливни (около 180 мм, больше, чем месячная норма осадков). С полей было вынесено большое количества наносов, значительная часть которых была отложена на заросший, с малым уклоном участка р. Псел у г. Обояни. Если бы дождливая погода продолжилась, то река успела бы постепенно «переработать» свежие отложения. Но наступила засуха и практически экстремальная жара. Сток реки резко сократился, температура воды резко повысилась на несколько градусов, а это привело к загниванию, сбраживанию «свежих» донных отложений, одновременно начало понижаться содержание кислорода, приведшее к гибели водорослей и высших водных растений в русле реки.

В результате упало практически до нулевых значений содержание кислорода. На сформировавшемся мелководье его запасы были и так незначительны, а при повышении температуры, как известно, падает растворимость в воде газов, в том числе кислорода. На участке с нулевыми скоростями течения, огромным скоплением «неперевродившей» органики начался процесс гибели гидробионтов. Процесс их разложения в мелководье усугубил дефицит кислорода и усилил негативный эффект. Процессы разложения органики шли в анаэробных условиях, при резком дефиците кислорода, особенно на глубине. Отсюда гнилостные запахи, оранжевая пена и высокое содержание взвешенных веществ и коллоидных частиц в воде, в том числе и радужная пленка. В процессе разложения органики в речной воде формируются СПАВы, фенолы и нефтепродукты.

Только к 9 августа положение более или менее стабилизировалось. С понижением температуры воздуха и воды, увеличением расходов воды ситуация пришла в норму.

Заключение

Высокие значения концентраций органических и биогенных веществ в малых и средних реках, результаты расчета выноса азота и фосфора с территории пахотных угодий малого водосбора указывают на наличие диффузного загрязнения, определяющего гидрохимический режим рек агроландшафтов.

Поскольку источники диффузного загрязнения оказывают негативное воздействие, начиная с истоков рек, то определение фоновых концен-

траций органических и биогенных веществ в поверхностных водах становится практически невозможным. Можно говорить о фоновых концентрациях для отдельного выпуска сточных вод, ниже по течению после которого не происходит дальнейшего ухудшения гидрохимического состава, но не о фоновой концентрации веществ для реки в целом. Поэтому понятие «фоновая концентрация» нуждается в уточнении.

Многолетние изменения антропогенных, в том числе сельскохозяйственных нагрузок на водосборных территориях отражаются в изменении гидрохимического режима рек, что также указывает на преобладающее влияние эрозионно-гидрологических процессов в формировании качества поверхностных вод на территориях интенсивного сельскохозяйственного освоения.

Необходим детальный мониторинг в средних и особенно в малых реках и водосборах для оценки перераспределения химических веществ в агроландшафтах и водных объектах. Результаты мониторинга помогут не только в решении проблем гидроэкологии, но и в решении проблемы ухудшения качества почвенных ресурсов.

В результате расчета выноса биогенных элементов в составе наносов установлено, что в среднем за многолетний период во время снеготаяния в замыкающий для малого водосбора створ – р. Чернь поступает 46,5 кг подвижных форм фосфора и 1,36 кг валовых форм азота только лишь с водосбора площадью 551,5 га. При этом не учтен вынос биогенов в результате дождевой эрозии, что становится все более актуальным в связи с метеорологическими тенденциями последних лет. Для получения более точных сведений о балансе и перераспределении биогенных веществ, необходимо разработать модель, позволяющую рассчитывать вынос биогенных веществ из почвы в результате дождевой эрозии.

Главной причиной периодически возникающих заморов гидробионтов с точки зрения нерациональной, негативной хозяйственной деятельности являются высокая распаханность водосборов рек, сочетающаяся с недостаточной противоэрозионной организацией территории. Несмотря на то, что давно разработаны, а в некоторых регионах и внедрены системы природоохранного, противоэрозионного земледелия, в Курской области этому направлению природоохранной деятельности внимания практически не уделяется. Землепользователи в условиях экономической нестабильности стремятся к максимальному получению прибыли, минимизируя расходы, в том числе экономя на природоохранной деятельности.

В результате некоторые регионы ЦЧО живут при постоянном риске не только потери плодородия уникальных земель, но и опасных гидроэкологических явлений, в том числе гибели гидробионтов и массового замора рыб. При этом найти непосредственных виновников таких экологических бедствий очень сложно, а зачастую и невозможно.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеевский Н.И., Коронкевич Н.И., Литвин Л.Ф., Чалов Р.С., Ясинский С.В. Сток и эрозия почв на водосборах как факторы экологической обстановки на реках // Изв. РАН. Сер. географ. №1. 2000.

Герасименко В.П., Кумани М.В. Рекомендации по регулированию почвенно-гидрологических процессов на пахотных землях. Курск: ЮМЭКС. 2000.

Голосов В.Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: ГЕОС. 2006.

Голубчиков С.Н. Развитие лесо- и агропользования в центре Русской равнины как фактор современной гидроэкологической обстановки // Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия. М.: Наука. 2003.

Коронкевич Н.И., Зайцева И.С., Черногаева Г.М. Формы, механизмы и показатели антропогенной нагрузки на водные ресурсы // Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия. М.: Наука. 2003.

Кумани М.В., Лисецкий Ф.Н. Изучение транспорта и накопления загрязняющих веществ в донных отложениях рек агропромышленных регионов // Изв. Самар. науч. центра РАН. №13 (1). 2011.

Кумани М.В., Соловьева Ю.А., Корнилов А.Г. Особенности фенольного загрязнения рек Курской и Белгородской областей // Науч. ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. №15 (16). 2011.

Никаноров А.М. Гидрохимия. СПб.: Гидрометеоздат. 2001.

Новосельцев В.Н., Бесфамильный И.Б., Князев Б.М. и др. Техногенное загрязнение речных экосистем. М.: Научный мир. 2002.

Соловьева Ю.А., Кумани М.В. Особенности сезонной динамики растворенных форм азота в малых и средних реках Центрального Черноземья // Вода: химия и экология. 2013. № 3.

Соловьева Ю.А., Сухановский Ю.П., Пруцик А.В. и др. Использование метода дождевания для определения выноса нитратного азота, фосфора и калия из почвы // Агротехнологическая модернизация земледелия. Сб. докл. Всеросс. науч.-практ. конф. Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. 2013.

Хрисанов Н.И., Осипов Г.К. Управление эвтрофированием водоемов. СПб.: Гидрометеоздат. 1993.

Чуян Г.А., Бойченко Э.А., Тур О.П. Методические рекомендации по оценке выноса биогенных веществ поверхностным стоком. М.: ВАСХНИЛ. 1985.

Kumani M.V. Assessing the effect of agricultural production on the organic and biogenic matter runoff into the Psel river. Water resources. 2004. No 31 (1).