

УДК. 333.93: 626.81:628.394.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОД В РЕЧНЫХ
БЕССТОЧНЫХ БАССЕЙНАХ АРИДНЫХ ЗОН**

Доктор техн.наук
Канд.техн.наук

Ж.С.Мустафаев
А.Т.Козыкеева
Ж.А.Ахметов
М.К.Ешмаханов

Для оценки и управления качеством воды в бассейнах рек в условиях антропогенной деятельности и природообустройства природной системы в целом, на основе закона сохранения вещества, разработана методика для прогнозирования гидрохимического режима водотока.

В результате интенсивной и широко масштабной антропогенной деятельности человека были вызваны глобальные нарушения в природном балансе потоков веществ и энергии в геосистемах, существенно перераспределены поверхностный и подземный стоки, также в современный круговорот были вовлечены геологические запасы легкорастворимых солей, что нарушало гидрохимический режим водотоков и орошаемых земель, и что в свою очередь оказало очень большое влияние на качество поверхностных и подземных вод Центральной Азии.

Проблема качества воды возникла в связи с тем, что многие водоемы и водотоки в настоящее время используются в качестве утилизации возвратных вод от промышленных и коммунально-бытовых объектов и с орошаемых земель коллекторно-дренажных систем. В связи с бурным развитием градостроительства и промышленных объектов, и орошения в несколько раз повысилась антропогенная нагрузка на водоемы, что привело к ухудшению качества воды. Поэтому, в настоящее время и в будущем, первостепенной задачей охраны окружающей среды являются поддержания стандартов качества воды и сохранения экологических систем водоемов и водотоков региона. Так как, если учесть то, что изменение природного процесса в результате антропогенной деятельности в геосистемах тесно взаимосвязана и взаимообусловлена, то разработка математических моделей качества воды не ограничивает-

ся простым прогнозированием, оно распространяется на все проблемы, связанные с управлением качеством воды.

Составление долгосрочного прогноза качества воды в речных бассейнах является сложной многофакторной задачей, требующей сбора и обобщения большого объема информации не только о современном состоянии, но и о ретроспективном развитии водного объекта (его качественных и количественных характеристик) и, основных факторов антропогенного и природного характера, обуславливающих изменение химического состава воды, но также и о предполагаемых их развитии в будущем.

Важной характеристикой при оценке качества воды в бассейнах водотоков является показатель общей минерализации воды, интегрирующей концентрации комплекса консервативных минеральных солей.

На основе закона сохранения веществ изменение концентраций поверхностных вод в гидрографической сети, их вынос в нижележащий участок и изъятие с оросительными водами определяется по уравнению:

$$MPC^{t+\Delta t} = MPC^t + \Delta t \cdot (ПСПВ + ПСВВ - ВСРП + ПСПВ - ИСОВ) \quad (1)$$

где: MPC^t - масса растворимых солей в гидрографической сети в момент времени t ;

$MPC^{t+\Delta t}$ - масса растворимых солей в гидрографической сети в момент времени $t+\Delta t$;

$ПСПВ$ - поступление массы растворимых солей поверхностными водами;

$ПСВВ$ - поступление массы растворимых солей возвратными водами;

$ВСРП$ - поступление массы растворимых солей русловыми потоками;

$ПСПВ$ - поступление массы растворимых солей подземными водами;

$ИСОВ$ - изъятие массы растворимых солей оросительными водами;

Поступление массы растворимых солей в гидрографическую сеть с условным поверхностным стоком рассчитывается в предположении, что минерализацией осадков можно пренебречь (С. И. Харченко, 1975), а минерализация поверхностного стока с богарных и орошаемых земель в временном масштабе зависит от степени промерзания почвы.

$$ПСПВ = ПСОЗ^t + ПСБЗ^t; \quad (2)$$

$$ПСОЗ^t = СОЗ \cdot МПСОЗ^t \cdot КСПП^t; \quad (3)$$

$$ПСБЗ^t = СБЗ \cdot МПСБЗ^t \cdot КСПП^t, \quad (4)$$

где: $ПСОЗ^t$, $ПСБЗ^t$ - вынос массы растворимых солей с поверхностным стоком с орошаемых земель;

$МПСОЗ$, $МПСБЗ$ - минерализация поверхностных стоков с орошаемых и богарных земель;

$КСПП^t$ - коэффициент, характеризующий степень промерзания почвы.

Объем солей, который поступает в речной бассейн с возвратными водами, можно определить по формуле:

$$ПСВВ = ПСДВ + ПССВ \quad (5)$$

$$ПСКДВ = ДС \cdot МДВ \cdot \Delta F \quad (6)$$

$$ПССВ = ОКБС \cdot МКБС + \sum_i ОВПС \cdot МВПС \quad (7)$$

где: $ПСДВ$, $ПССВ$ - поступление объема солей в речной бассейн дренажными и сточными водами;

$МДВ$ - минерализация дренажного стока;

$ФПС$ - фильтрационные потери из оросительной сети;

$ДС$ - дренажный сток с засоленных орошаемых земель (ΔF);

ΔF - площадь засоленных орошаемых земель;

$ОКБС$ - объем коммунально-бытовых стоков;

$МКБС$ - минерализация коммунально-бытовых стоков;

$ОВПС$ - объем возвратных i -ых промышленных стоков;

$МВПС$ - минерализации i -ых возвратных промышленных стоков.

В составлении модели минерализации поверхностных вод в бассейне рек минерализация условного дополнительного стока принята, приближено равной минерализации подземного стока. Поэтому в модели $ПСПВ$ - поступление солей с подземными и условными дополнительным стокам, рассчитываются по формуле:

$$ПСПВ = (ПЗП + ПБЗ + ПОЗ) \cdot МПЗП^t \quad (8)$$

где: $ПЗП$ - подземный приток воды;

$ПБЗ$ - условный дополнительный сток с богарных земель;

$ПОЗ$ - условный дополнительный сток с орошаемых земель;

$МПЗП^t$ - минерализация подземного стока.

Для условий формирования и функционирования бессточных бассейнов рек аридных зон, где основным источником загрязнения водных ресурсов является коллекторно-дренажный сток с орошаемых земель и сточных вод городов и промышленных объектов, наиболее

важное значение приобретает прогнозирование содержания в водах ядохимикатов, применяемых для защиты сельскохозяйственных угодий от болезни и промышленных объектов для выпуска продукции, а также коммунально-бытовых хозяйствах. По аналогии уравнения (1) в качестве модели качества воды в гидрохимической сети, можно использовать следующую формулу:

$$\begin{aligned} МУЗ^{t+\Delta t} = МУЗ^t + \Delta t(ПЗДВ + ПЗВПДБ - ВЗРП - \\ - ИЗСОЗ + ПЗСБЗ + ПЗСОЗ - СУЗПСО + ВЗ - ОЗД) \end{aligned} \quad (9)$$

- где: *МУЗ* - масса условного загрязнителя в гидрографической сети;
ПЗДВ - поступление загрязнителя с другого бассейна;
ПЗВПДБ - поступление загрязнителя с водой, перебрасываемой с другого бассейна;
ПЗВБ - поступление загрязнителя с точными водами городов и промышленных объектов;
ВЗРП - вынос загрязнителя русловыми потоками;
ИЗСОЗ - изъятие загрязнителя с оросительными водами;
ПЗСБЗ - поступление загрязнителя стоками богарных земель;
ПЗСОЗ - поступление загрязнителя стоками орошаемых земель;
СУЗПСО - снижение уровня загрязнителя путем самоочищения и разложения химических веществ;
ВЗ - вторичное загрязнение;
ОЗД - осаждение загрязнителей на дно.

Поступление загрязнителей со стоком с богарных и орошаемых земель, во многом зависит от коэффициента загрязненности почвы *КЗБЗ'* и *КЗОЗ'* и от сезонного коэффициента их неравномерности (*КСНРПЗ*). Коэффициент *КЗБЗ'* и *КЗОЗ'* характеризуют интенсивность применения минеральных удобрений на богарных и орошаемых земель, а также *КСНРПЗ'* - агротехническую сезонность, т. е. *ПАС/365* (где *ПАС* - продолжительность агротехнического сезона). Тогда интенсивность процесса загрязнения речных бассейнов со стоками с богарных и орошаемых земель описывается следующими уравнениями:

$$ПЗСБЗ = СБЗ \cdot КЗБЗt \cdot КСНРПЗt; \quad (10)$$

$$ПЗСОЗ = СОЗ \cdot КЗОЗt \cdot КСНРПЗt. \quad (11)$$

Темп процесса самоочищения и разложения загрязнителей (*СУЗ-ПСО*), как известно, определяется как произведение массы условного загрязнителя (*МУЗ'*), характеризующую долю загрязняющих веществ, которая разлагается в ходе самоочищения в водоемах и коэффициента разложения органических и химических веществ (*КРОВ*), т. е.

$$\text{СУЗПСО} = \text{МУЗ}t \cdot \text{КРОВ}. \quad (12)$$

Коэффициент разложения органических и химических веществ (*КРОВ*), зависит от трех коэффициентов – *КРС* (солевая поправка), *КСНРПЗ* (сезонная поправка), *КДВЭ* (поправка на деформацию водных экосистем):

$$\text{КРОВ} = \text{НДРЗ} \cdot \text{КРС} \cdot \text{КСНРПЗ} \cdot \text{КДВЭ}, \quad (13)$$

где *НДРЗ* – нормальная доля разлагающихся веществ.

Солевая поправка рассчитывается в предположении, что распад условного загрязнителя линейно уменьшается с ростом минерализации $1/l$:

$$\text{КРС} = 1 + \text{КЗРЗ} \cdot \text{МВ}t, \quad (14)$$

где: *КЗРЗ* – линейный коэффициент замедления разложения загрязнителя с повышением минерализации;

МВ' – минерализация воды в гидрографической сети;

$$\text{МВ}t = \text{МРС}t / \text{ОВГС}t \quad (15)$$

здесь *ОВГС'* – объем воды в гидрографической сети.

Предполагая, что осаждение загрязняющих веществ в дно реки происходит по экспоненциальному закону с постоянным параметром скорости осаждения ϕ , получим для вычисления массы i -го загрязняющего вещества поступившего в данное захоронения:

$$\text{ОЗД } t+\Delta t = \text{МУЗ } t [1 - \exp(-\phi i \cdot t)], \quad (16)$$

где t – время.

Оценка процесса вторичного загрязнения, определяется как массы распадающегося вещества за счет химического распада и биохимического окисления, которые описывается кинетическим уравнением химических реакций первого порядка:

$$\text{ВЗ}t = \text{ОЗД}t \cdot \exp(-k \cdot t), \quad (17)$$

где k – параметр скорости распада, зависящий от химических свойств вещества, температуры и минерализации воды, ее химического состава.

На основании предложенного методологического подхода моделирование гидрохимического режима воды в бассейнах рек выполнено на основе законов природы, которые могут быть использованы для прогноза качества воды водотоков, что является основой для разработки комплекса природно-экологических и водо-охраных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рациональное использование водных ресурсов бассейна Азовского моря. (Под ред. И. И. Воровича), М., Наука, 1981, 360с.
2. Вавилин В. А., Циткин А. И. Математическое моделирование качества воды, //Водные ресурсы, 1977, №2
3. Джемсон Д. Т. Иерархический подход к моделированию управления качеством воды. //Математические модели в экологии и генетике. -М., Мир, 1981 - 176с.
4. Математические модели контроля загрязнения воды. - М., мир, 1981, 471с.
5. Оценка ресурсов качества поверхностных вод, М., МГУ, 1989, 197с.

Таразский государственный университет им. М.Х.Дулати

ҚҰРҒАҚШЫЛЫҚ АЙМАҚТАҒЫ АҒЫНСЫЗ ӨЗЕН АЛҚАБЫНДАҒЫ
СУДЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ ТӘРТІБІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ
БЕЙНЕСІ

Техн.ғыл.докторы
Техн.ғыл.канд.

Ж.С.Мұстафаев
А.Т.Қозыкеева
Ж.А.Ахметов
М.К.Ешмаханов

Зағтың сақталу заңына негізделген, табиғат жүйесін қайта үйлестіру және табиғи-техникалық қызметтің барысындағы өзен алқабындағы судың сапасын бағалау және басқаруға арналған, су кездерінің гидрохимиялық тәртібінің математикалық бейнесі берілген.