

Список использованных источников

1 Водная безопасность: Применение концепции на практике / Илко ван Бик, Воутер Линклаен Арриенс. Перевод: Е. Абдраманова, под редакцией к.г.н. В. Соколова // Тематическая публикация Технического комитета № 20. Глобальное Водное Партнерство (GWP). – Ташкент: Секретариат GWP Центральная Азия и Кавказ, 2014. – 48 с.

2 Глобальные будущие тенденции 2030: альтернативные миры. Публикация Национального разведывательного совета США / перевод: Усманова О.К. – Ташкент: Научно-Информационный Центр МКВК, 2013. – 32 с.

3 Яценко Л.Д. Індикатори стану екологічної безпеки держави. Аналітична записка / Л.Д. Яценко, С.П. Іванюта, О.О. Мартюшева // Національний інститут стратегічних досліджень. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/993/>

4 Report of World wide Fund for Nature. UK Water Footprint: The Impact of the UK's Food and Fibre Consumption on Global Water Resources. London: World wide Fund for Nature, 2008.

5 Гуменюк А.М. Безпека структурно-інституціональної трансформації економіки регіону: теоретичні основи та прикладні аспекти: монографія / А.М. Гуменюк. – К.: НІСД, 2014. – 468 с.

УДК 551.482 (476)

О.И. Процко, научный сотрудник

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» г. Минск

СТОК ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С УРБАНИЗИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ БАССЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА

Состояние водотоков в максимальной степени зависит от антропогенных нагрузок на водосбор. Их влияние прослеживается в форме физического, химического, бактериального загрязнения водных объектов.

Оценка качества воды и определение нагрузки загрязнения на реки бассейна Западной Двины необходимы для выявления масштабов загрязнения (изменения) водной среды; суммарного антропогенного воздействия, возможных путей снижения антропогенных нагрузок, что позволит в дальнейшем разработать программы действий, конкретных мероприятий, управленческих решений.

Поверхностный сток с селитебных территорий резко отличается от стока с естественных водосборов. Появление большого количества непроницаемых участков в виде застройки и асфальтированных дорог, а также трансформация почвы в результате строительства приводит к тому, что значительная часть внутрипочвенного и подземного стока переводится в поверхностную составляющую. С урбанизированных участков осуществляется сток талых, дождевых, поливо-моечных вод, сток с промышленных и строительных площадок. Степень их загрязнения определяется плотностью населения, интенсивностью движения автотранспорта, благоустроенностью поверхности. Источники загрязнения – аэрозоли, продукты разрушения дорожных покрытий, утечка топлива и горюче-смазочных материалов, продукты эрозии, несанкционированные свалки мусора, хранилища промышленных твердых отходов, примеси в составе атмосферных осадков [1]. Влияние сельских населенных пунктов на сток растворенных веществ рек осуществляется за счет смыва загрязняющих веществ с поверхностным стоком и путем фильтрации загрязнений из выгребов.

В средний по водности год с дождевым стоком с городских территорий в речную сеть Западной Двины поступает около 130–150 т взвешенных веществ, 0,20 тыс. т нефтепродуктов. Наиболее загрязнен поверхностный сток с территории городов Витебск, Новополоцк, Полоцк, Верхнедвинск.

Одной из главных причин изменения химического состава речных вод является сброс промышленными предприятиями сточных вод, которые не удовлетворяют требования, предъявляемым к качеству отводимых вод. Состав производственных сточных вод зависит от отрасли промышленности, вида производства, используемого сырья, особенностей технологического процесса, наличия оборотных систем водообеспечения и локальных систем очистки. Физико-химические методы очистки стоков обеспечивают снижение концентрации органических веществ на 40%, взвесей, фенолов и нефтепродуктов – 90%, ионов тяжелых металлов – 95% .

Через городскую сеть в водные объекты кроме промышленных сбрасываются и хозяйственно-бытовые сточные воды, спуск которых влияет на содержание органических веществ, нитратов, нитритов, фосфатов, алюминия, хрома, СПАВ. После прохождения вод через сооружения биологической очистки концентрация СПАВ снижается на 75%, нефтепродуктов, меди и хрома – 80, фенолов – 90, никеля – 50, цинка – 70, азота – 30, фосфора – на 40%, концентрация хлоридных и сульфатных ионов не изменяется.

Стоки животноводческих комплексов являются одним из главных источников загрязнения поверхностных и подземных вод органическими веществами, соединениями азота, фосфора, калия, микроэлементами [1]. Степень влияния животноводческих ферм в полной мере отражается в динамике миграции азота аммонийного, вынос которого достигает 0,01–0,05 кг/сутки на одну условную голову скота. Большинство животноводческих предприятий расположены в водоохранной зоне и загрязненные стоки, минуя системы очистки, прямогоком попадают в водные объекты, как, например, в Браславском, Ушачском районах [3].

Сток с сельскохозяйственных угодий загрязнен в основном пестицидами, азотом, фосфором, калием и микроэлементами. Это сезонные источники нагрузки, действующие преимущественно от начала снеготаяния до прекращения поверхностного стока в осенний период. На балансовых участках между городами г. Полоцк – г. Новополоцк и г. Новополоцк – г. Верхнедвинск основным источником поступления загрязняющих веществ является смыв с сельскохозяйственных угодий. Практически по всем показателям на данных участках отмечается улучшение качества речной воды за счет процессов самоочищения.

Для анализа взяты створы с постами выше и ниже городов: р. Западная Двина – г. Витебск, р. Западная Двина – г. Полоцк, р. Западная Двина – г. Новополоцк, р. Улла – г. Чашники, р. Западная Двина – г. Верхнедвинск. Определение потоков химического вещества, формирующегося на урбанизированном участке, осуществлено с помощью расчетов, как разность массы вещества, проходящих через створы выше и ниже по течению от источников загрязнения – города.

Рассмотрим динамику поступления загрязняющих веществ с урбанизированных участков водотоков в реки бассейна Западная Двина. Общая тенденция динамики выноса главных ионов на протяжении 2001–2005 гг. направлена на увеличение. Из группы исследуемых загрязняющих веществ выделяется только динамика поступления натрия, направленная на снижение. Анализ поступления ионов натрия в речную сеть с урбанизированных территорий показал, что для створов расположенных у городов Витебск, Полоцк, Новополоцк, Верхнедвинск, тенденция изменения поступления вещества носит разнонаправленный характер. Следует отметить, что пункт наблюдения р. Западная Двина – в г. Верхнедвинск, который является замыкающим створом, в 2004 году по поступлению ионов натрия лидирует. Поступление натрия у г. Чашники имеет незначительные колебания (до 912 т/г). По некоторым створам в 2001–2005 гг. встречаются отрицательные значения. Это связано с тем, что процессы самоочищения на данном участке превалировали над процессами загрязнения водотока.

Для всех створов, расположенных по магистральной реке, характерна разнонаправленная тенденция изменения динамики привноса ионов хлора, а для створа на р. Улла – постоянный стабильный рост. Максимальный привнос в створе р. Западная Двина – г. Витебск. Здесь динамика поступления ионов хлора была нестабильной: в 2001–2003 гг. наблюдался рост, а в 2003–2005 гг. – спад (рисунок 1 А). Схожая тенденция в створе у г. Новополоцка. Поступление, характерное для створа в г. Полоцке, имеет обратно пропорциональные значения: в 2003 году минимум (-2575 т/г) и максимум в 2004 году (5392 т/г),

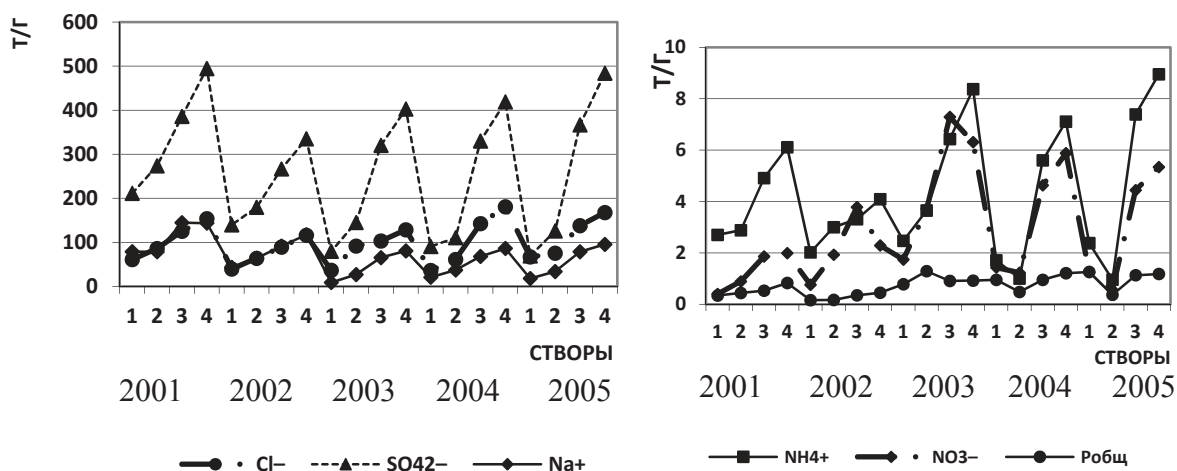
а затем тенденция к уменьшению. На территории участка р. Западная Двина г. Верхнедвинск в 2001–2004 гг. значения изменялись с максимума (7493 т/г) до минимума (-13 т/г), к 2005 г показатель поднялся почти до максимального значения.

Установлена зависимость между выносом химических веществ с урбанизированных территорий и их площадью. В наибольшей степени от площади населенного пункта зависит вынос ионов хлора и натрия. Одной из причин является применение зимой противогололедных смесей, содержащих натрий и хлор, которые, не участвуя в биохимическом окислении, осаждении и других процессах самоочищения, практически полностью попадает в водотоки с поверхностным смывом [1].

Поступление сульфатов с водосборов р. Западная Двина. Для всех створов за рассматриваемый период 2001–2005 гг. характерна примерно одинаковая направленность (рисунок 1 А). Максимум приходится на 2003 год в створе р. Западная Двина г. Новополоцк, а минимум в 2001 году в створе р. Западная Двина в г. Полоцк. В створе г. Верхнедвинска поступление имеет резкую тенденцию к изменению (2002–2004 гг. 22993 т/г до -15324 т/г).

Проанализировав динамику выноса суммы главных ионов с территории водотоков урбанизированных центров, в 2001–2003 гг. однонаправленными являются показатели поступления загрязняющих веществ в створах р. Западная Двина г. Полоцк и г. Верхнедвинск, значения которых изменяются в сторону возрастания, а затем в сторону уменьшения. В 2004–2005 гг. тенденция другая: в створе г. Верхнедвинска значение стока вещества снижается до минимума (-122770 т/г), а в створе г. Полоцка происходит увеличение поступления суммы главных ионов (112767 т/г). Необходимо отметить, что максимум за рассматриваемый период наблюдается в 2002 году (146955 т/г) в створе р. Западная Двина г. Верхнедвинск, минимум в этом же створе но в 2005 году (-122770 т/г).

Анализ динамики удельного выноса биогенных веществ реками бассейна Западной Двины позволил выявить следующие закономерности. В верхнем течении Западной Двины (в створе выше г. Витебска), а также на притоках Улла и Оболь, наблюдалось снижение выноса биогенов речным стоком с трендом к его стабилизации. Ниже по течению (в створах г. Полоцк и г. Верхнедвинск) зафиксировано снижение выноса биогенов к 2003 году, с последующей тенденцией к увеличению (рисунок 1 Б).



1 – выше г. Сураж; 2 – ниже г. Витебск; 3 – ниже г. Новополоцк; 4 – ниже г. Верхнедвинск
 А Б

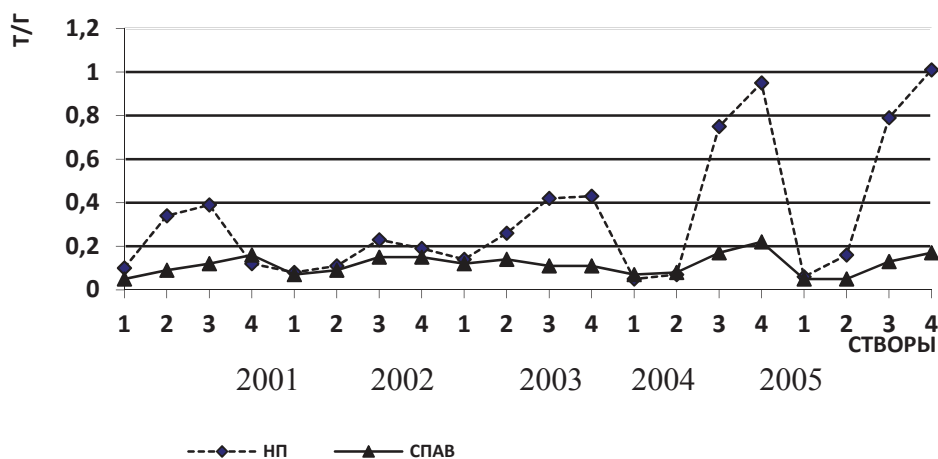
Рисунок 1 – Динамика поступления главных ионов (А) и биогенных веществ (Б) с урбанизированных участков бассейна рек бассейна Западной Двины.

Повышенный вынос азота аммонийного речным стоком в большинстве створов пришелся на 2001 год. Максимальный вынос азота аммонийного зарегистрирован в 2004 году в створе р. Полота – г. Полоцк (214,2 кг/км²), минимальный – в 2001 году (119,9 кг/км²). В динамике выноса азота нитратного речным стоком выявлен рост с 2001 по 2003 гг. с последующим снижением. Так, в створе ниже г. Полоцка после поступления максимального

количества азота нитратного в 2003 году ($133,7 \text{ кг/км}^2$), в последующие годы наблюдалось снижение показателей до $73,7 \text{ кг/км}^2$. Минимальный сток фосфора общего отмечен в большинстве створов в 2002 году. Например, в створе ниже г. Витебска в 2002 году годовое значение выноса опускается до отметки $6,2 \text{ кг/км}^2$. Максимальное значение – в 2003 году – $38,8 \text{ кг/км}^2$ [3].

Рассмотрим тенденцию изменения поступления загрязняющих веществ (нефтепродуктов и СПАВ) в речную сеть (рисунок 2). Динамика поступления и изменение количества выносимых нефтепродуктов по створам в г. Витебска, г. Новополоцка, г. Чашники, г. Верхнедвинск имеет направление в сторону увеличения за период 2001–2005 г. В створе г. Витебска зарегистрирован максимум в 2001 году ($137,5 \text{ т/г}$). В створе р. Западная Двина г. Полоцк динамика поступления вещества направлена в сторону уменьшения $78,8 \text{ т/г}$ (в 2002 г.) – -342 т/г (2005 г.).

Максимальный привнос СПАВ характерен для створа г. Верхнедвинск, где отмечено максимальное поступление в 2003 году (33 т/г). Для всех створов самым показательным является 2003 год, т. к. в нем зафиксированы все максимальные значения (рисунок 2). Створы г. Витебска, г. Полоцка имеют в 2001–2003 гг. тенденцию к росту, а затем к постепенному уменьшению.



1-выше г. Сураж; 2-ниже г. Витебск; 3-ниже г. Новополоцк; 4-ниже г. Верхнедвинск

Рисунок 2 – Динамика поступления СПАВ и нефтепродукты с урбанизированных участков бассейна рек бассейна Западной Двины.

Отличается изменение стока веществ в створе г. Новополоцк. В некоторые годы наблюдается изменение поступления загрязняющих веществ до отрицательных значений ($-7,9 \text{ т/г}$). Минимальное значение по всем створам наблюдается в 2005 году (-32 т/г). Это может быть обусловлено перемешиванием вод за счет боковой приточности.

Таким образом, анализ данных за рассматриваемый период показал, что выделяется 2003 год, когда фиксируется наибольший вынос загрязняющих веществ, что объясняется природными факторами – водностью рек бассейна Западной Двины. На основании проведенных исследований, можно заключить, что на различных урбанизированных участках водосбора происходит преимущественный вынос того или иного вещества: хлоридов и сульфатов – с участка у г. Новополоцк, ионов натрия и сумма главных ионов в целом – с участка у г. Верхнедвинск, азот аммонийный – с участка у г. Витебск, азот нитратный – с участка у г. Новополоцк, фосфор общий и нефтепродукты – с участка у г. Витебск, СПАВ – с участка у г. Верхнедвинск [2]. В этих створах наблюдаются только положительные значения, что свидетельствует о многократном доминировании процессов загрязнения в реке (поступление загрязняющих веществ) над процессами самоочистки водотока. Большая часть загрязняющих веществ, поступающая с урбанизированных участков в речную сеть транзитом переносится водной массой вниз по течению и накапливается.

Относительно «чистым» по большинству показателей является участок между верхним и нижним створами г. Витебска: он характеризуется привнесением преимущественно ионов хлора, азота аммонийного, фосфора, СПАВ, нефтепродуктов за счет поверхностного смыва и городских сточных вод, которых ежегодно сбрасывается 38–41 млн. м³, что составляет почти треть отводимых в бассейне сточных вод. Наиболее «грязным» является участок реки от г. Полоцка до г. Верхнедвинска, в особенности в нижнем створе г. Новополоцка, где наблюдается увеличение нагрузки по «ионам-поллютантам» – Cl⁻, SO₄²⁻, Na⁺, а также NH₄⁺, NO₃⁻ и нефтепродуктам.

Главными точечными источниками загрязнения здесь служат нефтеперерабатывающий завод «Нафтан», предприятие нефтехимической отрасли «Полимир», завод белково-витаминных концентратов, Новополоцкая ТЭЦ. Следует отметить, что значительную роль в формировании высоких показателей выноса играет не только поступление загрязняющих веществ в составе промышленных и коммунальных стоков или привнесение с боковой приточностью в пределах городов (в г. Полоцке – р. Полота, в г. Новополоцке – р. Ушача), но и расположение мест сброса сточных вод непосредственно перед пунктами контроля за качеством воды [2].

Превышения по показателям над природным фоном дают возможность определить антропогенную составляющую в речной воде. Для оценки антропогенной составляющей необходимы данные по валовому и удельному выносу загрязняющих веществ речным стоком в бассейне Западной Двины и динамики их изменения (таблица 1). Доказано, что изменение величины антропогенной составляющей по длине магистральной реки Западная Двина отражает степень воздействия источников загрязнения и способность водотока к самоочищению. Оценка антропогенной составляющей стока позволила установить, что ее величина служит индикатором гидрохимической обстановки, отражающим степень техногенного воздействия. Антропогенный вынос обусловлен интенсивным промышленным водоотведением, сбросом с животноводческих комплексов и химизацией сельского хозяйства. Оценена роль диффузных и урбанизированных территорий в формировании техногенных геохимических потоков в водной среде. Доминирующее значение принадлежит диффузным источникам. Доказано агрохозяйственное влияние на водосбор. Степень освоенности водосборов определенно сказывается на составе выносимых биогенных элементов.

Проведение оценок экологического состояния рек и их водосборов требует дальнейшей разработки и уточнения. Но даже предварительные результаты позволяют сделать вывод о необходимости снижения уровня антропогенных нагрузок и о необходимости узаконить статус санитарных зон для рек. Улучшение качества вод водотоков требует также повышения экологической грамотности населения, проживающего на территории водосбора, и соблюдения научно обоснованных норм антропогенных нагрузок по различным видам природопользования.

Как показали исследования, степень и характер антропогенного использования водосборов малых рек достигли критического уровня и требуют корректировки, а именно: задержание распашки территории до уреза воды, создание небольших лесополос в прирусловой части рек; расчистка и углубление русел рек, засорившихся ключей и родников; удаление и утилизация мусора; обваловка берегов на опасных участках, создание сборников стоков, лесомелиорация. Улучшение качества воды в бассейне р. Западная Двина в пределах Беларуси может быть достигнуто за счет снижения загрязнения речных вод поступающих в республику (осуществление водоохраных мероприятий на водосборной площади России), внедрение оборотных систем водоснабжения, интенсификации систем очистки коммунальных и промышленных сточных вод (Новополоцк, Витебск, Шарковщина, Лепель), локальные очистки и повторное использование стоков животноводческих комплексов, внедрение прогрессивных технологий внесения удобрений и пестицидов, проведение противоэрозионных и агротехнических мероприятий, создание буферных зон и зон санитарной охраны, очистка ливневых вод в городах и населенных пунктах.

Таблица 1 – Антропогенная составляющая выноса бассейна рек Западной Двины

Название створа	Год	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Σ _и	Na ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P _{общ}	НП	СПАВ	NH ₄ ⁺
р. Западная Двина г.Витебск	2001	2750	2750	-16500	-9625	-687	-412	27,5	137,5	0,0	-
р. Западная Двина г.Полоцк		2952	-23614	-59035	-17711	-295	492	59,0	-98,4	0,0	-
р. Западная Двина г.Новополоцк		984	12791	22630	-984	-394	886	-39,4	98,4	19,7	-
р. Западная Двина г.Верхнедвинск		7493	8742	-33718	-22479	375	0	-112,4	-124,9	12,5	-
р. Улла г. Чашники		-510	764	-5415	-1847	-13	51	0,6	6,4	0,0	-
р. Западная Двина г.Витебск	2002	4541	7947	-13056	10218	624	227	-11,4	0	0,0	11,4
р. Западная Двина г.Полоцк		1577	18133	26806	8672	0	473	-7,9	0	78,8	0,0
р. Западная Двина г.Новополоцк		5519	14191	-45727	14191	237	1104	31,5	0	78,8	-7,9
р. Западная Двина г.Верхнедвинск		6998	22993	146955	16995	500	200	-20,0	0	0,0	-10,0
р. Улла г. Чашники		-120	422	241	-181	-42	-18	0,0	0	0,0	-0,6
р. Западная Двина г.Витебск	2003	9139	20237	80947	0	1110	588	255	0	65	20
р. Западная Двина г.Полоцк		-2573	9436	-9436	-1716	-86	-772	34	0	0	26
р. Западная Двина г.Новополоцк		6862	26591	37742	6862	858	1201	77	0	86	17
р. Западная Двина г.Верхнедвинск		4352	19584	38080	-4352	326	-1088	-22	0	0	33
р. Улла г. Чашники		107	1461	5167	1675	25	75	29	0	4	0
р. Западная Двина г.Витебск	2004	6173	-8487	32407	2315	77	0	23	77	8	-
р. Западная Двина г.Полоцк		5392	4313	-17253	-2157	755	431	97	-108	11	-
р. Западная Двина г.Новополоцк		2157	7548	84109	5392	-108	-216	75	0	11	-
р. Западная Двина г.Верхнедвинск		-113	-15324	21176	2685	269	-551	68	-1	27	-
р. Улла г. Чашники		912	456	10032	1173	7	13	24	-7	-1	-
р. Западная Двина г.Витебск	2005	0	-4005	19224	0	80	-80	-24	0	80	-32
р. Западная Двина г.Полоцк		-1138	15938	112707	-5692	-228	342	137	0	-342	23
р. Западная Двина г.Новополоцк		11384	17077	-84245	0	228	569	57	0	0	11
р. Западная Двина г.Верхнедвинск		7222	17332	-122770	-10110	0	144	-130	0	0	14
р. Улла г. Чашники		499	1354	4276	285	-7	7	11	0	-7	5

Список использованных источников

1 Кольмакова Е. Г. Антропогенные изменения стока растворенных веществ рек бассейна Немана (в пределах Беларуси): автореф. дис. канд. геогр. наук: 10.01.05 / Кольмакова, БГУ – Мн.: 2005. – 21 с.

2 Кольмакова Е. Г., Маслова О. И. Динамика трансграничного переноса загрязняющих веществ в бассейне Западной Двины // Вестник БГУ. Сер. 2. Химия, Биология, География. – 2008. – № 2. – С. 97–100.

3 Кольмакова О.И. и др. Биогенный сток рек бассейна Западной Двины как показатель агрохозяйственного освоения водосборов/ Кольмакова Е.Г.; Маслова О.И.; Гриб С.В.// Вучоныя запіскі Брэсцкага ўніверсітэта. – 2011. – вып. 7, ч. 2. – с. 79–88.

УДК 556.5

Н.С. Ясинский, гидролог
ООО «НПЦ «МэпМейкер», г. Москва

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОПЕРАТИВНОМУ РАСЧЕТУ РЕЧНОГО СТОКА В СИСТЕМЕ GISMETEO.HYDRO

Автоматизированное рабочее место гидролога-прогнозиста GISMETEO.HYDRO предназначено для оперативной обработки гидрологической информации и прогнозирования стока. Это мощный, гибкий и современный инструмент, способный полностью автоматизировать работу гидролога-прогнозиста.

Система решает следующие задачи гидрологических подразделений:

- Мониторинг состояния рек и водохранилищ, систематизация данных гидрологических наблюдений, ведение гидрологических журналов
- Оперативные расчеты расхода воды и притока в водохранилище, прогнозы времени наступления гидрологических явлений
- Консультации и справки о режиме водных объектов для различных отраслей хозяйства

Необходимость усовершенствования прежней версии АРМ гидролога-прогнозиста возникла ввиду разнонаправленной модернизации системы наблюдений Росгидромета, состоящей в обновлении оборудования, введении в эксплуатацию автоматических гидрологических постов, созданию новых каналов передачи информации. Новое оборудование предполагает новые форматы данных, реорганизация потоков информации и рост потока данных требует усовершенствования и реструктуризации баз данных. Введение новых нормативных документов для оперативного расчета стока требует пересмотра алгоритмов и расширение функционала программ.

В ходе нашей работы мы сделали следующие улучшения системы АРМ гидролога-прогнозиста:

- реализовано усвоение учащённых автоматических измерений уровня воды поступающих с автоматизированных гидрологических постов
- реализован расчёт оперативных расходов по кривым $Q = f(H)$ с учётом последних рекомендаций Государственного гидрологического института
- добавлена функция прогноза притока воды в водохранилище
- полностью переработан пользовательский интерфейс программы
- добавлен полный комплексный график с современным адаптивным дизайном
- обновлена функция формирования отчетных таблиц и экранных форм в соответствии с нормативными документами
- реализован обмен данными с другими программными продуктами, используемыми для наблюдений за стоком и вывод данных на печать
- введена система задач для автоматизации ежедневной работы специалиста