

УДК 574.5:556.11

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕКИ СЫРДАРЬИ  
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ**

Канд. с.-х. наук Ю.М.Попов  
Канд. техн. наук Л.М.Павличенко  
Канд. с.-х. наук В.П.Богачев

*Анализируется изменение стока взвешенных наносов и компонентного состава при уменьшении водности р.Сырдарьи. На основе применения методов многомерной статистики строятся модели иерархии процессов переноса и самоочищения поверхностных вод с последующим районированием низовий реки по степени их интенсивности.*

В результате интенсивной водохозяйственной деятельности в бассейне Сырдарьи сложилась кризисная экологическая ситуация. Зарегулирование стока реки, крупномасштабное антропогенное воздействие привели к резкому ухудшению характеристик качества воды в реке, озерных системах и Аральском море. Наряду с уменьшением водности реки и стока взвешенных наносов, произошли изменения компонентного состава поверхностных вод Сырдарьи. Водный сток реки в последние годы сократился до 30-50 %, при этом отмечается возрастание безвозвратных потерь воды в древней (гидропост Кзыл-Орда) и, особенно, в современной (гидропост Казалинск) дельтах Сырдарьи (табл.1).

Ежегодный приток аллювиального материала к древней дельте Сырдарьи сократился за три десятилетия на 34 млн.т, а к современной дельте на 19 млн.т.

Такое сокращение стока взвешенных наносов привело к изменению химического и биологического балансов реки, а также к замедлению формирования

Таблица 1

Изменение компонентного состава стока Сырдарьи, аккумулирующегося  
в дельте реки (между постами Тюмень-Арык и Казалинск)

Годы	Водный сток		Химический сток		Твердый сток		Биогенный сток, тыс. т	
	км	%	млн. т	%	млн. т	%	фосфор валовой	органич. вещество
1931-1950	7,2	100	4,3	100	12,0	100	16,80	1536
1951-1960	7,9	107	6,2	144	13,0	108	18,20	1664
1961-1970	5,7	79	5,7	132	3,1	26	4,34	397
1971-1978	5,1	71	6,4	149	0,4	3	0,56	51
1989-1992	7,3	101	8,6	200	0,5	4	< 0,70	< 64

дельт. В протекании современных рельефообразующих процессов все большую роль играют эоловый и антропогенный факторы. В стоке взвешенных наносов доминируют размываемые ниже Чардаринского водохранилища аллювиальные русловые отложения крупного фракционного состава. Они содержат незначительное количество органических веществ и поэтому происходит резкое сокращение притока биогенных элементов, необходимых для нормального функционирования водных и наземных экосистем (табл. 1).

Более сложный характер имеют изменения химического стока реки. До зарегулирования стока минерализация воды в низовьях испытывала незначительные колебания. Содержание минеральных веществ в речной воде составляло в среднем 500-600 мг/л. Изменения водности реки слабо сказывались на минерализации вод. По химическому составу вода во все периоды года была гидрокарбонатно-кальциевой. Начиная с 50-х годов, минерализация стала увеличиваться в связи с хозяйственной деятельностью в бассейне реки. В маловодные годы ее значения достигали 1000 мг/л. Интенсификация орошаемого земледелия в 60-х годах в верхних частях бассейна привела к еще большему росту минерализации воды в низовьях. Минимальные значения возросли до 800 мг/л. Отмечались отдельные периоды с концентрацией до 2000 мг/л.

Строительство Чардаринского гидроузла коренным образом изменило гидрологический режим в низовьях. Маловодье периода 1974 - 1977 годов еще больше обострило ситуацию и обусловило дальнейшее повышение минерализации. Ее среднегодовые значения достигли в этот период 1500-1700 мг/л в створе Тюмень-Арык и 1700-1800 мг/л в створе Казалинска. В отдельные сроки наблюдений наибольшие значения минерализации у Тюмень-Арыка превышали 2000 мг/л, а в Казалинске достигали 3000 мг/л.

В последующие годы высокие значения минерализации речных вод сохранились благодаря повышенному притоку возвратных вод в верхней и средней частях бассейна. Но, начиная с 1985-1986 годов,

минерализация воды стала неуклонно снижаться. Ее среднегодовые значения за период 1989-1994 годы составили в створе Тюмень-Арык 1100-1200 мг/л, а максимальные достигали 1500 мг/л. Тенденция же увеличения содержания минеральных веществ вниз по течению сохранилась. В створе города Кзыл-Орда их среднегодовые значения изменялись от 1130 до 1320 мг/л, в Казалинске от 1200 до 1410 мг/л. Причинами подобного снижения минерализации поверхностных вод в низовьях Сырдарьи являются, на наш взгляд, сокращение орошаемых площадей и снижение объема коллекторно-дренажных вод, сбрасываемых в верхней части бассейна реки.

Развитие орошаемого земледелия привело к изменению ионного макрокомпонентного состава речной воды в низовьях Сырдарьи. При всех наблюдаемых в последние годы значениях минерализации тип химизма сульфатно-натриевый. Среди анионов содержание гидрокарбонатов стабилизировалось на уровне 130 (Казалинск), 150 (Тюмень-Арык) мг/л, а количество иона хлора увеличилось до 100-120 мг/л, в отдельные сроки при больших значениях минерализации - до 160 мг/л.

Деградация водных и наземных экосистем рассматриваемого региона происходит под воздействием разнообразных факторов. Ведущую роль среди них занимает техногенное загрязнение природных вод. Интенсивное использование в сельском хозяйстве химических удобрений и пестицидов, постоянно увеличивающийся объем сточных и коллекторно-дренажных вод, в бассейне Сырдарьи их объем достигает 6,8 км<sup>3</sup> в год, привели к значительному ухудшению качества поверхностных и подземных вод. На протяжении последних лет наблюдаются высокие концентрации тяжелых металлов, ядохимикатов и других токсичных веществ в речной воде. Их значения постоянно увеличиваются, а многие показатели органического загрязнения воды превышают предельно допустимые концентрации (ПДК).

Ниже Чардаринского водохранилища динамика многих поллютантов имеет импульсный характер. Это

связано с разовыми сбросами сточных вод промышленных предприятий и режимом орошения разных сельскохозяйственных культур. Более плавные внутригодовые изменения имеют такие загрязнители как нефтепродукты, гексахлоран, фтор, минеральные вещества. Во всех створах среднегодовые значения содержания пестицидов в воде превышают ПДК. В вегетационный период наблюдаются превышения в 1,5-3 раза. По мере продвижения вниз по течению уровень пестицидной загрязненности увеличивается. В створе ниже г. Кзыл-Орды содержание ДДТ и ДДД достигает в разные годы 3-5 ПДК, на территории современной дельты Сырдарьи содержание линдана и гексахлорана изменяется от 5-7 до 70-90 ПДК. В створе г. Казалинска отмечаются повышенные количества нефтепродуктов и органических веществ. В последние годы, по данным санитарно-гигиенических исследований отмечается повышение уровня бактериологического загрязнения речной воды, что приводит к росту заболеваемости населения инфекционными болезнями: брюшным тифом, гепатитом.

Приведенная выше информация позволяет получить общее представление о состоянии качества поверхностных вод в низовьях Сырдарьи. Однако задача заключается в выявлении причинно-следственных связей возникновения кризисной ситуации с тем, чтобы принимать эффективные меры по их устранению. Решение данной проблемы возможно, на наш взгляд, на основе использования методов многомерной статистики с обязательным содержательным анализом полученных результатов. Так, при использовании компонентного анализа появляется возможность с помощью главных компонент получить формальную запись процессов, формирующих экологическую ситуацию [1, 2, 3]. Глубина предметной интерпретации количественно выраженных результатов зависит во многом от уровня подготовки исследователя.

Компонентный анализ данных, характеризующих состояние поверхностных вод нижнего течения р. Сырдарьи в 1988 г., проведен по 18 режимным створам, каждый из которых характеризовался набо-

ром признаков, отражающих наличие основных загрязняющих веществ: суммарный азот ( $\Sigma N$ ), общий фосфор ( $\Sigma P$ ), фенол (Фе), нефтепродукты (Неф), смолы (См), синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), пестициды ( $\Sigma$  пест), тяжелые металлы (Си и Zn), а также общие характеристики качества воды - минерализация (М), процентное содержание растворенного кислорода ( $O_2$ ) и кислотно-щелочной показатель рН.

В результате обработки исходных данных выделены семь главных компонент, характеризующих 94,78 % суммарной дисперсии системы 18 объектов, описываемых 12 признаками, численные характеристики компонент приведены (табл. 2.). Для 18 объектов с числом степеней свободы 16, значимыми являются коэффициенты корреляции, превышающие значения 0,400 [4]. Поэтому каждая компонента описывается сокращенным набором признаков:

1. +  $\Sigma N$ ,  $O_2$ , рН, М, Zn,  $\Sigma$ пест, Си, См,  $\Sigma P$ , СПАВ, Неф;
2. + СПАВ, Неф, -Си, Zn,  $\Sigma P$ ,  $\Sigma$ пест;
3. + См, Неф;
4. + Фе,  $\Sigma$ пест, -рН,  $O_2$ ;
5. + М, - $\Sigma P$ ;
6. - Фе;
7. - Неф.

В приведенных формальных записях компонент признаки сгруппированы по знаку нагрузок. Одинаковые знаки перед признаками в компоненте свидетельствуют о прямых пропорциональных с модулем этих нагрузок совместных изменениях.

При разных знаках отображаются обратные изменения, когда рост содержаний поллютантов одной группы сопровождается уменьшением их содержаний в другой группе. Набор признаков в каждой компоненте, полученный по соотношению нагрузок на них, как раз и позволяет проводить содержательную интерпретацию. Знание миграционных свойств каждого поллютанта позволяет выявлять особенности процес-

Таблица 2

Матрица нагрузок главных компонент на признаки для 1988 года

Признаки	нагрузки на признаки для компоненты N						
	1	2	3	4	5	6	7
O <sub>2</sub>	0,793	0,263	0,013	-0,296	-0,020	-0,234	0,361
M	0,706	0,361	-0,241	-0,142	0,420	0,277	-0,092
ΣN	0,878	0,046	-0,238	-0,099	0,095	0,210	-0,135
ΣP	0,457	-0,457	-0,367	0,132	-0,605	0,170	-0,010
Fe	0,160	0,388	-0,404	0,669	0,198	-0,395	0,011
Неф	0,425	0,418	0,591	-0,034	-0,216	-0,199	-0,414
См	0,459	0,059	0,675	0,256	0,086	-0,372	0,314
СПАВ	0,441	0,642	-0,200	0,354	-0,231	0,325	-0,054
Cu	0,519	-0,675	0,161	0,069	0,257	0,035	-0,295
Zn	0,651	-0,656	-0,290	-0,074	0,082	-0,085	0,059
Σпест	0,609	-0,455	0,357	0,440	-0,024	-0,231	0,078
pH	0,761	0,302	0,020	-0,343	-0,180	-0,296	0,030

сов их переноса и переработки в водном потоке. Информацию о процессах дает анализ матрицы компонентных нагрузок, которая строится на основе обработки матрицы парных коэффициентов корреляции, т.е. на основе обработки взаимосвязей всех признаков, характеризующих водную экосистему. Традиционно применение компонентного анализа обычно ограничивают вычислением этой матрицы [5]. Вместе с тем его возможности этим не заканчиваются: решение обратной компонентной задачи - получение матрицы значений компонент для каждого объекта - позволяет получить пространственно дифференцированную характеристику и процессов миграции загрязняющих веществ, т.е. районировать территорию по интенсивности проявления этих процессов. Однако решение таких задач требует большой оперативной машинной памяти и применения языков программирования высокого уровня, использующих блочную структуру памяти. Несложный алгоритм вычисления этой матрицы обрастает довольно сложными программами и поэтому в наборах статистических программ обычно отсутствует. Примером может служить чаще всего применяемый STATGRAF. В данном исследовании применялись программы, приспособленные для решения задач районирования [6].

Первая главная компонента, описывающая 36,3 % суммарной дисперсии, содержит практически весь набор исходных признаков, причем большие нагрузки приходятся не только на загрязняющие вещества, но и на общие характеристики поверхностных вод. В эту компоненту не вошел только один признак - фенол, который часто относят к типичным представителям "свежих" сточных вод. Такой набор и соотношение признаков позволяет интерпретировать первую главную компоненту как формализованную запись процесса транспортировки загрязняющих веществ, сопровождающейся испарительной концентрацией (М) и обогащением воды кислородом ( $O_2$ ). В ней отображается та часть загрязняющих веществ, которая не успевает переработаться за счет процессов окисления. Нагрузки на загрязняющие вещества и на кис-

лород одинаковы, следовательно, растворенный кислород не участвует в окислении. Скорее всего, здесь преобладает транспортировка загрязняющих веществ носителями биогенного происхождения, возможно - коллоидами. Свидетельством этому является присутствие в этой компоненте суммарного азота, имеющего самую большую нагрузку в компоненте, и общего фосфора.

Распределение значений этой компоненты по створам показывает, что максимальные ее значения приходятся на створы, расположенные на р. Бадам - в с. Обручевка (2,112) и ниже свинцового завода (1,785). Повышенные значения этой компоненты свидетельствуют о наибольшей интенсивности переноса загрязняющих веществ в соответствующих створах реки. Такие значения отмечаются также в створах, расположенных на р. Сырдарье - в г. Кзыл-Орда (1,138), г. Чардара (1,125), а также на р. Арысь - с. Шенгельды. Минимальные количества общего загрязнения, отрицательные значения компоненты, отмечены в створах на р. Жебаглысу - с. Ново-Николаевка и на р. Баралдай - с. Васильевка, т.е. в предгорной зоне, как и следовало ожидать. Из сравнения значений компоненты по створам р. Сырдарьи видно, что интенсивность процесса биогенной транспортировки общего количества загрязнений из Узбекистана, створ в г. Чардара, меньше, чем местное загрязнение, т.е. Чардаринское водохранилище является в определенной мере гидродинамическим барьером на пути загрязняющих веществ.

Вторая главная компонента, характеризующая 19,3 % суммарной дисперсии, с положительными нагрузками объединила синтетические поверхностно-активные вещества, нефтепродукты, фенол. С отрицательными нагрузками объединились признаки, характеризующие сельскохозяйственное загрязнение поверхностных вод:  $\Sigma P$  - удобрения,  $\Sigma$ пест - обработка посевов,  $Cu$  и  $Zn$  - мелиоранты. Последние два признака также могут иметь сельскохозяйственное происхождение, поскольку семена риса обрабатывались  $Zn$  для повышения урожайности, а  $Cu$  как

составная часть медного купороса, применяется для обработки всходов риса. Высокая нагрузка на Zn возможна и из-за сбросов промышленных сточных вод свинцового завода, поэтому вторую главную компоненту можно интерпретировать как отображение начальной стадии переработки производственных загрязнителей как промышленных, так и сельскохозяйственных. Такая трактовка подтверждается также и распределением знаков и величин компонентных нагрузок (табл. 2). Признак самоочищения - растворенный кислород имеет противоположный знак именно с Cu, Zn,  $\Sigma P$  и  $\Sigma \text{пест}$ , а небольшая величина нагрузки на него характеризует начальную стадию процесса. В створах с большими по модулю отрицательными значениями этой компоненты - совместный рост значений Cu, Zn,  $\Sigma P$ ,  $\Sigma \text{пест}$  - количество растворенного кислорода уменьшается. Эта же компонента характеризует и разные скорости и характер переработки загрязняющих веществ, имеющих "нефтяное" происхождение, и остальных "производственных" загрязнителей.

Итак, области распространения отрицательных значений второй главной компоненты отображают участки с частично переработанным производственным загрязнением - окислением, т.е. это фактически места достаточно близко расположенные от источника производственного загрязнения, когда еще не происходит переработки загрязнений "нефтяного" происхождения. Последний факт и отмечают области положительных значений компоненты.

Наибольшие отрицательные значения второй главной компоненты приходятся на створы, расположенные на р.Бадам ниже свинцового завода (1,521) и в с. Обручевка (1,361), что свидетельствует о главной роли свинцового завода в производственном загрязнении низовий бассейна р.Сырдарья.

Третья главная компонента, характеризующая 12,5 % суммарной дисперсии 12 признаков системы из 18 створов, со значимыми, превышающими 0,400, нагрузками выделила только смолы, нефтепродукты и фенолы, причем первые два признака имеют положи-

тельные, а третий - отрицательный знак нагрузки. Кислород здесь имеет самую небольшую по модулю нагрузку, т.е. эта компонента описывает не окислительный процесс переработки, а, скорее, биогенный. Признаки, имеющие биогенное происхождение -  $\Sigma N$  и  $\Sigma P$  - в этой компоненте имеют отрицательный знак нагрузок, т.е. третья главная компонента характеризует биогенную переработку смол и нефтепродуктов, с одной стороны, и транспортировку фенолов носителями биогенного происхождения, с другой. Такая интерпретация вытекает из соотношения знаков и величин нагрузок: одинаковый их знак у фенола и "биогенных" признаков свидетельствует о совместном росте и уменьшении содержаний этих признаков.

Самые большие положительные значения этой компоненты приходятся на створы, расположенные на р. Бадам - с. Обручевка (2,016), р. Кокбулак - с. Пистели (1,928), р. Арысь - с. Шенгельды (1,000). Наибольшие отрицательные значения третьей главной компоненты отмечены в створах на р. Сырдарье - г. Чардара (1,259) и г. Казалинск (1,071) и на р. Бадам ниже свинцового завода (1,764).

Четвертая главная компонента, объясняющая 9,1 % суммарной дисперсии 12 признаков системы из 18 створов, со значимыми положительными нагрузками объединила только Fe и  $\Sigma$ пест. Кислород имеет отрицательную нагрузку, следовательно, эта компонента характеризует процессы самоочищения поверхностных вод (окисление) фенолов и пестицидов. Самые большие положительные значения компонента имеет в створе на р. Сырдарье - г. Чардара (2,205) и р. Бадам - с. Обручевка (1,164).

Пятая главная компонента, описывающая 6,70 % суммарной дисперсии, со значимыми нагрузками выделила минерализацию - положительный знак и общий фосфор - отрицательный, т.е. эта компонента характеризует увеличение минерализации и поступление в поверхностные воды фосфора различного происхождения. Самые большие положительные значения эта компонента имеет в створе на р. Сырдарье ниже г. Кзыл-Орда.

Шестая (6,40 %) и седьмая (4,40 %) главные компоненты со значимыми нагрузками выделены только по одному признаку, поэтому области отрицательных значений шестой главной компоненты отмечают створы с повышенным содержанием фенолов, а седьмой - нефтепродуктов.

Главные компоненты описывают преимущественно транспортировку загрязняющих веществ. Процессы их переработки дают весьма малый вклад - немного больше 21 % в суммарную дисперсию признаков. Такая картина характерна для 1988 г. Запись компонент, отражающая наиболее тесные взаимосвязи между исходными признаками, свидетельствует, что к построению индекса загрязнения нельзя подходить с позиций выборочных загрязнителей. Как показывают результаты компонентного анализа все они участвуют в формировании качества воды и процессах переноса, т.е. более полное представление о степени загрязненности реки даст суммирование отношений концентраций всех загрязнителей к их предельно допустимым концентрациям. Такая комплексная оценка не вызывает затруднений в случае полного набора определений показателей, однако значительная их стоимость требует построения других оценок. Здесь незаменимы методы многомерной статистики: с одной стороны, с их помощью можно установить степень адекватности различных индексов по охвату суммарной дисперсии загрязняющих поллютантов, а другой стороны, они позволяют перейти к районированию по интенсивности процессов переноса, которые полнее отражают экологическое состояние бассейна. Для снижения затрат на получение исходной информации можно привлечь различные способы ее восполнения, опять-таки на основе установленных взаимосвязей. Классическая модель компонентного анализа относится к классу описательных статистических моделей. Она способна дать объективную картину гидрогеохимической обстановки на определенный момент времени, но не приспособлена для прослеживания развития процессов переноса.

са и переработки загрязнителей во времени по режимным данным. Последовательная статистическая обработка не решает проблемы, т.к. разница в величинах нагрузок на признаки не позволяет сравнивать между собой значения компонент в точках опробования, характеризующих интенсивность проявления процессов. Выход нам представляется в совмещении возможностей двух классических методов - оценки скорости продвижения границы очага загрязнения по изолинейным картам динамики концентраций и характеристики процесса загрязнения на основе компонентного анализа. С этой целью разработан метод стандартных нагрузок, суть которого заключается в том, что гидрогеохимическая обстановка на какой-то момент времени выбирается за стандартную и интенсивность процессов, ее формирующих, сравнивается с интенсивностями на все остальные моменты времени [6]. Математически это выражается в выборе матрицы стандартных компонентных нагрузок ( $A_{CT}$ ) и расчете матрицы значений компонент в точках опробования для всех моментов времени в системе этих нагрузок -  $F_t(A_{CT})$ . Таким образом обеспечивается сравнимость статистических результатов.

Очень простой вывод алгоритма этого метода строится на записи модели компонентного анализа в системе стандартных нагрузок ( $A_{CT}$ ):

$$Y_t [M \times N] = A_{CT} [M \times Q] * F_t(A_{CT}) [Q \times N],$$

где  $Y_t [M \times N]$  - нормированная матрица исходных данных на определенный момент времени  $t$ ,  $M$  - число признаков,  $N$  - число объектов,  $Q$  - число главных компонент, которое обеспечивает учет заранее заданной доли суммарной дисперсии системы, определяющей точность модели.

Решая это уравнение методами матричной алгебры, получим алгоритм метода стандартных нагрузок:

$$F_t(A_{CT})[Q \times N] = L_{CT}^{-1}[Q \times Q] * A_{CT}'[Q \times M] * Y_t[M \times N],$$

где  $L_{CT}^{-1}$  - диагональная матрица собственных чисел матрицы парных коэффициентов корреляции признаков исходной стандартной матрицы. Запись алгоритма показывает, что на разные моменты времени должно совпадать только число признаков, число же объектов (створов) может и не совпадать, т.е. алгоритм применим для случая расширения наблюдательной сети, в этом случае только желательно выбирать стандартную матрицу по наиболее полным данным. С помощью реализующей этот алгоритм программы, написанной программистом Т.Ф.Савиной, были просчитаны гидрогеохимические данные на 1983 г, причем за стандартную была выбрана матрица компонентных нагрузок на 1988 г.

Поскольку положение створов для этих двух моментов времени совпадает лишь частично, в таблице 3 приводятся значения компонент только для этих створов. Как видно из данных таблицы 3, общее загрязнение воды в 1983 году выше, чем в 1988 году во всех створах, кроме створов, расположенных на р.Сырдарье в гг. Чардара и Кзыл-Орда. Во всех створах отмечилась гораздо большая интенсивность транспортировки загрязняющих веществ, причем увеличение это весьма значительное.

Значения первой главной компоненты на 1983 г. в створе р. Сырдарья - с. Кокбулак составили 11,588, р. Бадам - с. Обручевка - 5,009, р. Келес - с. Степное - 4,027, т.е. в 1988 году обстановка улучшается везде кроме Чардаринского водохранилища и г. Кзыл-Орда.

Вторая главная компонента на 1983 г. во всех общих створах имеет положительное значение, т.е. условия для начальной стадии переработки производственных загрязнений в 1988 г. лучше, чем в 1983 г. Третья главная компонента везде, кроме створа на р. Бадам, показала увеличенную, по сравнению с 1988 г., биогенную переработку смол и нефтепродуктов, а четвертая - большую интенсивность окисления Fe и Σпест. Интенсивность процес-

Таблица 3

Сравнение значений главных компонент  
на 1988 и 1983 гг. в стандартной системе

Расположение гидрометрического поста	Значения главных компонент по годам							
	1		2		3		4	
	1988	1983	1988	1983	1988	1983	1988	1983
Сырдарья-Кокбулак водохранилище -	0,480	11,588	0,773	9,376	0,758	29,361	-0,494	36,103
г. Чардара	0,958	0,634	0,077	0,569	-0,409	0,902	-1,260	-1,115
р. Сырдарья - г. Кзыл-Орда	1,138	0,732	-1,314	0,213	-0,084	2,293	-1,016	0,239
р. Сырдарья - г. Казалинск	0,626	0,624	1,434	0,403	-1,071	1,531	0,796	-0,443
р. Келес - с. Степное	0,621	4,027	0,693	2,123	-0,594	11,761	-0,427	7,035
р. Бадам - с. Обручевка	2,112	5,009	-1,361	10,355	2,016	-9,881	1,164	38,274

са транспортировки в 1983 году выше, чем в 1988 году и поэтому несмотря на более интенсивное самоочищение, можно считать, что в 1983 г. общая загрязненность выше, по сравнению с 1988 г. Таким образом подтверждаются факты, отмеченные в первой части статьи на основе анализа режимных данных по отдельным составляющим и сопоставлением их графиков. В задаче приведено сравнение лишь двух матриц, хотя такое сопоставление возможно для всего периода наблюдений.

Компонентный анализ определений поллютантов дает возможность оценить иерархию процессов их переноса с водным стоком и районировать территорию бассейна реки по степени интенсивности этих процессов, а метод стандартных нагрузок позволяет сравнивать между собой как состояния водных экосистем за разные периоды наблюдений, так и различные в экологическом отношении участки бассейна, поскольку за стандарт можно выбрать самый благополучный.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богачев В.П., Павличенко Л.М., Попов Ю.М. Комплексная оценка качества природных вод: подходы и методы // Вестник КазГУ. Серия географическая. - Вып. 2. - 1995. - С. 151-162.
2. Иберла К. Факторный анализ. - М.: Статистика, 1980. - 398 с.
3. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. - М.: Мир, 1981. - 252 с.
4. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. - М.: Наука, 1983. - 416 с.
5. Созинов А.А. Комплексная оценка и классификация качества вод экосистемы Дуная // Водные ресурсы, 1993. - Т. 20. - N 4. - С. 552-560.
6. Павличенко Л.М. Система многомерных статистических моделей анализа неполных эколого-гидрогеологических данных // Вопросы изучения водных ресурсов Центральной Азии. Алматы: Гылым, 1993. - С. 89-103.

7. Кузнецов Н.Т., Клюканова И.А., Николаева Р.В.  
Некоторые гидрологические аспекты Аральского  
моря // Водные ресурсы, 1978. - N 1. - С.72-82.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

Казахский Государственный Национальный  
Университет им. аль-Фараби

СУДЫҢ САПАСЫНА КЕШЕНДІ БАҒА  
БЕРУ ҮШІН СЫРДАРИЯ ӨЗЕНІНІҢ  
ЛАСТАНУЫН ЗЕРТТЕУ

Ауыл-ш. ғ. канд. Ю.М.Попов  
Техн. ғ. канд. Л.М. Павличенко  
Ауыл-ш. ғ. канд. В.П. Богачев

Сырдария ө. суының азаюынан лай мен салындылар ағысының өзгерістері талданады. Көп өлшемді статистикалық әдісін қолдану негізінде иерархиялы тасымалдық процестер моделі құрылады және жер үсті суының ағыстық екіпіні дәрежесі бойынша өзен сағасындағы аудандарда өзін өзі тұндырады.