

## Моделирование и усовершенствование методов мониторинга коллекторно-дренажного стока Республики Узбекистан

Д. Матрасулов, Р.А. Кулматов  
Национальный Университет Узбекистана

Несовершенства действующей оросительной сети и применяемых способов орошения, при которых избежать потерь воды невозможно, привели к образованию огромного количества возвратного стока в странах бассейна Аральского моря.

В последние годы среднегодовой возвратный сток, состоящий из дренажных и сбросных вод от орошения, промышленности и коммунальных пользователей изменялся от 28,0 км<sup>3</sup> до 34,5 км<sup>3</sup>. Из них 13,5-15,5 км<sup>3</sup> ежегодно формируется в бассейне реки Сырдарьи, а 16-19 км<sup>3</sup> - в бассейне реки Амударьи. Среднегодовой объем возвратных вод в целом для региона составляет 32-33 км<sup>3</sup>.

Общая длина коллекторно-дренажной сети примерно 191,9 тыс. км.

От общего объема стока возвратных вод около 95% составляют сельскохозяйственные коллекторно-дренажные воды, 5% - неочищенные сточные воды от бытового и промышленного секторов. Коллекторно-дренажные воды сильно минерализованы (от 2 до 3г/л с апреля по сентябрь, и 5-12 г/л в осенний и зимний периоды) и содержат в своем составе токсичные соли, остатки минеральных удобрений и пестицидов. В целом по бассейну Аральского моря от общего возвратного стока повторно для орошения используется около 15%, более 50% сбрасывается в реки. Следовательно, возвратные воды также являются и главным источником загрязнения поверхностных и подземных водных источников в регионе.

Повышенная минерализация и плохое качество дренажных вод ограничивает их повторное использование, особенно для орошения.

От общего объема возвратных вод региона около 60% образуются на территории Узбекистана. Из них на орошение используется 6% , сброс в реки составляет 29%, и более 65% отводится в местные понижения.

Годовой объем сбрасываемых солей в составе возвратных вод оценивается более 70-80 млн.т.

В целом по региону около 30% сельскохозяйственных возвратных вод стекает в естественные понижения.

Из-за сброса возвратных дренажных вод в естественные бессточные понижения образовалось много искусственных озер, водоемов различных объемов и размеров.

Наиболее крупными искусственными озерами такого типа являются Айдар-Арнасайская система озер с объемом более 42 км<sup>3</sup> (на территории Узбекистана), оз. Сарыкамыш с объемом около 100 км<sup>3</sup> (на территории Туркменистана), озера Денгизкуль, Соленое, Судочье (на территории Узбекистана) и ряд менее емких, содержащих до несколько сот миллионов кубометров воды. Эти водоемы, как правило, беспроточные, имеют низкую рыбопродуктивность, фауна и флора в них очень слабо развиваются из-за нестабильности водно-солевого режима течение года.

Поэтому особое значение приобретает упорядоченное управление использованием и поддержанием экологического состояния подобных водоемов, сохранение их водной флоры и фауны. Соответствующие меры должны быть разработаны с позиций, обеспечивающих экологическое равновесие, и, в то же время, гарантирующих возможность дополнительного использования водных ресурсов, не допуская их дальнейшего истощения и загрязнения.

В результате увеличения объема притока возвратных вод в настоящее время под уровнем воды уже находятся плодородные земли, пастбище и некоторые инженерные сооружения (например, часть газодобывающих скважин месторождения

Денгизкуль). Наблюдается поднятие уровня грунтовых вод и заболачивание пригодных для сельского хозяйства земель.

Образовавшиеся озера занимают значительные площади плодородных земель (более 1млн. га), ранее использованные под пастбища; являются источником испарения большого количества водяного пара, что приводит, в свою очередь, к развитию «парникового эффекта», изменению климата в регионе, и безвозвратного потери воды.

В результате сброса коллекторно-дренажных стоков образованные искусственные озера являются путями миграции перелетных птиц, В Арнасайской системе озер и на пустынных землях вокруг существуют очень благоприятные экологические условия для развития растениеводства и интенсификации рыбного хозяйства, включая аквакультуру. При правильном выборе солеустойчивых растений и организации соответствующей техники орошения, возможно развитие кормопроизводства и производство других продуктов растениеводства. Однако, развитие земледелия ограничено из-за пересеченности рельефа и относительно высоких отметок орошаемых площадей относительно горизонта воды, что, в частности, наблюдается вокруг Айдар-Арнасайской системы озер со стабильным объемом воды около 40 км<sup>3</sup>, минерализация которой колеблется от 2 до 6,5 г/л.

Следует также особо отметить то, что, с другой стороны, эти водоемы имеют важное значение для сохранения экологической безопасности как в стране, так и в регионе.

Таким образом, скопление огромного количества сильно минерализованных и загрязненных токсичными различными солями, пестицидами, остатками минеральных удобрений, тяжелых металлов, пестицидов возвратных вод отрицательно влияет на окружающую среду и может представлять собой серьезную экологическую проблему для страны и региона .

Разработка рекомендаций по уменьшению объема, повторному использованию или утилизации, и охране вышеуказанных возвратных сельскохозяйственных стоков позволили бы решить или в значительной мере ослабить вышеупомянутые экологические и социально-экономические проблемы, как в стране, так и в регионе.

В докладе приводятся данные авторов по количественной оценка современного состояния и прогнозирование на будущее качества и количества возвратных вод, а также образованных вследствие сброса возвратных вод искусственных озер.

Для разработки и получения компьютерной модели коллекторно-дренажной сети Республики Узбекистан использовано несколько подходов, таких как подход, на основе теории графов и так называемые сети Петри [1-5 ]. Сети Петри в настоящее время являются широко используемым инструментом для моделирования различных систем в прикладной математике, физике, экономике, биологии, а также в экологии, где рассматривается система, состоящая из многих подсистем, связанных друг с другом определенными «каналами» и образующими тем самым некую сеть. Понятие «сети Петри» появилось в 1962 г., когда немецкий математик Карл Адам Петри ввел новую концепцию для описания общих независимостей между условиями и событиями в своей диссертации. Основными компонентами сетей Петри, используемыми при моделировании, являются позиции (places) и переходы между ними (transitions). Позиция – это какое-либо состояние сетей Петри, а переходы соответствуют каким-либо событиям, изменениям (действию или операции) сетей Петри.

Математически сеть определяется как структура, состоящая из двух конечных систем, системы позиций и системы переходов, и бинарного соотношения, которое описывает связь (сотрудничество) позиций и переходов, и наоборот. Возможность представления сети в форме двухстороннего графа с двумя типами точек, соответствующих позициям, и переходам, и пределы, описывающие зависимости

между позициями и переходами, рассматриваются как важная особенность моделей сетей Петри.

Моделирование в сетях Петри осуществляется на событийном уровне. Определяются, какие действия происходят в системе, какие состояния предшествовали этим действиям и какие состояния примет система после выполнения действия. Выполнения событийной модели в сетях Петри описывает поведение системы. Определенная комбинация условий может стимулировать определенное событие, которое вызовет в свою очередь изменение условий.

Разработанные компьютерные модели учитывают различные параметры, характеризующие качество воды коллекторно-дренажной сети, а также эффекты взаимодействия стока с окружающей средой.

#### Литература

1. Antonio Bueno, Valentin Valero, Fernando Cuartero. A translation of TPALp into a class of timed-probabilistic Petri nets. *Theoretical Computer Science* 338 (2005) 350–392
2. PETER J. E. GOSS, JEAN PECCOUD. Quantitative modeling of stochastic systems in molecular biology by using stochastic Petri nets. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Vol. 95, pp. 6750–6755, June 1998, Biochemistry.
3. Ph. Darondeau. Equality of languages coincides with isomorphism of reachable state graphs for bounded and persistent Petri nets. *Information Processing Letters* 94 (2005), 241–245
4. T. Murata, Petri nets: properties, analysis and applications, *Proc. IEEE* 77 (1989) 541–580.
5. Fanti MP, Maione B, Turchiano B (2000) Comparing digraph and Petri net approaches to deadlock avoidance in FMS. *IEEE Trans Syst Man Cybern B* 30(5):783–798