

Рис. 6. Кластеризация узлов (свободных напоров и отборов), отказ участка (3–4), Кингисепп

### Выводы

Использование методов кластеризации и нейронных сетей является эффективным средством анализа работы систем водоснабжения.

Анализ результатов позволяет сделать выводы о характере работы системы в штатных и аварийных ситуациях.

1. Дьяконов В. П., Круглов В. В. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2 + Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. Серия «Библиотека профессионала». – М.:

Солон-Пресс, 2006. – 456 с.

2. Карамбиров С. Н. Новые подходы в моделировании и оптимизации трубопроводных систем. Основы, концепции, методы. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 355 с.

3. Карамбиров С. Н. Математическое моделирование систем подачи и распределения воды в условиях многорежимности и неопределенности: монография. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2004. – 196 с.

Материал поступил в редакцию 11.04.14.

*Карамбиров Сергей Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные технологии в строительстве»*

Тел. 8 (499) 153-97-66

E-mail: karamba.msuee@mail.ru

*Мордясов Михаил Александрович, кандидат технических наук, зав. лабораторией трубопроводных систем и сооружений, член корреспондент академии ЖКН России, эксперт ГУ РИНКЦЭ*

Тел. 8 (495) 491-94-46

Моб. 8-903-961-03-52

*Буркова Юлия Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии в строительстве»*

Тел. 8 (499) 153-97-66

E-mail: burkova.msuee@mail.ru

УДК 502/504:556.04

**Н. Л. ФРОЛОВА, Н. И. АЛЕКСЕЕВСКИЙ, В. А. ЖУК**

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

## МОНИТОРИНГ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ\*

*Предложены рекомендации по совершенствованию мониторинга гидрологических процессов. Рассмотрены примеры решения данной задачи для различных опасных гидрологических явлений.*

*Опасные гидрологические процессы, мониторинг.*

*Recommendations about improvement of monitoring of hydrological processes are offered. Examples of the solution of this task for the various dangerous hydrological phenomena are reviewed.*

*Dangerous hydrological processes, monitoring.*

\* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-05-00113), гранта Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских вузах (проект № 11.G. 34.31.0007), ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах»

Водные объекты и их ресурсы играют исключительную роль в современном социально-экономическом развитии регионов страны. Естественные и антропогенные изменения характеристик их режима часто приводят к риску негативного воздействия вод на население и хозяйство. Предупреждение или уменьшение этих рисков, повышение безопасности водопользования во многом зависит от эффективности современного и будущего мониторинга состояния водных объектов.

Цель статьи – разработка путей совершенствования системы мониторинга гидрологических процессов для обеспечения экономически эффективного и экологически безопасного использования водных объектов. Требования обеспечения безопасности водопользования соответствуют ряду условий, выражающих ограничения на допустимые изменения параметров состояния водного объекта в течение расчетного периода. Часть ограничений определена природными условиями. Другая их часть определена специфической хозяйственной деятельностью. В любом случае гидрологический мониторинг (ГМ) – условие, обеспечивающее безопасность и надежность водопользования, получение экономически эффективных и экологически безопасных вариантов водохозяйственных решений [1]. Гидрологический мониторинг водных объектов включает следующие функции: регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, количественными и качественными показателями состояния водных ресурсов, режимом использования водоохраных зон; сбор, обработку и хранение сведений, полученных в результате наблюдений; внесение сведений, полученных в результате наблюдений, в государственный водный реестр; оценку и прогнозирование изменений состояния водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов [2]. Проведение регулярных наблюдений позволяет оценить современные тенденции изменения состояния бассейна и водных объектов, разработать соответствующие прогнозы (режимный мониторинг), получить оперативные сведения о гидрологических процессах (оперативный мониторинг).

Существующая система пунктов гидрологического мониторинга на территории России вполне эффективна для выявления закономерностей многолетних изменений стока и гидрологического режима рек [3]. В меньшей степени она эффективна в от-

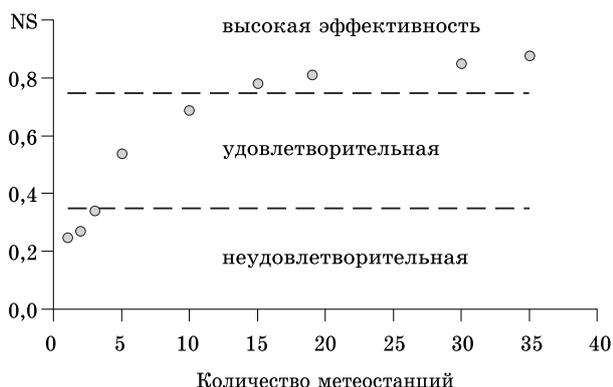
ношении своевременного выявления опасных гидрологических явлений. Размеры территории нашей страны, обилие водных объектов, разнообразие природных условий, механизмов возникновения опасных гидрологических явлений, способов хозяйственного использования водотоков и водоемов существенно затрудняют создание развитой, эффективной и экономичной сети гидрологических наблюдений. Решение этой задачи требует оптимизации существующей сети наблюдений, определения целесообразности организации дополнительных пунктов наблюдений для контроля над опасными гидрологическими явлениями, использования новых технологий математического моделирования и дистанционного зондирования, совершенствования методов гидрологических прогнозов и расчетов.

Пути совершенствования систем оперативного мониторинга в задачах контроля над формированием максимального стока изучены для бассейна Северной Двины [1]. Они базируются на развитии программно-информационных средств, геоинформационных систем для речных бассейнов и участков рек. Использование расчетных данных, дистанционного зондирования позволяет оценить риск затопления пониженной части речной долины, выполнить ее зонирование по степени опасности для населения и хозяйства. Такой вариант организации оперативных наблюдений за состоянием рек эффективен для отдельных, наиболее ответственных участков речных долин. Он дополняется применением методов математического моделирования и гидрологического прогнозирования не только затопления освоенной местности, но и вскрытия рек, гидрографов половодья и максимальных уровней.

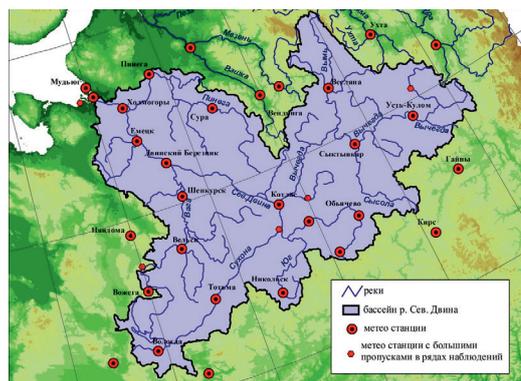
Для оптимизации системы мониторинга процессов затопления пойменных территорий можно использовать экономические критерии. Стоимость совершенствования системы наблюдений должна окупаться за счет получаемого экономического и информационного эффекта. Исследования эффективности модели формирования стока в бассейне Северной Двины при использовании разного (от 35 до 3) числа метеорологических станций показали, что существует избыточность метеорологической информации [4]. Зависимость качества моделирования от количества используемых в расчетах метеостанций на водосборе Северной Двины (Усть-Пинега) показана на рисунке. С помощью программного комплекса ECOMAG

проводилось моделирование гидрографов стока за 2000–2009 годы. Оказалось, что оптимальное соответствие между расчетными

и фактическими расходами воды обеспечивают данные наблюдений уже на 5...10 пунктах мониторинга.



**Изменение качества моделирования стока по критерию Нэша–Сатклиффа NS (слева) в зависимости от количества метеостанций на водосборе Северной Двины (справа) [5]**



Особое значение имеет совершенствование мониторинга качества воды, особенно на реках, которые являются источником питьевого водоснабжения. Качество воды зависит от постоянно существующих и эпизодически возникающих источников загрязняющих веществ, а также от величины водных ресурсов. В бассейне Верхней Москвы, например, надежность водоснабжения зависит от режима наполнения и сработки московских водохранилищ, стока и качества воды ниже водохранилищ. Вероятность и мера воздействия на качество воды зависит от величины и интенсивности поступления в реку загрязняющих веществ примерно от 50 рекреационных объектов, 300 животноводческих комплексов, птицефабрик, расстояния от этих источников до станций водоподготовки, стока воды в главной реке и ее притоках.

Несмотря на относительно большое число ведомственных пунктов гидрохимического мониторинга, проблема быстрого выявления последствий аварий связана с ограниченным числом станций контроля и периодичностью измерений. Разрешение проблемы требует оборудования участков реки станциями автоматического и непрерывного контроля качества воды в некоторых оптимальных створах (ниже устья Малой Истры, ниже слияния Рузы и Москвы, Москвы и Истры). Для оперативного и режимного мониторинга качества воды полезен программный комплекс для моделирования переноса загрязняющих примесей вдоль русла главной реки и ее основных притоков [5]. Он позволяет, в частности, выбирать водохранилище, попуск из которого способен оказывать необходимое разбавляющее воздействие. При наличии сведений об объеме и продолжи-

тельности поступления загрязняющей примеси программный комплекс обеспечивает получение оценок изменения концентрации примеси во времени и по длине реки. Одновременно определяется скорость достижения примесью водопроводной станции, продолжительность этого процесса, степень снижения начальных концентраций примеси под влиянием процессов разбавления и самоочищения.

Современный гидрологический мониторинг включает мониторинг деформаций дна и берегов рек. От этих процессов зависит безопасность социальных и производственных объектов в руслах и на берегах рек. Отсутствие теоретических разработок в отношении выбора района производства наблюдений, их состава и частоты затрудняет организацию наблюдений за процессами разрушения берегов, размыва или занесения (заиления) русел водотоков. Исследования на российско-китайском участке долины Аргуни доказали острую необходимость изучения направленности и интенсивности русловых процессов, значимость организации руслового мониторинга на российско-китайском участке реки в связи с задачами обеспечения стабильности государственной границы между Россией и Китаем [6].

**Выводы**

Для различных видов водопользования существует набор гидрологических ограничений, которые определяют возможность экономически эффективного и экологического водопользования, потребности в водных ресурсах различных отраслей хозяйства, стандарты приемлемого состояния водных объектов и сохранения водных экосистем, обеспечивая безопасность населения и хозяйственных

объектов. Эти ограничения могут варьировать во времени вследствие изменения климата и антропогенных нагрузок. Контроль за происходящими изменениями составляющих речного стока, за условиями водопользования на территории России должна обеспечивать современная и эффективная система гидрологического мониторинга, которую еще предстоит создать.

1. **Алексеевский Н. И., Фролова Н. Л., Христофоров А. В.** Мониторинг гидрологических процессов и повышение безопасности водопользования. – М.: Географический ф-т МГУ, 2011. – 367 с.

2. **Водный Кодекс Российской Федерации.** – М.: Изд-во «Право и закон», 2007. – 64 с.

3. **Формирование современных ресурсов поверхностных и подземных вод Европейской части России / Р. Г. Джамалов [и др.] // Водные ресурсы.** – 2012. – № 6. – С. 571–589.

4. **Антохина Е. Н., Жук В. А.** Применение ИМК ЕСОМАГ для моделирования стока воды с различных по площади водосборов // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление.* – 2011. – № 4. –

С. 17–32.

5. **Оптимизация мониторинга факторов формирования стока и качества воды при обеспечении надежности водоснабжения города Москвы / Н. И. Алексеевский [и др.] // Гидроэкология: теория и практика. Проблемы гидрологии и гидроэкологии.** – Вып. 2. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – С. 269–292.

6. **Болгов М. В., Фролова Н. Л., Алексеевский Н. И.** Оценка возможных последствий переброски стока реки Аргунь в озеро Далайнор (КНР) // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление.* – 2012. – № 4. – С. 103–118.

Материал поступил в редакцию 10.04.13.

**Фролова Наталья Леонидовна,** доктор геологических наук, профессор кафедры «Гидрология суши»

*E-mail: frolova\_nl@mail.ru*

**Алексеевский Николай Иванович,** доктор геологических наук, профессор, зав. кафедрой «Гидрология суши»

*E-mail: n\_alex50@mail.ru*

**Жук Виктор Архипович,** кандидат геологических наук, доцент кафедры «Гидрология суши»

*E-mail: vajouk@rambler.ru*

УДК 502/504:626.83

**Д. С. БЕГЛЯРОВ, Э. С. БЕГЛЯРОВА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»  
Институт природообустройства имени А. Н. Костякова

**Д. Ш. АПРЕСЯН**

ОАО «Мосинжпроект»

## **РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПУСКА ОСНОВНОГО АГРЕГАТА НА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ КОМСОМОЛЬСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

*Излагаются вопросы, связанные с переходными процессами в напорных системах водоподдачи при пуске насосов. Приводятся расчетно-теоретические исследования автоматического пуска основного насосного агрегата.*

*Напорная система водоподдачи, насосная станция, насос, напорный трубопровод, обратный клапан, переходные процессы.*

*There are stated questions connected with transients in pressure head systems of water supply when pumps starting up. Design-theoretical researches of the automatic startup of the main pump aggregate are given.*

*Pressure head system of water supply, pump station, pump, pressure head pipeline, back-pressure valve, transients.*