

ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БАССЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНАЯ БЕРЕЗИНА

Ю.Н. Емельянов, З.К. Каргашевич, О.М. Ковалевская, О.М. Байдук

Минск, Белорусский государственный университет, географический факультет.

The current state of Western Berezina is investigated. It is shown that the basin of investigated rive is moderately contaminated. The local sources of contamination are activated during the storm precipitation.

Река Западная Березина – один из наиболее крупных правых притоков р. Неман, она дренирует южный участок Неманской низины. Водотоки, формирующие ее верхнее течение, берут начало в пределах Минской и Ошмянской возвышенностей. В основу анализа гидроморфологических и гидрохимических процессов были положены многолетние полевые исследования на ключевых участках бассейна реки, проводимые кафедрой общего землеведения Белгосуниверситета. В процессе анализа использовались крупномасштабные карты (топографическая, геоморфологическая, почвенная). Гидрохимические наблюдения в летнюю стагнацию 2008 и 2009 гг. проводили на 9 станциях. На рисунках они имеют следующую нумерацию: 1 – исток реки Березина, 2 – у д. Броды, 3 – у д. Подберезье, 4 – у геостанции, 5 – у д. Саковщина, 6 – у г.п. Бакшты, 7 – при впадении в Березину р. Кревлянки, 8 – на правом притоке Березины р. Ольшанка в районе д. Вишнево, 9 – на р. Исlochь. В 2008 г., кроме того, отбирали пробы из мелиоративного канала, расположенного в южной части водосбора реки. При выполнении аналитических работ использовали стандартные методики, допущенные к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь [1, 2].

Современная долина Западной Березины с притоками является палеодолиной в Наревско-Ясельдинской ложбине с абсолютными отметками водоразделов 130–200 м. Геоморфологические исследования показывают, что ко времени наступления сожского ледника рельеф мало отличался от современного, типы и формы которого были сформированы преимущественно ошмянской фазой развития оледенения. Рельеф, созданный сожским ледником, в муравинское межледниковье был в значительной степени переработан и изменен эрозионно-денудационными процессами. В поозерское время территория бассейна находилась в перигляциальных условиях с преобладанием процессов морозного выветривания, криосолифлюкции и эрозионной денудации. В результате моренный рельеф приобрел характер волнистых, увалистых равнин. В позднеледниковье происходило формирование покровных лессовидных супесей и суглинков. Современный облик рельеф приобрел в голоцене в результате взаимодействия неотектонических и эрозионно-аккумулятивных процессов. В долине реки сформировалась хорошо выраженная двухъярусная заболоченная пойма, на склонах – эрозионно-денудационные формы постоянных и временных водотоков. В целом для бассейна характерны процессы заболачивания, плоскостного смыва и формирования делювиальных отложений.

Бассейн Западной Березины характеризуется довольно развитой гидрографической сетью. В целом по бассейну ее густота составляет 0,47 км/км². На этой территории протекает 535 водотоков длиной более 1 км, их суммарная длина составляет 1870 км [4]. Нарастание водосборной площади рек по длине отличается асимметричностью правобережья и левобережья. Коэффициент асимметрии составляет 0,26. Наиболее крупными притоками являются: из правых – Кривлянка (площадь водосбора 112 км²), Ольшанка (311 км²), Черница (207 км²), Чапунька (311 км²); левых – Исlochь (1330 км²), Волка (391 км²). Водосбор рек Исlochь и Ольшанка занимает около 42 % водосборной площади Западной Березины. В бассейне р. Западная Березина отмечается заметное антропогенное преобразование речной сети. Здесь создана система каналов осушительной

сети, проведена мелиорация земель, на отдельных участках рек возведены подпорные сооружения местного хозяйственного назначения. Наибольший удельный вес мелиорированных земель имеют водосборы малых рек. Создано 15 подпорных плотин, из них – 10 мельничных, три используются в системе ГЭС, две – водоподъемные.

Внутригодовое распределение стока отличается значительной степенью естественной зарегулированности и на лимитирующий период приходится около 58 % годового стока. Для летне-осеннего меженного периода характерно наличие дождевых паводков (иногда до 5 в течение одного периода). Зимняя межень достаточно устойчивая, продолжительностью до трех месяцев. Для оценки водных ресурсов использованы карты изолиний характеристик стока: среднемноголетний поверхностный сток рек, среднемноголетний годовой сток рек, среднемноголетний подземный сток. Расчеты проведены для рек с водосборными площадями более 100 км². Оценивались средневзвешенные по территории расчетного бассейна модули стока. Они позволили рассчитать среднемноголетние характеристики среднегодового стока по суммарной, поверхностной и подземной составляющей [6-9]. Несмотря на то, что полученные характеристики носят приближенный характер, они вполне приемлемы при оценке антропогенных процессов и формировании качества вод. В годовом стоке исключительно во всех реках преобладает подземный сток. Кроме того, достаточно четко видны две основные особенности формирования стока на данной территории: достаточно высокая доля подземной составляющей в низовьях бассейна Березины (на реках Воложинка, Волка, Изледь, Чапунька); повышенная удельная водность на реках в верховьях бассейна, таблица.

Таблица - Характеристики среднемноголетнего речного стока в бассейне р. З. Березина

№	Река	Годовой сток				№	Река	Годовой сток			
		Поверхностный		Подземный				Поверхностный		Подземный	
		м ³ /сек.	млн. м ³	м ³ /сек.	млн. м ³			м ³ /сек. эк.	млн. м ³	м ³ /сек.	млн. м ³
1	Цветень	0,33	10,4	0,42	13,2	7	Яршевка	0,89	28,2	1,21	38,2
2	Кривлянка	0,39	12,4	0,5	15,7	8	Волма	0,53	16,8	0,85	26,6
3	Лостаянка	0,55	17,3	0,7	22	9	Воложинка	0,5	15,9	0,85	26,9
4	Ольшанка	1,09	34,3	1,48	46,6	10	Волка	1,17	37	1,98	62,5
5	Черница	0,62	19,6	0,98	31	11	Изледь	0,4	12,7	0,64	20,1
6	Исlochь	4,66	14,7	6,53	206	12	Чапунька	0,93	29,4	1,48	46,6

Одним из важнейших экзогенных факторов на территории бассейна Западной Березины является деятельность поверхностных вод, образующих русловой и нерусловой сток, и формирующий непосредственно состав речных вод. Массовое перемещение рыхлого материала на склонах происходит повсеместно на участках, где крутизна естественного откоса превышает 1–2°. Текучие воды производят огромную разрушительную, транспортирующую и аккумулятивную работу. Интенсивность эрозионной деятельности определяется количеством атмосферных осадков и их распределением, скоростью снеготаяния, а также механическим составом почв, углами наклона, микрорельефом и морфологией поверхности склонов. Плоскостной смыв возникает при объеме осадков, превышающем количество воды, необходимое для смачивания почвы и потребления растениями. Особенно ярко проявляется ручейковый размыв, при котором формируется временная эрозионная сеть, транспортируется по склону и аккумулируется снесенный материал. Эти процессы наиболее характерны для северных и северо-восточных участков долины Западной Березины. Здесь на склонах образуются микроформы в виде борозд струйчатого размыва, водороины, мелкие бугры и

уступы. Естественная скорость плоскостного смыва измеряется долями миллиметра за год. Скорость эрозии достигает 0,5 мм/год и приблизительно соответствует скорости накопления гумуса в почвах. На незадернованной поверхности песчаного механического состава при уклонах более 2° интенсивность эрозии может достигать 2 мм/мин. уже при выпадении 10 мм осадков в сутки, что приводит к эродированию почв. На рассматриваемой территории эти процессы обусловлены преимущественно хозяйственной деятельностью. В пределах Воложинского района площадь сельскохозяйственных угодий с пахотными землями составляет около 50 %. Из них 20 % можно отнести к эродированным. Эрозия проявляется и на площадях, занятых сенокосами и пастбищами. Расчеты модуля стока наносов с учетом крутизны склонов показывает, что глубина эрозии достигла 20–40 см и изменяется в широких пределах (от 5 до 36 мм/год) [10]. Интенсивность смыва в отдельные годы колеблется от 0,02 до 10,1 т/га в год, а под сельскохозяйственными культурами, образующими густой покров, не превышает 0,7–0,9 т/га. Под пропашными культурами этот показатель увеличивается до 18–20 т/га, до 35–40 т/га – под паром. На задернованных и покрытых растительностью склонах крутизной до 5° интенсивность смыва снижается и редко превышает 0,1 т/га в год. Суходольная эрозионная сеть, как правило, представлена промоинами, развивающимися оврагами и балками. Промоины как начальная стадия возникают на распаханых склонах, вдоль дорог. Их длина колеблется от 10 до 100 м, глубина вреза 0,2–0,5 м. На уклонах более 10–15° промоины за один летний период достигают активной стадии развития – врезания вершиной, а береговые – стадии висячего устья. Овражно-балочная сеть широко распространена на склонах Ошмянской и Минской возвышенностей. Наиболее сильно расчленены участки левобережья Западной Березины у деревень Филипинята, Дайновка, Ведерники, Лишевцы, Семерники, Першаи. Характерной чертой является распространение реликтовых эрозионных систем в виде балок с широкими плоскостными ложбинами стока талых ледниковых вод. Сложно разветвленной балочной сетью расчленены в основном северо-восточные склоны Ошмянской и юго-западные склоны Минской возвышенностей. Эрозионные формы имеют, как правило, V-образный или U-образный поперечный профиль с глубиной вреза 20–30 м, шириной 5–15 м, длиной до 1 км. Густота эрозионного расчленения составляет 0,3 – 0,7 км/км². На склонах эрозионных форм развиты небольшие борозды, рывины, промоины, обусловленные хозяйственной деятельностью. Их глубина редко превышает 40 см. Базовым звеном эрозионных процессов является гидрографическая сеть, базис эрозии которой постоянно изменяется в результате хозяйственной деятельности. Коэффициент техногенного преобразования достигает 25 тыс. м³/км². Необходимо отметить, что на большей части бассейна линейная эрозионная сеть в настоящее время находится в относительно пассивном состоянии, но обладает значительным потенциалом. Непродуктивное освоение территории может привести к значительной активизации эрозионных процессов.

В первый год гидрохимических исследований сумма главных ионов по мере течения рек, от истока к устью, несколько возрастала и варьировала от 357,2 до 380,4 мг/л, а в притоках, в частности, в р. Исloch она была самой низкой (350,8 мг/л). Исключение составлял мелиоративный канал, в водах которого зафиксирована наиболее низкая минерализация – 222,8 мг/л, что вполне согласуется с ландшафтными и геоморфологическими условиями территории его дренирования. Наиболее высокие значения гидрокарбонатов - в районе д. Саковщина и Подберезье (256,2 мг/л), а низкие – в мелиоративном канале (122,0 мг/л). Из анионов далее следовали сульфаты и хлориды, их содержание имело значительные флуктуации (12,3-16,6 мг/л) и (3,1-22 мг/л) соответственно. Причем максимальные концентрации по обоим ингредиентам были зафиксированы в мелиоративном канале, что для сульфатов, вполне закономерно, поскольку в водотоках заболоченных территорий их концентрация всегда несколько

выше. Повышенное содержание хлоридов (10,6-22,0 мг/л), по всей видимости, – результат антропогенного воздействия. В Березине значения хлоридов ниже (10,6-16,2 мг/л), хотя превышение природного фона также присутствует, особенно в истоке. Среди катионов в реке Березине основная роль принадлежит ионам кальция, их концентрация достаточно высока (59,3-69,7 мг/л), тогда как в канале она почти в два раза ниже (32,1 мг/л). Далее следуют ионы магния, содержание которых по отношению к кальцию в 3-4 раза ниже (15,1-20,9 мг/л). Значительная обеспеченность основными катионами свидетельствует о достаточно высокой буферной емкости вод, что свидетельствует о существенной составляющей в химическом балансе реки подземного стока, что вполне согласуется с гидрологическими расчетами.

Ионы натрия в пределах 5,2-20 мг/л, с максимумом в канале, свидетельствуют о преобладании антропогенной составляющей. В истоке реки (8,7 мг/л) и в реке Исlochь (10,3 мг/л) они также существенно повышены. Калия содержится несколько меньше (0,9-4,0 мг/л), причем его максимальное количество фиксируется в истоке реки, что превышает природные фоновые показатели. Формирование макрокомпонентного состава вод реки протекает при значительном антропогенном воздействии, о чем свидетельствует и последовательность распределения ионов по мере снижения их относительных значений ($\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Cl}^- \geq \text{SO}_4^{3-} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$), рисунок 1. Ионы сульфатов и хлоридов в приведенном ряду поменялись местами, а сумма натрия и калия достигает 3,4-14,3 % эквивалентов вещества, что не соответствует природному фону. Вместе с тем, следует отметить в составе главных ионов превалирование бикарбонатов и кальция. Их сумма достаточно высока и имеет небольшой диапазон колебаний (72,6-76,6 % эквивалентов вещества), что может являться показателем однородности почвенно-геохимических и ландшафтных условий в пределах дренируемой территории, а также небольшого варьирования в химическом балансе на разных участках реки подземного стока.

Воды мелиоративного канала по сравнению с гидрохимическими показателями, обнаруженными в реке и ее притоках, имеют значительные отличия и большую антропогенную направленность в формировании гидрохимического режима. Здесь отмечается крайне высокое содержание натрия (20,0 мг/л) и хлоридов (22,0 мг/л), эти значения максимальны для вод исследуемого бассейна. Распределение ионов по мере снижения их относительного содержания представлено следующим рядом: $[\text{HCO}_3^- (32,2) > \text{Ca}^{2+} (25,7) > \text{Na}^+ (14,0) > \text{Mg}^{2+} (12,2) > \text{Cl}^- (10,0) > \text{SO}_4^{3-} (5,6) > \text{K}^+ (0,3 \%)]$ эквивалентов вещества соответственно, рисунок 2. Превышение относительного содержания натрия над таковым магния и перемещение его на третье место с предпоследнего, а сульфатов, при их достаточно высокой концентрации, на место натрия, безусловно, процесс антропогенный. При этом класс вод (гидрокарбонатный) и группа (кальциевая) остаются такими же, как и в Березине и ее притоках, а тип крайне редкий – третий, скорее близкий к нему, поскольку расположение ионов в воде канала не совсем соответствует этому типу, который имеет следующее положение ионов: $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{3-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ либо $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$ [11]. В этом же водотоке, это соотношение близко к равенству, а относительное содержание натрия более высокое (14 %) по сравнению с хлоридами (10 %), рисунок 2.

Формирование ионного состава летом 2009 г. протекало в условиях интенсивных ливневых осадков, поэтому гидрохимические показатели несколько изменились и имели некоторые особенности, рисунок 3, 4. В целом сумма ионов в большинстве станций отбора проб закономерно снизилась – 320,8-351,0 мг/л, за счет разбавления менее минерализованными атмосферными осадками. И только в Ольшанке и в Березине в районе г.п. Бакшты отмечали повышение минерализации, что, могло быть обусловлено усилением выноса отдельных компонентов минерализации с эродированных участков водосбора (367,8 и 375,8 мг/л). Разбавление вод на каждой из станций неоднозначное, но в целом снижается от истока к устью, что может быть следствием увеличения выноса с эродированных земель и особенностями смешения вод разной минерализации, при котором не всегда происходит простое разбавление [12]. Снижение концентрации суммы

ионов происходило на большинстве станций за счет незначительного уменьшения бикарбонатов, кальция, магния и в большей степени - сульфатов. Вместе с тем, ливневые осадки способствовали выносу в отдельные водотоки «техногенных» ионов (натрия и калия). В истоке реки содержание калия возросло в 10 раз, а в реке Ольшанке – более чем в два раза ионов натрия. Сумма ионов в 2008 и 2009 гг. от верховья к устью реки увеличивалась. Степень разбавления атмосферными осадками и снижение минерализации вод в 2009 г. наибольшая – в истоке, в целом от верховья к более низким участкам рек - эффект разбавления уменьшается.

Значения и диапазон колебаний водородного показателя в 2008 г. более высокие (8,23-8,80) по сравнению с 2009 г. (8,11-8,48). Минимальные величины в оба сезона установлены в реке Исlochь. Согласно полиномиальным трендам, показанным на рисунке 5, в 2008 г. кислотность вод на разных участках реки возрастала от верхнего к нижнему течению, поскольку в последнем увеличивалась доля поверхностного стока с низменных территорий, что согласуется с распределением суммы главных ионов. В 2009 г., в условиях разбавления вод менее минерализованными осадками, показатели рН по бассейну реки выровнялись и имели небольшой диапазон колебаний.

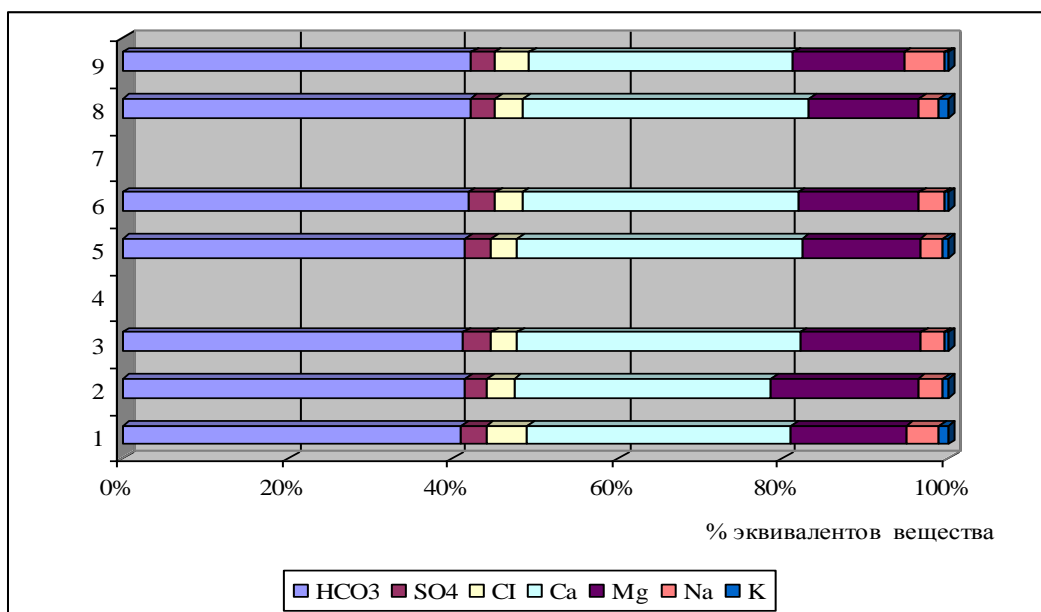


Рисунок 1 – Состав главных ионов в реке Березине и ее притоках летом 2008 г. (% эквивалентов вещества) (1 – исток р. Березина, 2 – у д. Броды, 3 – у д. Подберезье, 5 – у д. Саковщина, 6 – у г.п. Бакшты, 8 – р. Ольшанка у д. Вишнево, 9 -р. Исlochь при впадении в р. Березину)

Аллохтонное органическое вещество, поступающее в виде органических гуминовых кислот с водосбора, определяемое по цветности вод, косвенному показателю, в 2008 г. варьировало в диапазоне 30-65 град. Значения возрастали от верховья к более низкому течению реки, максимальные значения фиксировали в реках Ольшанка и Исlochь (55-65 град.). В 2009 г вынос аллохтонной органики вырос почти в два раза (на участке от истока до станции в районе д. Саковщина), а на остальных - он снизился, рисунок 6. Настоящий процесс имеет достаточно сложный характер, но вполне закономерен и подчеркивает активизацию выноса с эродированных участков водосбора. Взаимосвязь цветности с уровнем водородного показателя характеризует высокий коэффициент корреляции – ($r=0,6963$ при $p=0,01$).

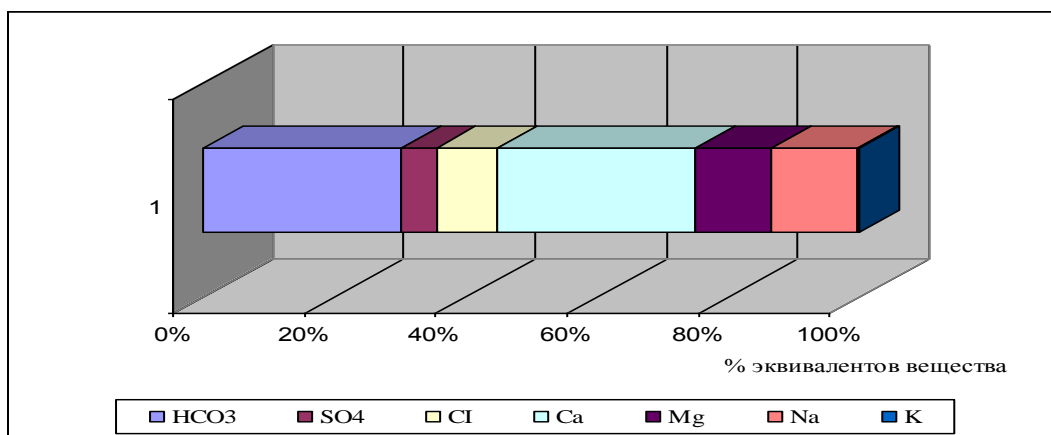


Рисунок 2 – Состав главных ионов в мелиоративном канале (% эквивалентов вещества), по данным 2008 г.

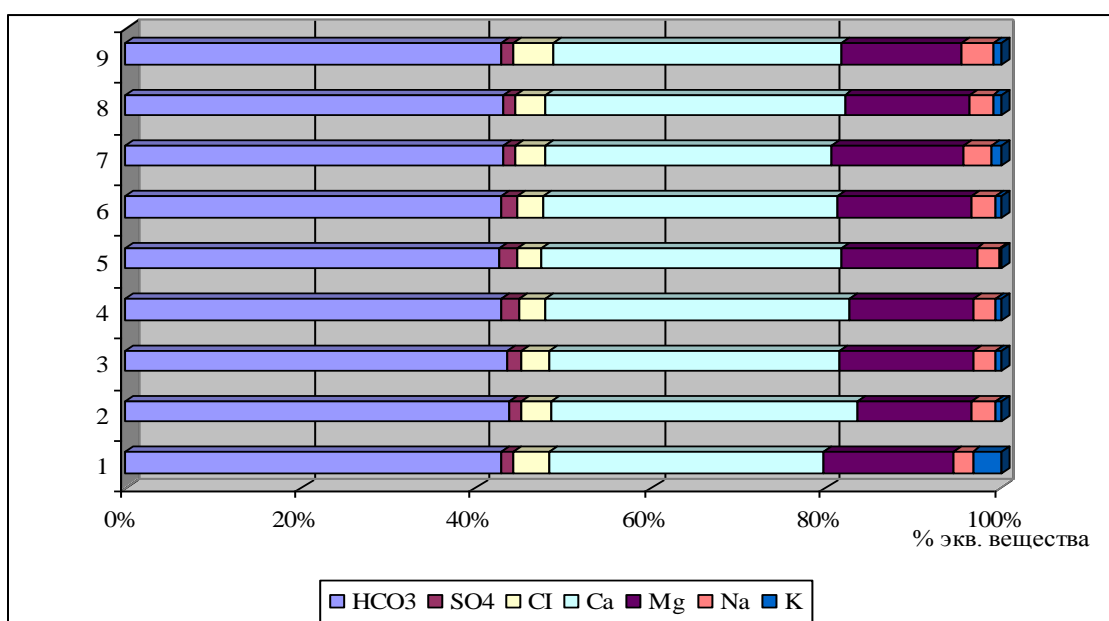


Рисунок 3 - Состав главных ионов в реке Березине и ее притоках летом 2009 г. (% эквивалентов вещества) (1 – 9 – то же, что на рисунке 1)

Содержание соединений фосфора и азота минерального в исследуемой реке и ее притоках имеет значительные флуктуации. В условиях сухого лета 2008 г. концентрация общего фосфора фиксировалась в диапазоне 0,082-0,32 мгР/л, наиболее высокие его значения отмечали в истоке (0,154) и в реке Ольшанке (0,32), минимальные - на станциях Подберезье и Броды (0,082) мгР/л соответственно, рисунок 7. На разных участках реки количественные характеристики минеральных и органических соединения фосфора, формирующие его суммарное содержание, изменялись - от истока до д. Саковщина превалировал органический фосфор (0,054-0,101 мгР/л). Минеральный фосфор доминировал в реке Ольшанке, на его долю от суммарного содержания приходилось до 85 %. Количественные характеристики свидетельствуют о локальных источниках соединений фосфора, причем наиболее мощными они является у д. Вишнево, истоке и у д. Бакшты. Ливневые осадки лета 2009 г. в целом не повлияли на потоки фосфора с водосбора, а с локальных источников усилили его вынос, рисунок 8. Небольшие колебания в сторону увеличения либо снижения концентрации общего фосфора на большей части станций укладываются в рамки природных процессов. В истоке реки

обнаружено крайне высокое содержание фосфора (0,4 мгР/л), что почти в 4 раза выше показаний 2008 г., представленного преимущественно минеральными соединениями, и свидетельствуют о наличии локального источника. В реке Ольшанке оно несколько снизилось, но превышало фоновые значения – 0,24 мгР/л. Увеличение концентрации отмечается и реке Ислоче до 0,17 мгР/л (почти на 0,06 мгР/л по сравнению с предыдущим годом).

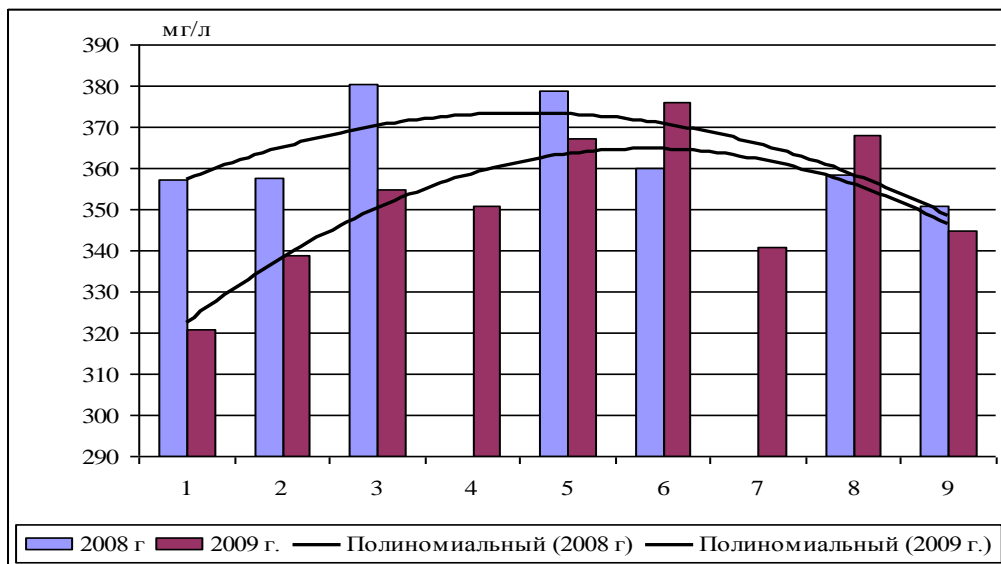


Рисунок 4 – Сумма главных ионов в мг/л (1 – 9 – то же, что на рисунке 1)

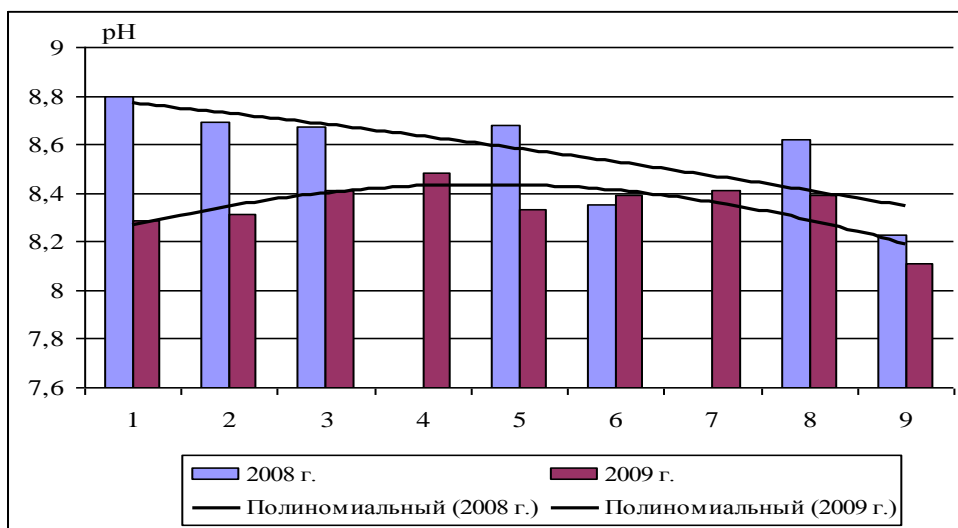


Рисунок 5 – Значения водородного показателя в летнюю стагнацию 2008 и 2009 гг. (1 – 9 – то же, что на рисунке 1)

Сравнительная характеристика количественных показателей суммарного минерального азота и его форм за два летних периода свидетельствует о значительных его колебаниях и снижении концентрации почти в два раза в 2009 г., рисунки 9,10. Диапазон колебаний неорганического азота в 2008 г. составлял 0,76-3,39 мгN/л. В целом его величины возрастали от истока реки к более низким ее участкам. Максимум был обнаружен в мелиоративном канале, высокой концентрация была и в реке Ольшанке – 2,54 мгN/л, на обеих станциях преобладал аммоний (2,57-1,35 мгN/л). На остальных пунктах его диапазон составил (0,76-1,36 мгN/л), преобладали нитраты (0,4-0,9 мгN/л) и

только в истоке - аммоний (0,58 мгN/л). Нитриты фиксировали на уровне природных концентраций, в Ольшанке и истоке она была повышенной – (0,086 и 0,036 мгN/л). В 2009 г. почти на всех разрезах суммарное содержание минеральных соединений азота снизилось и было зарегистрировано в пределах 0,3-0,84 мгN/л. Наиболее высокие значения отмечали в истоке реки. Изменилась структура его соединений, основной формой на всех станциях выступал аммоний (0,23-0,75 мгN/л), он составил около 90 % от суммарного содержания всего минерального азота. Снизилась почти до уровня природного фона содержание нитритов, с небольшим превышением в истоке реки, и нитратов в 4-10 раз. Уменьшение концентрации и изменение структуры минеральных соединений азота обусловлено ливневыми осадками, продукционными процессами и др.

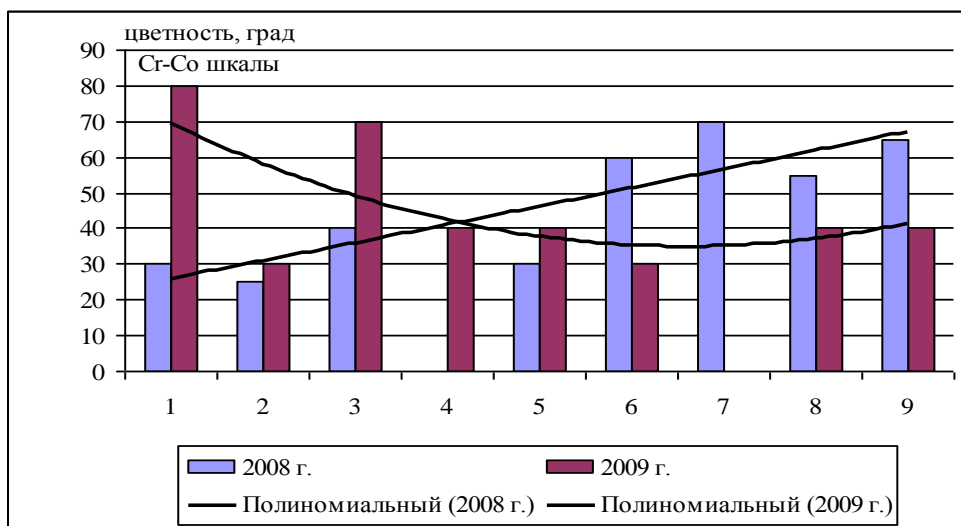


Рисунок 6 – Показатели цветности воды по Cr-Co шкале (1 – 9 – то же, что на рисунке 1)

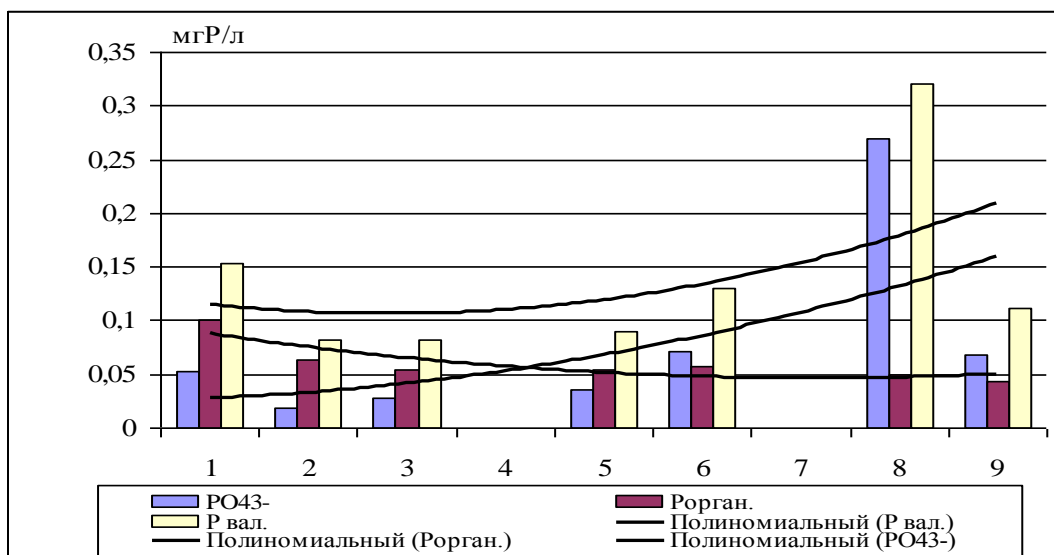


Рисунок 7 – Содержание различных соединений фосфора летом 2008 г. (1 – 9 – то же, что на рисунке 1)

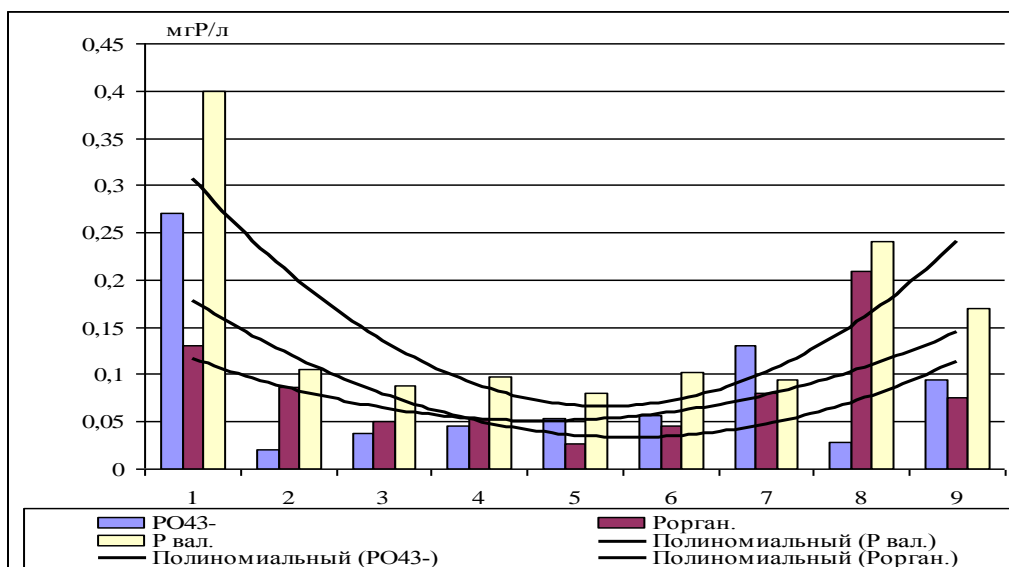


Рисунок 8 - Содержание различных соединений фосфора летом 2009 г. (1 – 9 – то же, что на рисунке 1)

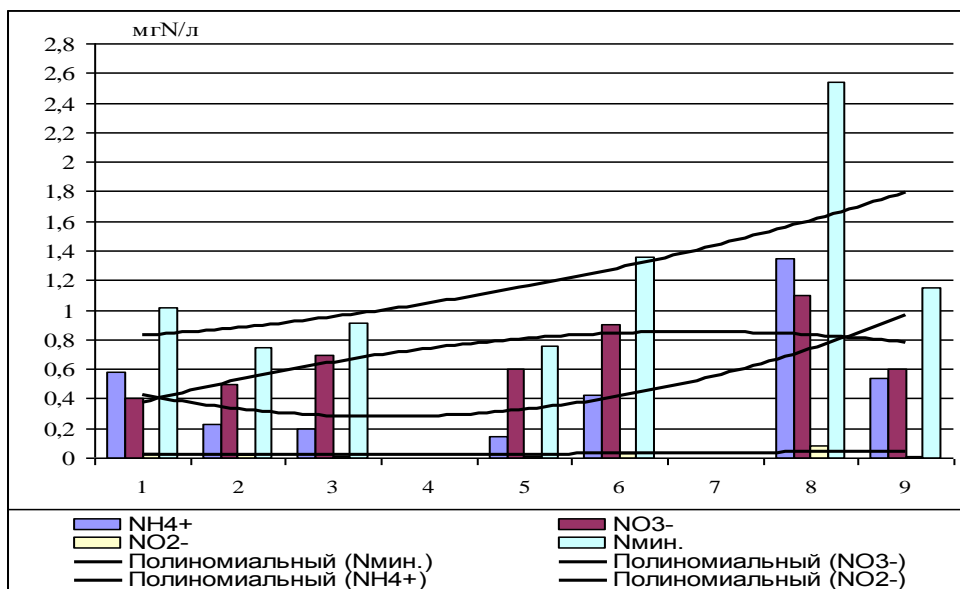


Рисунок 9 – Содержание минеральных соединений азота летом 2008 г. (1 – 9 – то же, что на рисунке 1)

Комплексные географические исследования бассейна Западной Березины свидетельствуют о тесной взаимосвязи и влиянии геоморфологических, почвенно-геохимических и гидрологических процессов на формирование химического состава рек территории, с одной стороны, и о неоднозначном взаимодействии подстилающих пород, вод подземного и поверхностного стока с различными ингредиентами, формирующими гидрохимический состав исследуемых водотоков. Интенсивные ливневые осадки летнего периода 2009 г. в целом способствовали снижению общей минерализации, кислотности вод и неорганического азота с водосборов с низкой антропогенной составляющей. Вместе с тем, атмосферные осадки 2009 г. усилили вынос с локальных источников в речные воды бассейна Западной Березины таких гидрохимических компонентов, как минеральный фосфор, калий и натрий. Исследования позволяют бассейн реки Западной Березины

принимать, как умеренно-загрязненный с отдельными локальными источниками, вынос с которых активизируется при выпадении ливневых осадков.

Картосхемы, составленные по результатам комплексного анализа генетических типов рельефа, территориальных и сезонных особенностей увлажнения, гидрологических расчетов, а также принимая во внимание качество вод водотоков, могут быть использованы при разработке мероприятий по рациональному природопользованию данной территории.

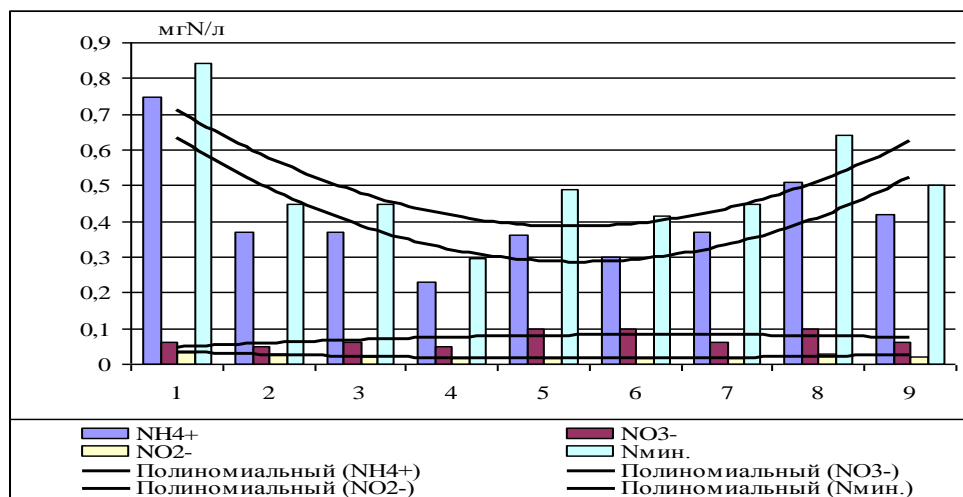


Рисунок 10 - Содержание минеральных соединений азота летом 2009 г. (1 – 9 – то же, что на рисунке 1)

Литература

1. Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь. Часть 1. – Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, БелНИЦ «Экология», 1995. – 250 с.
2. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши.- Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.
3. Ресурсы поверхностных вод. Гидрологическая изученность. Том 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 302 с.
4. Основные гидрологические характеристики малых водотоков и их водосборов. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Минск, 1975. – 273 с.
5. Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ / Справочник. – Минск, 1990. – 348 с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. Часть 1. 1966 г. – 718 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. Часть 2. 1966 г. – 621 с.
8. Определение расчетных гидрологических характеристик. П1–98к СНиП 2.02.14.83. Минск, 2000. – 174 с.
9. Белецкий С.С. Комплексное использование и охрана подземных вод БССР. – Мн.: Вышэйшая школа, 1976. – 20 с.
10. Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на Европейской территории СССР. –Л.: Гидрометиздат, 1979.
11. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат. 1970. – 420 с.
12. Питьева К.Е. Гидрогеохимия. М.: Издательство Московского университета, 1988. – 315 с.