УДК 556.53: 005.336.2: 574.522: 519.876

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Мазуркин П.М., Воронцова З.В.

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, e-mail: kaf_po@mail.ru

Изобретение по патенту 2415420 относится к инженерной экологии речной сети и может быть использовано при гидрохимических исследованиях притоков на загрязнение, а также экологическом мониторинге источников загрязнения речной воды вдоль течения от истока до устья.

Ключевые слова: Малая река; загрязнение; динамика от истока до устья;

METHOD OF MEASUREMENT POLLUTED RIVER SEWAGE

Mazurkin P. M., Vorontsova Z.V.

Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru

The invention according to the patent 2415420 belongs to engineering ecology of a river network and can be used at hydrochemical researches of inflows on pollution, and also environmental monitoring of sources of pollution of river water along a current from a source to the mouth.

Keywords: Small river; pollution; dynamics from a source to the mouth

Известен способ измерения загрязнения реки [1], включающий измерение концентрации загрязняющих веществ в различных створах реки и составление таблицы данных замеров. При этом качество речной воды оценивается по отношению к предельной допустимой концентрации загрязняющего (ПДК) вещества. Недостатком этого способа является то, что результаты измерений загрязнения реки не сопоставляются с самой рекой, то есть с расположением населенных пунктов и других источников загрязнения, находящихся на реке.

Известен также способ измерения загрязнения реки сточными водами, по патенту № 2269775, при котором выбирают на реке створы наблюдений, осуществляют отбор проб воды, их консервацию и подготовку для анализа, затем выполняют анализ и оценку результатов измерений, при этом створы наблюдений принимают поперек реки до одного или группы источников сточной воды, посередине каждого источника и после одного или группы источников сточной воды, причем все три створа располагают в черте города или другого населенного пункта. Недостатком является то, что результаты измерений не соответствуют естественному течению водотока и тем самым каждый водоток речной системы не получает достоверного картины загрязнения. При этом не учитываются расстояния между отдельными створами наблюдения и взятия проб воды, что не позволяет изучать динамику загрязнения речной воды вдоль реки.

Технический результат – расширение функциональных возможностей измерений загрязнения реки сточными водами и повышение точности привязки результатов этих измерений к руслу реки от истока до устья.

Этот технический результат достигается тем [2], что способ измерения загрязнения реки сточными водами, включающий выбор на реке створов наблюдений, отбор проб воды, их консервацию и подготовку для анализа, затем анализ и оценка результатов измерений, при этом створы наблюдений принимают поперек реки до одного или группы источников сточной воды, ***отличающийся тем***, что на реке выбирают створы наблюдений, начиная с истока реки и закладывая, по крайней мере, один постоянный или временный створ наблюдений на территории истока реки, затем от первого створа наблюдений измеряют расстояния до последующих вдоль реки створов наблюдений, расположенных в черте, а также до и после города или другого населенного пункта, причем в устье реки также закладывают, по крайней мере, один постоянный или временный створ наблюдений, а после проведения анализа проб воды для оценки результатов измерений в динамике вдоль основного русла реки эти результаты измерений подвергают статистическому моделированию для выявления биотехнических закономерностей изменения концентрации загрязняющих веществ в речной воде в зависимости от расстояния от первого створа наблюдений на истоке реки, по значениям нарастающего к устью реки с каждым учтенным в измерениях створом наблюдений.

Для повышения точности сопоставления результатов измерений загрязнения реки сточными водами створы наблюдений принимают до одного или группы источников сточной воды, посередине каждого ис-

точника загрязнения речной воды, а также после одного или группы источников сточной воды, причем все три створа наблюдений располагают в черте города или другого населенного пункта. Количество створов наблюдений между истоком и устьем реки меняют в зависимости от потребности в учете динамики появления новых потребителей речной воды и новых источников сброса в реку сточной воды и других загрязнений от постоянных или временных антропогенных объектов. Для повышения точности оценки динамики загрязнения реки сточными водами измерения на створах наблюдений проводят одновременно.

Для выявления методом идентификации биотехнических закономерностей изменения концентрации загрязняющих веществ в речной воде в зависимости от расстояния от первого створа наблюдений на истоке реки, по значениям нарастающего к устью реки с каждым учтенным в измерениях створом наблюдений применяют обобщенную формулу:

$$y = y_0 \exp(-a_1 L^{a_2}) + a_3 L^{a_4} \exp(-a_5 L^{a_6}), \quad (1)$$

где y – изучаемый показатель по концентрации загрязнения; y_0 – начальное значение показателя загрязнения в истоке реки; L – нарастающее расстояние от первого створа наблюдений у истока реки до каждого створа взятия проб речной воды, км; $a_1 ... a_1$ – параметры статистической модели, характеризующей закономерность нарастающего изменения значений концентрации загрязняющих веществ в реке на заданный момент времени.

Сущность технического решения заключается в том, что около истока реки закладывается, по крайней мере, один постоянный или временный створ наблюдений за концентрацией загрязняющих веществ.

Это позволяет проводить действенный контроль так называемых природных (фоновых) загрязнений из-за того, что люди все-таки традиционно пытаются не сбрасывать нечистоты около истока реки.

Сущность технического решения заключается также в том, что от первого створа наблюдений измеряются нарастающие расстояния до последующих створов, расставленных не только в черте населенных пунктов, и даже не только до и после насаленного пункта, а также и в промежутках между населенными пунктами, где происходит несанкционированный постоянный или временный сброс сточных вод, мусора и других отходов жизнедеятельности человека, его промышленной, строительной и сельскохозяйственной загрязняющей речную воду деятельности.

Сущность технического решения заключается также и в том, что в реке каждый вид загрязнения ведет себя наподобие живой популяции, частично вымирая от самостоятельного очищения речной растительностью и илистым дном.

Поэтому, как это не покажется на первый взгляд хаотичным, в одно и то же время загрязнения вдоль реки от её истока до устья, то есть точнее говоря от первого до последнего створа наблюдений, ведут себя по одной и той же обобщенной закономерности, но с большим разнообразием частных проявлений, которые определяются значениями параметров двухчленной биотехнической закономерности.

Положительный эффект достигается тем, что изучение одномоментным образом измеренных во всех точках наблюдений на реке от её истока до устья позволяют создавать картину поведения загрязнений в речной воде, а многократные измерения в разнее время года позволяет определить пространственно-временную динамику поведения реки и людей.

Новизна технического решения заключается в том, что створы наблюдений закладываются и на территории истока реки, а также вне черты населенного пункта в местах появления новых источников загрязнения речной воды, причем не только сточными водами, но мусором и другими видами источников загрязнения речной воды.

Пример. На территории Республики Марий Эл река Большая Ошла (рис. 1), как правый приток реки Малая Кокшага, в свою очередь впадающей в Волгу чуть ниже плотины Чебоксарской ГЭС, протекает по землям семи землепользователей Медведевского района. Река берет начало на северо-западном склоне Марийско-Вятского увала в лесах Кировской области, затем в 1,5 км севернее п. Майский на отметках 140-150 м течет в южном направлении. После этого около д. Б. Люльпаны резко поворачивает на юго-восток и впадает в реку М. Кокшага с правого берега на 135 м от устья.

Река Б. Ошла является 21-м правым притоком Малой Кокшаги. Общая длина от истока до устья равна 73,9 км, по террито-

рии Республики Марий Эл она находится длиной 66,9 км, а по землям сельскохозяйственных предприятий протекает 36,7 км.

Суммарная длина реки с ее притоками первого порядка равна 188,4 км. Площадь водосбора составляет 662 км^2, средний уклон равен 0,9 %, лесистость водосборного бассейна достигает около 60 %.

Качество реки Б. Ошлы, притока реки М. Кокшага, от трансграничного пункта наблюдения до устьевого участка сохраняется в основном на уровне «умеренно-загрязненные» (3 класс). Исключением является участок реки ниже сброса с очистных сооружений населенного пункта Турша, где вода отнесена к категории «загрязненные» (4 класс).

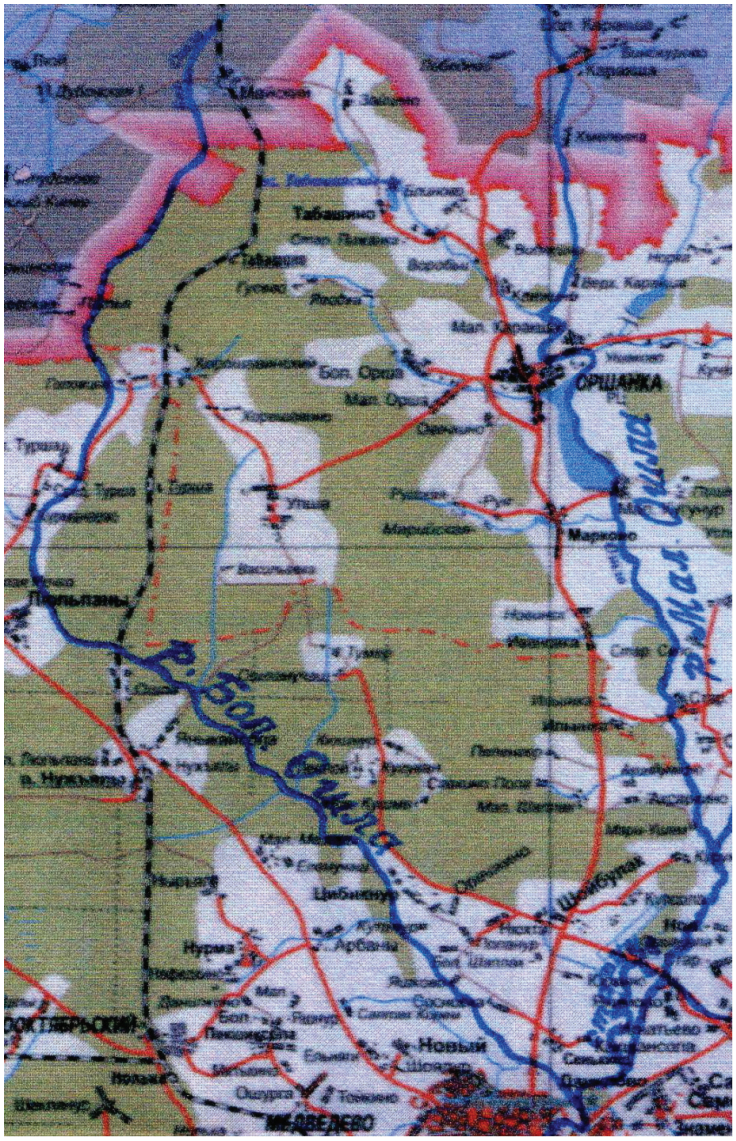


Рис. 1. Гидрографическая карта-схема реки Большая Ошла, притока реки Малая Кокшага

Концентрация химических веществ приведена в данных табл. 1 и на рис. 2–5 по измерениям на 22.05.2007.

Здесь видно увеличение вдоль реки таких загрязняющих веществ, как меди, марганца, хлорида, а также происходит увеличение температуры, что может быть вызвано сбросом теплых бытовых и промышленных сточных вод в реку.

Это неблагоприятно сказывается на флоре и фауне реки Большая Ошла.

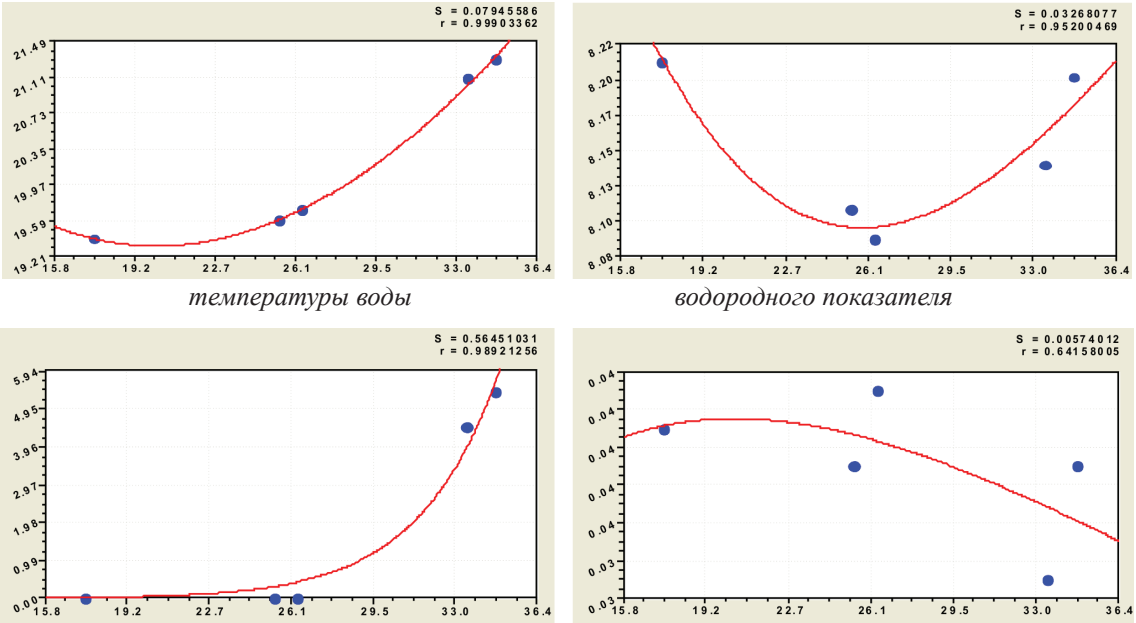
Таблица 1

Концентрация загрязняющих веществ по месторасположению и расстоянию от истока к устью реки по данным измерений на 22.05.2007

Месторасположение	*L*, км	Температура	pH	Медь	Фенолы	Нитриты	Нефтепродукты	Алюминий
д. Головино, граница РМЭ с Кировской обл.	17,5	19,4	8,21	0,008	0,0007	0,041	0,072	0,082
д. Турша выше БОС	25,4	19,6	8,11	0,006	0,0007	0,039	0,021	0,068
д. Турша ниже БОС	26,4	19,7	8,09	0,013	0,0008	0,043	0,07	0,076
д. Люльпаны выше БОС	33,5	21,1	8,14	4,5	0,0006	0,033	0,013	0,064
д. Люльпаны ниже БОС	34,7	21,3	8,2	5,4	0,0008	0,039	0,06	0,081

Месторасположение	Азот аммонийный	Железо общее	Марганец	Нитраты	Сульфаты	Хлориды	Цинк	ХПК
д. Головино, траница РМЭ с Кировской обл.	0,255	1,23	0,003	5,19	23,68	2,48	0,003	28,5
д. Турша выше БОС	0,32	1,09	0,006	4	24,6	4,61	0,005	35
д. Турша ниже БОС	0,33	1,12	0,004	5,18	23,72	2,84	0,013	27,5
д. Люльпаны выше БОС	0,28	1	0,025	1,5	25,96	5,32	0,012	36
д. Люльпаны ниже БОС	0,29	1,07	0,011	4,13	24,92	6,03	0,006	26

Месторасположение	Сухой остаток	Фосфаты	БПК	Взвешенные вещества	Магний	Кальций	Гидрокарбон	ИЗВ
д. Головино	190,5	0,18	3,02	28,5	7,6	47,06	3,2	4,25
д. Турша выше БОС	193,5	0,13	3,55	25,3	8,8	44,57	3,1	3,78
д. Турша ниже БОС	198	0,16	2,97	18,8	7,1	47,06	3,2	4,95
д. Люльпаны выше БОС	190,5	0,15	2,55	19,7	2	60,02	3,2	3,43
д. Люльпаны ниже БОС	193,5	0,14	2,03	23,5	11,9	41,16	3,1	3,52

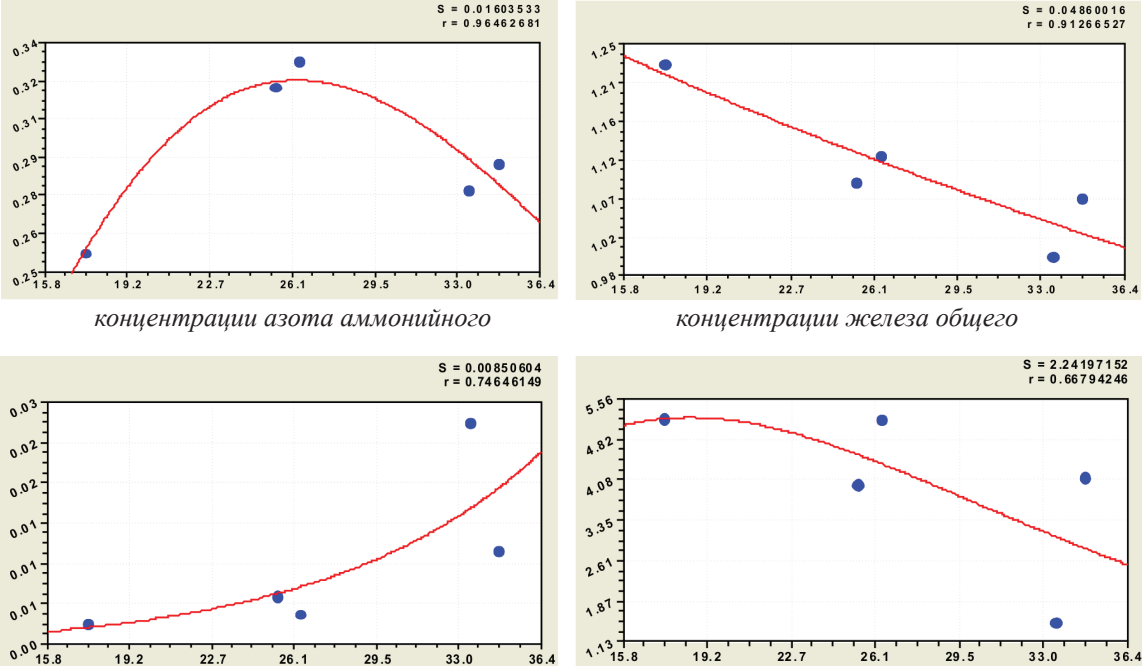


температуры воды *водородного показателя*

концентрации меди *концентрации нитритов*

Рис. 2. Экспериментальные точки и график гидрохимического загрязнения вдоль Б. Ошла от истока до устья

Из данных табл. 1 видно, что многие химические вещества достигают максимума в д. Головино, а также в д. Турша и Люльпаны ниже биологических очистных сооружений.



концентрации азота аммонийного *концентрации железа общего*

концентрации марганца *концентрации нитратов*

Рис. 3. Экспериментальные точки и график изменения гидрохимических показателей загрязнения речной воды по течению реки Б. Ошла от истока до устья

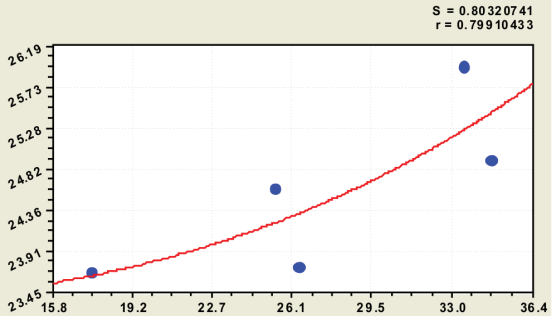
В табл. 2 приведены параметры модели (1) по различным видам загрязнения.

Таблица 2

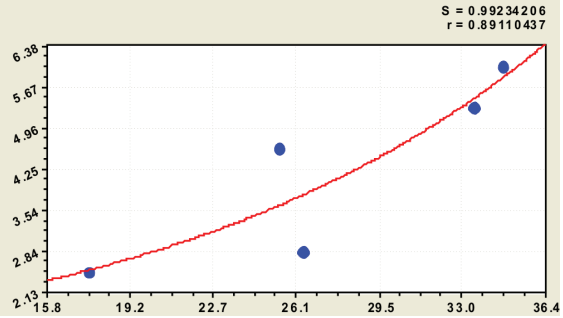
Параметры биотехнических закономерностей изменения концентрации загрязняющих веществ по длине реки от истока до устья по данным измерений на 22.05.2007

Вид загрязнения	Значения параметров статистической модели (1)							r
	y_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	
Температура	24,26	0,02343	1	0,02504	1,70497	0	1	0,999
pH	9,014	0	1	-0,010525	1,98330	0,076752	1	0,952
Медь	0	0	1	1,7507e-7	2,73596	-0,21891	1	0,989
Фенолы	0	0	1	0,0001865	0,6015	0,02036	1,0376	0,169
Нитриты	0	0	1	0,007867	0,8248	0,04010	1,0021	0,642
Нефтепродукты	0,1330	0,03887	1	0	1	0	1	0,448
Алюминий	0,08675	0,005706	1	0	1	0	1	0,365
Азот аммоний.	0	0	1	0,0002498	3,15275	0,11774	1,00465	0,965
Железо общее	1,4967	0,016878	0,87508	0	1	0	1	0,913
Марганец	0,0003641	-0,11197	1,00063	0	1	0	1	0,746
Нитраты	0	0	1	0,032506	2,8006	0,22026	0,90543	0,668
Сульфаты	23,2782	-9,3834e-6	2,58298	0	1	0	1	0,799
Хлориды	1,36621	-0,015807	1,27464	0	1	0	1	0,891
Цинк	0	0	1	$1,9493e^{-5}$	2,25894	0,05027	1,0123	0,537
ХПК	22,096	0	1	0,004582	4,6392	0,28023	1	0,934
Сухой остаток	183,19	0	1	$2,9681e^{-7}$	7,7682	0,29896	1	0,735
Фосфаты	0	0	1	0,0012729	2,71138	0,15909	1	0,683
$БПК_5$	0	0	1	0,0052797	4,12330	0,17321	1	0,924
Взвешенные вещества	45,569	0,078879	0,65291	0	1	0	1	0,675
Магний	8,180	0,003259	1	0	1	0	1	0,047
Кальций	42,476	-0,0044126	1	0	1	0	1	0,204
Гидрокарбон	3,233	0,0008349	1	0	1	0	1	0,335
ИЗВ	0	0	1	0,05134	2,0623	0,07041	1,0688	0,703

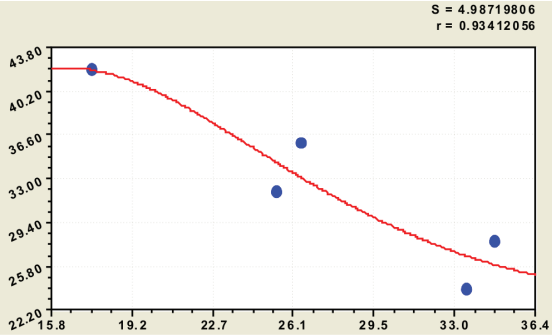
Примечание. r – коэффициент корреляции выявленной закономерности типа (1).



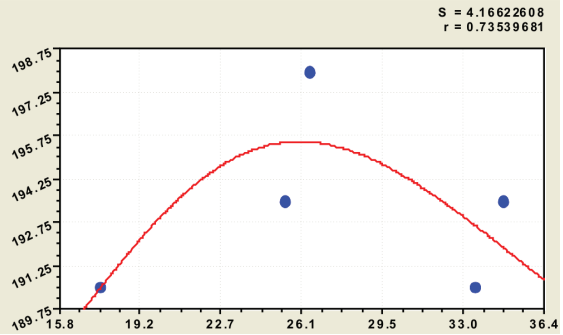
концентрации сульфатов



концентрации хлоридов



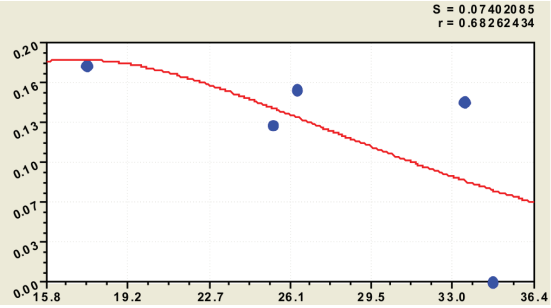
химического потребления кислорода (ХПК)



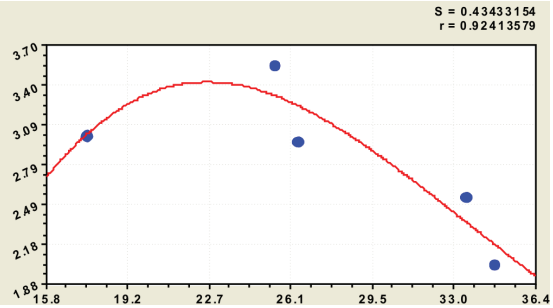
сухих остатков

Рис. 4. Экспериментальные точки и график изменения гидрохимических показателей загрязнения речной воды по течению реки Б. Ошла от истока до устья

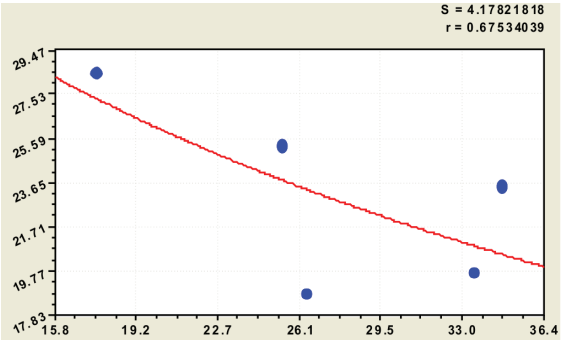
Данные по некоторым веществам недостоверны, так как загрязнение реки до сброса вод с очистных сооружений не может быть выше после сброса, например концентрация хлоридов в д. Турша выше БОС равна 4,62 мг/л, а ниже БОС составляет 2,84 мг/л.



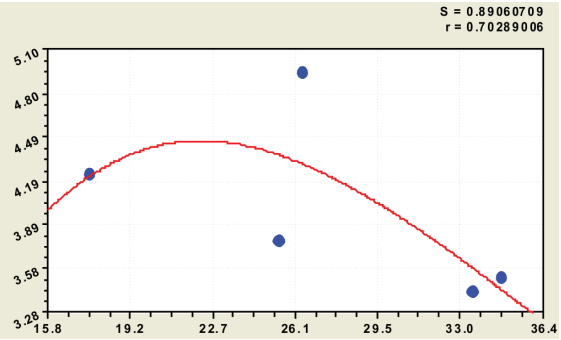
концентрации фосфатов



биологического потребления кислорода ($БПК_5$)



концентрации взвешенных частиц в речной воде



по показателю индекса загрязняющих веществ (ИЗВ)

Рис. 5. Экспериментальные точки и график показателей загрязнения по течению Б. Ошла от истока до устья

Приведенные статистические модели имеют только трендовые закономерности без учета волновых составляющих. Для гидрологических, гидрохимических, биохимических и других инженерно-экологических исследований рекомендуется принять уровень в 0,6.

Таким образом, предложенный способ можно реализовать и при существующей последовательности измерений до и после очистных сооружений населенных пунктов, расположенных вдоль реки. Однако эксперименты показали, что для повышения точности сопоставления результатов измерений загрязнения реки сточными водами створы наблюдений лучше всего принимают по прототипу. Поэтому пробы воды следует брать в створах наблюдений до одного или группы источников сточной воды, посередине каждого источника загрязнения речной воды, а также после одного или группы источников сточной воды, причем все три створа наблюдений располагают в черте города или другого населенного пункта.

Кроме того, точность измерений и сопоставления результатов анализа проб речной воды повысится при условии одновременности взятия проб речной воды и обязательного анализа проб воды непосредственно на истоке реки. В последнем случае появляется возможность точного определения параметра y_0 у статистической модели (1).

Предлагаемый способ обладает простотой параметрического описания речной сети створами в местах взятия проб речной воды на каждом водотоке около населенных пунктов. Он значительно повышает точность соотнесения данных измерений загрязнения с гидрографической сетью реки от истока до устья каждого притока и самой реки. Поэтому предлагаемый способ позволяет составлять геоинформационные системы по отдельным сериям измерений концентрации загрязнения речной воды различными видами загрязняющих веществ, причем с территориальной привязкой загрязнения от истока до устья отдельных притоков малой реки. При применении предложенного способа особое значение приобретает территориальный экологический мониторинг загрязнения тех водотоков речной сети, на которых расположены населенные пункты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молоков М.В., Шифрин В.Н. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок. – М.: Стройиздат, 1977. 104 с.

2. Пат. 2415420 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/18, G 01 N 1/00 (2006.01). Способ измерения загрязнения реки сточными водами / Мазуркин П.М., Воронцова З.В. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. тех. ун-т. – №2009133899/15; заявл. 09.09.2009; опубл. 27.03.2011.