

---

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
«РОСАТОМ»**

---

**САМОРЕГУЛИРУЕМАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО  
«ОБЪЕДИНЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИЙ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ  
ПРИ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ,  
РЕКОНСТРУКЦИИ, КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ»  
«СОЮЗАТОМГЕО»**

---

**Утверждено**  
решением общего собрания членов  
СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО»  
Протокол № 11 от 12 февраля 2016 года

**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОБЪЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
Требования к научному сопровождению инженерных изысканий.  
Оценка достаточности водных ресурсов для технического  
водоснабжения АС**

**СТО СРО-Г 60542954 00010 -2016**

**Москва  
2016**

## **Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом № 162 от 29.06.2015 № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации», Федеральным законом от 27 декабря 2001 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и Федеральным законом от 1 мая 2007 г. № 65-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О техническом регулировании», а правила применения стандарта организации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

### **Сведения о стандарте**

- 1 РАЗРАБОТАН ООО «Центр технических компетенций атомной отрасли»
- 2 ВНЕСЁН Советом СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО»
- 3 УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ Протоколом общего собрания СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО» № 11 от 12 февраля 2016 г.
- 4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения Госкорпорации «Росатом» и СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО»

## Содержание

1 Область применения .....	1
2 Нормативные ссылки .....	2
3 Термины и определения .....	2
4 Сокращения.....	6
5 Общие положения .....	6
6 Основные требования к научному сопровождению исследований по оценке достаточности водных ресурсов.....	8
7 Определение расчётных характеристик режима уровней водоёмов .....	13
8 Определение расчётных гидрологических характеристик на основе моделирования временных рядов составляющих водного баланса .....	15
9 Инженерно-гидрогеологическое обоснование использования подземных вод .....	18
Приложение А (рекомендуемое) Состав гидрологических исследований и расчётов, требующих проведения научного сопровождения при оценке достаточности водных ресурсов для различных типов ИТВ .....	21
Приложение Б (рекомендуемое) Методические рекомендации по групповому анализу рядов наблюдений за речным стоком .....	23
Приложение В (рекомендуемое) Стохастическое моделирование временных рядов.....	27
Приложение Г(рекомендуемое) Основные принципы организации резервного технического водоснабжения на основе использования подземных вод.....	30
Библиография .....	33

## 1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт организации устанавливает общие требования к научному сопровождению инженерных изысканий при оценке (гидрологическом обосновании) достаточности водных ресурсов суши для любых систем технического водоснабжения атомных станций, включая потребности продувки системы технического водоснабжения или других технологических нужд, предусмотренных в проекте АС.

1.2 Настоящий стандарт организации распространяется на научное сопровождение инженерно-гидрометеорологических и инженерно-геологических изысканий потенциальных источников технического водоснабжения АС на основе использования водных объектов суши (водотоки, естественные водоемы и подземные воды), для которых характерны короткие или не репрезентативные ряды режимных гидрометрических наблюдений.

1.3 Настоящий стандарт организации следует использовать для обоснования достоверности расчётных гидрологических и гидрогеологических характеристик при разработке:

- раздела «Особые условия» программы инженерных изысканий в части научного сопровождения инженерно-гидрометеорологических изысканий с учетом требований СП 47.13330.2012;

- главы 2 «Характеристика района и площадки АС» предварительного отчёта по обоснованию безопасности с учетом требований НП-006-98, ПНАЭ Г-01-036-95 [1];

- обоснования инвестиций, включая оценку воздействия на окружающую среду в части экологически допустимых объёмов изъятия водных ресурсов;

- предложений по оптимизации продолжительности инженерно-гидрометеорологических изысканий.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р 50779.10-2000, ИСО 3534-1-93 Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения

СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\*

СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил и/или классификаторов) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по опубликованным в текущем году выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты». Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с

соответствующими определениями:

**3.1 атомная станция:** Ядерная установка для производства энергии в заданных режимах и условиях применения, располагающаяся в пределах определенной проектом территории, на которой для осуществления этой цели используется ядерный реактор (реакторы) и комплекс необходимых систем, устройств, оборудования и сооружений с необходимыми работниками (персоналом).

[НП-001-97] [2]

**3.2 водные ресурсы:** Поверхностные и подземные воды, которые находятся в водных объектах и используются или могут быть использованы.

[Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ] [3]

**3.3 водный баланс:** Соотношение прихода и расхода воды с учетом изменения ее запасов за выбранный интервал времени для рассматриваемого объекта.

[ГОСТ 19179-73]

**3.4 водоём:** Водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием.

[ГОСТ 19179-73]

**3.5 водозаборные сооружения инфильтрационного типа:** Скважины, шахтные колодцы или горизонтальные водозаборы, располагаемые вдоль рек с берегами, сложенными песчаными или песчано-гравелистыми водовмещающими породами.

**3.6 водоток:** Водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности.

Примечание – Постоянный водоток, характеризуется движением воды в сформированном русле в течение всего года или большей его части, а временный водоток - в меньшую часть года.

[ГОСТ 19179-73]

**3.7 водохозяйственный баланс:** Количественное сопоставление водных ресурсов с потребностями в воде различных отраслевых водопотребителей и водопользователей (коммунальные службы, энергетика, рыбное хозяйство, водный транспорт и другие отрасли) в пределах экономического района или водного бассейна.

**3.8 гидрограф:** Хронологический график изменения расходов воды в данном створе водотока.

[ГОСТ 19179-73]

**3.9 достоверные результаты (характеристики):** Результаты (характеристики), эмпирически подтверждённые специальными экспериментами (расчётами) или другой общественно-производственной практикой, не требующие дополнительной проверки.

**3.10 источник технического водоснабжения:** Природный или антропогенный поверхностный водоем (море, озеро, водохранилище), река или подземные воды, обеспечивающие забор необходимого количества воды в течение длительного времени.

**3.11 застройщик:** Физическое или юридическое лицо, обеспечивающее на принадлежащем ему земельном участке строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства, а также выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации для строительства, реконструкции и капитального ремонта.

Федеральный закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ [4].

**3.12 каптажные сооружения (каптаж):** Устройства (колодцы, скважины и другие сооружения), позволяющие собирать и выводить подземные воды на поверхность для их измерения или использования.

**3.13 научное сопровождение инженерных изысканий:** Исследования научно-аналитического, методического, информационного, экспертного и организационного характера сложных природных процессов и явлений на

площадке размещения ОИАЭ, проводимые субъектами научно-технической деятельности в процессе инженерных изысканий.

**3.14 научно-техническая деятельность:** Деятельность, направленная на получение, применение новых знаний для решения технологических, инженерных, экономических, социальных, гуманитарных и иных проблем, обеспечения функционирования науки, техники и производства как единой системы.

[Федеральный закон от 23.06.1996 № 127-ФЗ] [5]

**3.15 технический заказчик:** Физическое лицо, действующее на профессиональной основе, или юридическое лицо, которые уполномочены застройщиком и от имени застройщика заключают договоры о выполнении инженерных изысканий, о подготовке проектной документации, о строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, подготавливают задания на выполнение указанных видов работ, предоставляют лицам, выполняющим инженерные изыскания и (или) осуществляющим подготовку проектной документации, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства, материалы и документы, необходимые для выполнения указанных видов работ, утверждают проектную документацию, подписывают документы, необходимые для получения разрешения на ввод объекта капитального строительства в эксплуатацию, осуществляют иные функции, предусмотренные настоящим Кодексом. Застройщик вправе осуществлять функции технического заказчика самостоятельно.

[Федеральный закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ] [4]

**3.16 эксплуатационные запасы подземных вод:** Средний за расчётный период фактический или проектный расход подземных вод, который может быть получен на месторождении (участке) с помощью геолого-технически обоснованных водозаборных сооружений при заданных:



режиме, условиях эксплуатации и качестве, удовлетворяющем требованиям целевого использования подземных вод в течение всего расчётного срока водопотребления с учётом природоохранных ограничений.

## **4 Сокращения**

В настоящем стандарте приняты следующие сокращения:

АС – атомная электрическая станция и атомная станция теплоснабжения;

ИТВ – источник технического водоснабжения;

СТВ – система технического водоснабжения;

СТО – стандарт организации.

## **5 Общие положения**

5.1 Настоящий стандарт регламентирует требования к научному сопровождению инженерно-гидрометеорологических и инженерно-геологических изысканий ИТВ на основе использования поверхностных и подземных вод для определения достоверных расчётных гидрологических и гидрогеологических характеристик, достаточных для проектирования СТВ АС на основе использования моделирования искусственных рядов гидрометрических характеристик требуемой продолжительности:

1) для водных объектов с ограниченными водными ресурсами, которые характеризуются слабой изученностью (недостаточной продолжительностью или отсутствием репрезентативности рядов режимных гидрометрических наблюдений);

2) при проектировании СТВ на основе использования запасов подземных вод.

5.2 Настоящий стандарт развивает требования:

- Федерального закона от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (статья 15, часть 1) [6] в части общих требований к достоверности результатов инженерных изысканий;
- Федерального закона от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (статья 15, часть 3) [6] в части необходимости научного сопровождения инженерных изысканий;
- закона Российской Федерации от 21 февраля 1992 года № 2395-1 «О недрах» (статьи 1.2, 2.3, 6 и 10.1) [7] в части требований к использованию подземных вод, включая попутные воды (воды, извлеченные из недр вместе с углеводородным сырьем), для собственных производственных и технологических нужд АС;
- НП-032-01 (пункт 4.2.5) [8] в части определения параметров колебаний уровня воды в источнике водоснабжения АС;
- СП 33-101-2003 (пункт 4.12) [9] в части использования стохастических моделей колебаний стока рек, позволяющих моделировать искусственные ряды гидрометрических характеристик требуемой продолжительности;
- СП 47.13330.2012 (пункт 4.15) в части разработки раздела «Особые условия» программы инженерных изысканий;
- СП 31.13330.2012 (пункты 6.5 и 6.6) в части использования подземных вод в качестве источника технического водоснабжения;
- РД 95 10531-96 [10] в части актуализации рекомендаций по определению расчётных гидрологических характеристик и обоснованию использования подземных вод в качестве ИТВ для СТВ АС.

5.3 Для обоснования надежности ИТВ на основе многолетнего регулирования следует исследовать закономерности колебаний речного стока в многолетнем разрезе. При этом основным элементом моделирования и

расчётов должны служить многолетние последовательности годовых объёмов речного стока.

5.3.1 При математическом описании многолетних колебаний годового стока следует использовать безусловное распределение вероятностей и условные распределения, тип и параметры которых определяются водностью предшествующего периода.

5.4 Достоверность результатов определения расчётных гидрологических характеристик водных объектов – потенциальных ИТВ АС при условиях, соответствующих п. 5.1, следует достигать путём:

- 1) моделирования колебаний речного стока на основе цепей Маркова (с учетом результатов исследований стационарных Марковских процессов [11]);
- 2) повышения точности определения объёмов располагаемых водных ресурсов при оценке допустимых объёмов их изъятия.

## **6 Основные требования к научному сопровождению исследований по оценке достаточности водных ресурсов**

6.1 Научное сопровождение оценки достаточности располагаемых поверхностных водных ресурсов суши и запасов подземных вод для проектируемых СТВ АС в процессе инженерно-гидрометеорологических и инженерно-геологических изысканий следует проводить при гидрологических условиях, соответствующих п. 5.1.

6.1.1 Исследования научно-аналитического, методического, информационного, экспертно-контрольного и организационного характера, входящие в состав научного сопровождения, должны проводиться субъектами научно-технической деятельности согласно Федеральному закону от 23.06.1996 № 127-ФЗ [5], по заданию застройщика, технического заказчика (далее – заказчик) или предусматриваться в программе

инженерных изысканий.

6.2 При установлении состава гидрологических работ, требующих проведения научного сопровождения оценки достаточности водных ресурсов для различных типов СТВ, приведенных в приложении А для следующих основных направлений исследований:

- 1) определение расчётных характеристик речного стока на основе моделирования временных рядов, составляющих водного баланса;
- 2) определение расчётных характеристик режима уровней водоёмов;
- 3) инженерно-гидрогеологическое обоснование использования запасов подземных вод.

6.2.1 Моделирование временных рядов, составляющих водного баланса, следует осуществлять на основе известных математических (стохастических) моделей колебаний речного стока, для которых определены ее структура, значение параметров и размерность переменных Р 50.2.004-2000 [12].

6.2.2 Порядок анализа и описания колебаний речного стока следует принимать на основе исходных данных для разработки проектной документации, предусмотренных в техническом задании заказчика, учитывая следующие рекомендации:

1) при глубоком многолетнем регулировании ИТВ следует учитывать закономерности колебаний стока в многолетнем разрезе, где основным элементом моделирования и расчётов должны служить многолетние последовательности годовых объёмов стока;

2) при более низких степенях регулирования речного стока его внутригодовое распределение приобретает большее влияние на режим работы СТВ и требует более детального описания распределения стока по фазам гидрологического режима, которые для большей части территории РФ являются половодье и период низкого стока (зимняя и летняя межень);

3) распределение стока внутри гидрологических фаз, следует

учитывать с помощью типовых гидрографов, принимая, что основными характеристиками стока являются кривые обеспеченности его объёмов за указанные фазы гидрологического режима;

4) при отсутствии регулирования стока основной проектной гидрологической характеристикой должна служить кривая обеспеченности минимальных среднемесячных (среднедекадных) расходов воды;

5) при оценке достоверности расчётных гидрологических характеристик путём экстраполяции функции распределения вероятностей на большие интервалы времени следует учитывать продолжительность выборки.

6.3 Оценку закономерностей колебания стока следует проводить вероятностными методами. При этом результаты расчётов должны опираться на принимаемый тип распределения вероятностей и его параметры: норму (среднее многолетнее значение), коэффициенты вариации, асимметрии и автокорреляции.

6.3.1 Норму и коэффициенты вариации следует определять по имеющимся рядам наблюдений, а коэффициенты асимметрии и автокорреляции назначать, исходя из совокупности накопленных данных о режиме колебаний стока по множеству однородных объектов, для следующих режимных характеристик потенциальных ИТВ:

- 1) среднегодовая величина изъятий воды;
- 2) гарантированная водность в маловодные сезоны года (при создании водохранилищ - гарантированные санитарно-экологические попуски воды в нижний бьеф);
- 3) допускаемое сокращение водности в годы, выходящие за пределы расчётной обеспеченности;
- 4) допускаемая длительность периодов с согласованной минимальной водностью в среднем за многолетие;
- 5) повторяемость и высота паводков (паводков), включая критерий

повторяемости в проектных условиях лет без половодий.

6.4 Научное сопровождение инженерно-геологических изысканий для оценки возможности использования подземных вод в качестве ИТВ при проектировании СТВ АС следует проводить на основании требований актуализированной нормативной базы, включающей федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии, национальные стандарты и своды правил, стандарты организаций и другие нормативные технические документы, которые на добровольной и обязательной основе обеспечивают соблюдение требований Федерального закона от 30.12.2009 г № 384-ФЗ [6] и закона Российской Федерации от 21.02.1992 г. № 2395-1 [7].

6.5 При обосновании использования подземных вод, как постоянного или периодического ИТВ АС, должны учитываться:

- 1) величина эксплуатационных запасов подземных вод;
- 2) существующая и перспективная потребность в воде питьевого качества;
- 3) наличие водоносных горизонтов, которые по качеству воды или опасности загрязнения не пригодны и не перспективны для питьевого водоснабжения;
- 4) результаты экологической оценки сравнения вариантов использования подземных вод с возможными дополнительными вариантами использования поверхностных вод (создание дополнительных водохранилищ сезонного регулирования, переброску воды из бассейнов других рек, переход на другие технологии охлаждения).

6.6 В состав работ по научному сопровождению инженерно-гидрогеологического обоснования использования подземных вод в качестве ИТВ АС следует включать следующие исследования и расчеты:

- 1) величины необходимого резервного водообеспечения и продолжительности периода использования подземных вод, устанавливаемых на основании результатов расчётов водохозяйственного

баланса, показывающих продолжительность периода и величину дефицита поверхностных водных ресурсов;

2) эксплуатационных запасов подземных вод, которые могут быть использованы для технического водоснабжения;

3) возможного влияния отбора подземных вод в районе АС на компоненты окружающей среды;

4) обеспеченности эксплуатационных запасов различными балансовыми составляющими - источниками формирования, учитывая, что эксплуатационные запасы (представляющие собой дебит водозаборных сооружений) формируются за счёт питания подземных вод в естественных условиях, сработки ёмкостных запасов и привлечения поверхностных и подземных вод смежных водоносных систем;

5) производительности водозаборных сооружений и соответствующих понижений уровней подземных вод;

6) взаимодействия водозаборного сооружения с водозаборными сооружениями на других участках в пределах области влияния;

7) прогноза возможных изменений качества подземных вод при их эксплуатации с учетом наличия воздействия техногенных факторов (близкое расположение промышленных территорий, удалённость от загрязнённых территорий, оценка близко расположенных объектов промышленных стоков);

8) определение границ зон санитарной охраны водозаборов подземных вод;

9) изменений геолого-гидрогеологических условий, определяющих возможное влияние эксплуатации подземных вод на окружающую среду (развитие карстово-суффозионных процессов, угнетение растительности, изменение поверхностного стока рек, осушение болот, проседание земной поверхности и других факторов).

6.6.1 В зависимости от особенностей использования подземных вод, а

также особенностей гидрохимической и санитарной обстановки, различные вопросы из приведённого перечня следует решать с разной степенью детальности и достоверности.

6.6.2 За критерий целесообразности и возможности использования подземных вод для СТВ АС следует принимать величину их эксплуатационных запасов, оценка которых должна проводиться специализированными организациями. При этом обязательным является оценка возможного влияния интенсивного отбора подземных вод на окружающую среду.

6.7 При научном сопровождении исследований достаточности водных ресурсов внутренних естественных водоемов расчёты режима уровней воды следует выполнять на основе уравнения водного баланса водоёма и стохастических моделей колебаний речного притока, испарения и осадков с учетом рекомендаций [13].

## **7 Определение расчётных характеристик режима уровней водоёмов**

7.1 Исходными данными для расчётов характеристик уровней воды внутреннего естественного водоёма должны служить параметры составляющих водного баланса и морфометрические соотношения (зависимости между уровнем воды и площадью водоёма).

7.1.1 Рекомендуются использовать следующую схему водного баланса:

1) вода, поступающая в бессточный водоём с речным стоком и в виде осадков, расходуется только на испарение с его поверхности;

2) в периоды, когда поступление воды превышает испарение, уровень водоёма растёт, стремясь к такому положению, при котором площадь водного зеркала водоёма станет достаточной для испарения приточного объёма воды;



3) при обратном соотношении приходной и расходной составляющих водного баланса уровень водоёма понижается (такое саморегулирование обуславливает колебания уровня водоёма относительно уровня тяготения);

4) в проточных водоёмах расходная часть водного баланса увеличивается на величину стока из водоёма.

7.2 При исследованиях и расчетах следует учитывать:

1) превышение уровня водоёма над уровнем тяготения затухает во времени по экспоненциальному закону согласно РД 95 10531-96 [10];

2) в связи со стохастической природой колебаний элементов водного баланса отклонения уровня воды в водоёме от среднего положения носят вероятностный характер.

7.3 Возможные отклонения этих расчетных величин от средних значений следует определять с использованием типа их распределения и числовых параметров этого распределения. Для составления вероятностного прогноза уровня водоёма необходимо определять характеристики погрешностей выборочного метода по ГОСТ Р 50779.10.

7.4 Для проточных естественных водоёмов следует учитывать, что распределение вероятностей уровня воды становится асимметричным.

7.5 При увеличении объемов изъятия водных ресурсов в бассейне следует также оценивать вероятность длительного стояния уровня воды выше или ниже некоторой заданной отметки.

7.5.1 В этих случаях рекомендуется выполнение имитационных расчётов путем моделирования временных рядов составляющих водного баланса с учетом требований раздела 8. При этом общие закономерности колебания уровня воды в стационарных условиях должны уточняться на основе расчётов по длительным (в несколько десятков тысяч лет) непрерывным рядам составляющих баланса.

7.6 В общем нестационарном случае (при изменении составляющих водного баланса во времени) требуется проведение расчётов по множеству

реализаций гидрометеорологического режима, каждая из которых характеризуется рядами составляющих баланса продолжительностью от 20 до 30 лет. Число таких реализаций может составлять от нескольких десятков до нескольких сотен в зависимости от требуемой точности результатов, а мерой достоверности следует рассматривать статистическую устойчивость результатов расчётов, полученных по нескольким наборам реализаций.

## **8 Определение расчётных гидрологических характеристик на основе моделирования временных рядов составляющих водного баланса**

8.1 Определение расчётных гидрологических характеристик для проектирования СТВ АС при достаточности данных гидрометрических наблюдений следует проводить по СП 11-103-97 [14] и СП 33-101-2003 [9] и не требует научного сопровождения.

8.1.1 При необходимости уточнения результатов расчетов следует проводить групповой анализ на основе материалов региональных наблюдений, приведенных в приложении Б.

8.2 Для обоснования надёжности ИТВ систем технического водоснабжения АС следует в соответствии с СП 11-103-97 [14] проводить анализ редко повторяемых гидрологических условий, на основе результатов гидрологических расчётов, по наблюдаемым рядам стока длительностью не менее 25-50 лет, в зависимости от географической зоны местонахождения площадки размещения АС и водных объектов.

8.3 При моделировании временных рядов составляющих водного баланса на основе математических (стохастических) моделей колебаний гидрометеорологических процессов следует учитывать, что удовлетворительное соответствие материалам наблюдений за стоком (осреднённым по годовым интервалам времени) по данным [15] даёт простая

цепь Маркова.

8.3.1 Алгоритмы моделирования временных рядов применительно к указанным моделям, приведенных в приложении В, где числовыми параметрами служат коэффициенты автокорреляции и характеристики безусловных распределений моделируемых рядов. С учетом рекомендаций [13] не следует использовать индивидуальные оценки параметров, полученных непосредственно по наблюдаемым рядам, из-за больших случайных ошибок.

8.3.2 Для математической модели с линейной корреляцией между обеспеченностями смежных членов в качестве обобщенного критерия внутрирядной связанности модуля стока следует принимать удельную водоносность водосборного бассейна.

8.3.3 Стохастическую модель, представляющую простую цепь Маркова с линейной корреляцией между обеспеченностями смежных членов, следует использовать для получения временных рядов слоя осадков и слоя испарения.

8.3.4 Следует учитывать, что при использовании стохастической модели с нормализацией нормируемые коэффициенты автокорреляции могут несколько отличаться от приведенных в [15], как описано в рекомендуемом приложении В к настоящему СТО.

8.3.5 Моделирование временных рядов составляющих водного баланса следует использовать для исследований повторяемости серий (группировок) маловодных и многоводных лет при естественном и зарегулированном режиме стока. При этом необходимо учитывать, что по данным [16] повторяемость длительных маловодных группировок тем больше превышает повторяемость многоводных группировок, чем выше коэффициент вариации стока.

8.4 В случае, если в техническом задании заказчика предусмотрена необходимость анализа условий функционирования СТВ АС, следует

проводить моделирование совокупности временных рядов стока, согласно СП 33-101-2003 [9], на нескольких водных объектах, учитывая, что:

1) существующие предложения применительно к стохастической модели с линейной корреляцией между обеспеченностями ограничены тремя взаимно коррелированными рядами;

2) для модели с нормализацией число моделируемых рядов может быть любым;

3) при моделировании временных рядов следует принимать интервал дискретности менее года (от одного до пяти месяцев);

4) отсутствие удовлетворительных предложений по стохастическим моделям колебания составляющих водного баланса с сезонным ходом обуславливает использование приближенных приёмов, в частности, метода фрагментов (двойной выборки), рекомендованного [15], [16].

8.5 При отсутствии зависимости между водностью года и характером сезонного хода стока все гидрографы, построенные по фактическим рядам наблюдений, следует принимать равновероятными и для последовательных лет моделируемого ряда.

8.6 При установленной зависимости формы гидрографа от водности для каждой группы лет следует принимать свой тип внутригодового распределения стока (в каждом случае следует использовать набор только тех гидрографов, которые входят в группу, отвечающую водности данного года).

8.7 Установление общих закономерностей гидрологического режима водохранилища многолетнего регулирования стока или нижележащего участка реки следует выполнять по непрерывному ряду наблюдений большой длительности.

8.8 Для вероятностного прогноза режима водохранилища или естественного внутреннего водоёма необходимо исследовать режим регулятора стока для множества возможных его реализаций при одном и том

же календарном графике водопотребления, учитывая, что длительность каждой реализации ограничивается несколькими десятилетиями.

## **9 Инженерно-гидрогеологическое обоснование использования подземных вод**

9.1 В условиях ограниченных поверхностных водных ресурсов для предотвращения перебоев работы СТВ АС в маловодные годы редкой повторяемости в качестве резервного или дополнительного ИТВ АС могут рассматриваться варианты с использованием запасов подземных вод. Разработку таких вариантов следует проводить при научном сопровождении гидрогеологических исследований с учетом требований нормативных правовых актов [7] и СП 31.13330.2012, СП 47.13330.2012 (в части ограничений использования подземных вод питьевого качества, минеральных и термальных вод для производственного и хозяйственно-питьевого водоснабжения), а также рекомендаций, приведенных в приложении Г.

9.1.1 Основанием для использования подземных вод, как резервного или дополнительного источника технического водоснабжения, является наличие эксплуатационных запасов подземных вод в достаточном количестве, а также результаты технико-экономического и экологического сравнения вариантов использования подземных вод в качестве дополнительного ИТВ в сочетании с возможными вариантами использования ресурсов поверхностных вод, включая:

- 1) создание дополнительных водохранилищ сезонного регулирования;
- 2) переброску воды из бассейнов других рек.

9.2 При оценке эксплуатационных запасов подземных вод следует определять:

- 1) возможную производительность водозабора при заданном

понижении уровня воды в каптажных сооружениях (или давать прогноз понижения уровней в пределах оцениваемой площади при заданной производительности водозабора по рекомендациям [17]);

2) возможность эксплуатации подземных вод обоснованными в геолого-техническом отношении водозаборными сооружениями и схемой их расположения при расчётной величине водоотбора в течение определенного срока работы водозаборных сооружений с учетом, что качество подземных вод удовлетворяет заданному назначению в течение всего этого периода.

9.3 Оценка эксплуатационных запасов должна проводиться на основе опытно-фильтрационных работ и результатов расчёта производительности водозабора, включая:

1) определение расчётной глубины динамических уровней подземных вод и соответствующих им величин понижений при заданном расходе водозабора;

2) сопоставление прогнозной величины понижения с допустимой.

9.4 Величина допустимого понижения уровня воды в водозаборных сооружениях должна определяться с учетом гидрогеологических, технико-экономических и природоохранных факторов.

*Примечание* - Эксплуатационные запасы подземных вод могут считаться обеспеченными, если расчётное понижение уровня не превышает допустимое.

9.5 В случае, если расчётное понижение уровня воды в скважинах больше допустимого, то суммарный дебит водозабора не обеспечен источниками формирования, либо фильтрационные свойства пласта не обеспечивают получение заданного дебита. В этом случае подсчёты запасов должны быть выполнены заново, либо применительно к другой схеме водозаборных сооружений, либо с учётом уменьшенного значения суммарной производительности.

9.6 В зависимости от гидрогеологических условий формирования эксплуатационных запасов подземных вод оценка запасов должна

проводиться на срок не превышающий 25 лет или на установленный, в техническом задании заказчика период, если эксплуатация будет проходить при нестационарном режиме подземных вод. Этот срок должен быть достаточным либо для проведения переоценки запасов по данным многолетней эксплуатации, либо для изыскания других дополнительных источников водоснабжения рассматриваемого объекта.

9.7 Для выполнения гидрогеологических прогнозов при оценке эксплуатационных запасов подземных вод следует применять методы гидродинамических, гидравлических, балансовых гидрогеологических аналогов и методы математического моделирования.

9.8 При гидрогеологических прогнозах отдельных элементов оценки запасов в различных гидрогеологических условиях следует использовать несколько методов для оптимизации результата.

9.8.1 При выборе метода прогнозирования следует учитывать:

- сложность гидрогеологических условий оцениваемого месторождения (участка);
- степень их изученности;
- целевое назначения расчётов;
- наличие опыта эксплуатации действующих водозаборных сооружений.

**Приложение А**  
(рекомендуемое)

**Состав гидрологических исследований и расчётов, требующих проведения научного сопровождения при оценке достаточности водных ресурсов для различных типов ИТВ**

Таблица А.1 – Состав гидрологических исследований и расчётов, требующих проведения научного сопровождения при оценке достаточности водных ресурсов для различных типов ИТВ

Гидрологические исследования и расчёты	Типы водохозяйственных мероприятий	
	Проектирование регулирующих водохранилищ разных типов для технического водоснабжения АС или водохранилищ комплексного назначения	Техническое водоснабжение АС без использования водохранилищ
1 Проведение регионального анализа для переноса полученной информации на неизученные и слабоизученные участки	+	+
2 Определение параметров годового стока, включая анализ репрезентативности рядов годового стока, описание чередования группировок многоводных и маловодных лет, моделирование рядов годового стока).	+	-
3 Определение внутригодового распределения годового стока		
4 Кривые продолжительности суточных расходов воды	+	+
5 Определение параметров кривых распределения вероятностей максимальных расходов воды	+	+
6 Определение параметров кривых распределения объёмов максимального стока	+	-
7 Расчётные гидрографы максимального стока половодья и паводка	+	+



## Окончание таблицы А.1

Гидрологические исследования и расчёты	Типы водохозяйственных мероприятий	
	Проектирование регулирующих водохранилищ разных типов для технического водоснабжения АС или водохранилищ комплексного назначения	Техническое водоснабжение АС без использования водохранилищ
8 Определение параметров режима уровней воды водотоков (расчёты наивысших уровней)	+	+
9 Определение параметров минимального стока	+	+
10 Определение параметров твёрдого стока	+	-
11 Определение гидрохимического режима водотоков	+	+
12 Приёмы построения и переноса кривых расходов воды	+	+
13 Ледотермические расчёты (заторно-зажорные явления, уровни при ледовых явлениях, температурный режим)	+	+
14 Ветро-волновой режим	+	-
15 Заиление водохранилищ	+	-
16 Расчёты трансформации паводка водохранилищем	+	-
17 Построение кривых подпора	+	-
18 Потери воды из водохранилищ: зажорные явления, режим уровней воды при ледовых явлениях, температурный режим.	+	-

**Приложение Б**  
(рекомендуемое)

**Методические рекомендации по групповому анализу рядов наблюдений  
за речным стоком**

Б.1 Материалы наблюдений в конкретном гидрометеорологическом створе, имеющиеся по изучаемому объекту, дают, в силу краткости периода наблюдений, лишь ограниченную информацию для оценки вероятностных характеристик гидрометеорологического режима. Один из возможных подходов - замена увеличения длительности наблюдений по отдельному объекту совместным анализом данных по множеству более или менее однородных объектов.

Б.2 В основе совместного анализа лежат представления о том, что колебания стока по годам подчиняются определённым распределениям вероятностей, что эти распределения существенно не меняются на протяжении периодов, на которые распространяются гидрологические расчёты, и, что колебания стока совместно исследуемых бассейнов статистически хотя бы частично независимы.

Б.3 При анализе элементов режима, распределения вероятностей которых на разных объектах не вполне одинаковы (основной случай групповой оценки), требуется приведение характеристик стока к единым условиям его формирования. Приводке подвергаются параметры изучаемых характеристик стока - среднее, коэффициенты вариации и асимметрии или квантили (величины определённых вероятностей превышения).

Б.3.1 Простейшие приёмы приводки заключаются обычно в переходе от расходов воды к модулям стока и последующей редукции, т.е. использовании зависимостей типа

$$q = \frac{A}{F^m}, \quad (\text{Б.1})$$

где  $q$  – модуль стока, л/с\*км<sup>2</sup>;

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;

$m$  – числовой параметр;

$A$  – характеристика, рассматриваемая как приведённая к единым условиям формирования стока.

Б.4 Гидрологическая характеристика, приведённая к единым условиям формирования (модуль стока с единичной площади, коэффициент асимметрии,

коэффициент автокорреляции не озёрных рек) является случайной величиной, распределение которой в существенной мере определяется объёмом независимой информации.

Б.4.1 Это распределение носит сложный характер, но, ввиду ограниченности периодов наблюдений, в гидрологических расчётах ограничиваются использованием его двух параметров: среднего значения и среднеквадратического отклонения (рассеяние).

Б.4.2 В качестве среднего значения в статистических выводах обычно принимается сама выборочная оценка исследуемого параметра (уже упоминавшийся приведённый модуль, асимметрия и пр.). Эти параметры, характеризующие сток с отдельных бассейнов, содержат не устранённые приводкой различия в условиях его формирования и подчиняются некоторому распределению вероятностей.

Б.4.3 Обозначим рассеяние оценок, вызванное изменчивостью во времени через  $\varepsilon_{сл}$ , а рассеяние, обусловленное не устраненными различиями между водосборами, через  $\varepsilon_{геогр}$ .

Б.4.3.1 Полное рассеяние оценки  $\varepsilon_{полн}$  в силу независимости причин, определяется в виде

$$\varepsilon_{полн}^2 = \varepsilon_{сл}^2 + \varepsilon_{геогр}^2, \quad (Б.2)$$

Б.4.3.2 Полная дисперсия находится из наблюдений путём расчёта по формуле

$$g_{полн}^2 = \frac{\sum^k (A_i - A)^2}{k-1}, \quad (Б.3)$$

где  $i$  – индекс бассейна;

$k$  – число совместно анализируемых объектов;

$A_i$  – оценка рассматриваемого параметра по  $i$ -му бассейну;

$A$  – среднее из оценок по всем бассейнам.

Б.4.3.3 Случайная составляющая рассеяния оценок вычисляется по теоретическим формулам или путём статистических испытаний как осреднённая дисперсия оценок этих параметров по отдельным объектам.

Б.4.3.4 Географическая составляющая рассеяния оценивается как разность

$$\varepsilon_{геогр}^2 = \varepsilon_{полн}^2 - \varepsilon_{сл}^2, \quad (Б.4)$$

Б.4.3.5 Если оценка  $\varepsilon_{геогр}$ , получаемая по формуле (4), имеет отрицательный знак, то её принимают равной нулю.

Б.4.3.6 Дисперсия результата совместного расчёта равна

$$\varepsilon_{ср}^2 = \frac{g_{сл}^2}{k} + \varepsilon_{геогр}^2, \quad (Б.5)$$

Б.5 Соотношение между случайной и географической составляющими определяет целесообразный состав коллектива объектов, обрабатываемых методом группового оценивания. При увеличении числа совместно анализируемых объектов величина случайной ошибки среднего по ансамблю значения уменьшается. В противоположность этому, географическая составляющая должна увеличиваться за счёт вовлечения объектов, расположенных в пределах более обширной географической области, условия формирования стока которых различаются более существенно. Практически приемлемым следует считать состав ансамбля, в котором географическая составляющая не превосходит случайной

$$\varepsilon_{\text{геогр}} \leq \varepsilon_{\text{сл}}, \quad (\text{Б.6})$$

Б.5.1 Результатом группового анализа является оценка параметра по совокупности собственных и объединённых наблюдений в виде средневзвешенного по точности каждой из оценок

$$A_{\text{совм}} = \frac{A_{\text{инд}}\varepsilon_{\text{ср}}^2 + A_{\text{ср}}\varepsilon_{\text{инд}}^2}{g_{\text{инд}}^2 + \varepsilon_{\text{ср}}^2}, \quad (\text{Б.7})$$

Б.5.2 Стандартная ошибка такой оценки рассчитывается по формуле

$$\varepsilon_{\text{совм}} = \frac{\varepsilon_{\text{инд}}\varepsilon_{\text{ср}}}{\sqrt{g_{\text{инд}}^2 + \varepsilon_{\text{ср}}^2}}, \quad (\text{Б.8})$$

Б.5.3 По каждому объекту ансамбля определяются параметры распределения величин  $q_v$ , используемые для совместного анализа и необходимые для вычисления стандартных ошибок параметра  $A$  с учетом требований СП 33-101-2003 [9].

Б.5.4 По ансамблю объектов, то есть по выборке величин  $A_i$ , оцениваются среднее значение параметра

$$\bar{A} = \frac{\sum^k A_i}{k}, \quad (\text{Б.9})$$

и полная дисперсия  $g_{\text{полн}}^2$  по формуле (Б.3).

Б.5.5 Определяются значения коэффициентов корреляции между оценками параметра  $A$  по теоретическим зависимостям, приведенным в РД 95 10531-96 (приложение 11) [10].

Б.5.6 Определяется стандартное отклонение  $\varepsilon_{\text{нез}}(A)$  оценок параметра  $A$  по выборкам объёма  $n$ , характеризующее рассеяние оценок между независимыми выборками.

Б.5.7 Стандартное отклонение параметра  $\varepsilon_{\text{нез}}(A)$ , характеризующее независимые выборки, смещается на величину, учитывающую влияние корреляции между объединяемыми объектами

$$\varepsilon_{\text{сл}}(A) = \varepsilon_{\text{нез}}(A) \sqrt{l - r_{\text{ср}}(A)}, \quad (\text{Б.10})$$

где  $r_{\text{ср}}(A) = \frac{2}{k(k-1)} \sum_{j < k} r_{i,j}(A)$  – среднее значение коэффициента корреляции между оценками параметра  $A$  по всем объектам.

Б.5.8 Найденное значение случайной составляющей используется для вычисления географической составляющей по формуле (Б.4).

Б.5.9 Если выполняется условие (Б.6), то есть географическая составляющая рассеяния меньше случайной, то по соотношениям (Б.7) и (Б.8) рассчитываются:

- погрешность результата объединённого расчёта;
- средневзвешенная по точности оценка (стандартная ошибка).

## Приложение В (рекомендуемое)

### Стохастическое моделирование временных рядов

В.1 Моделирование искусственных рядов составляющих водохозяйственного баланса по схеме простой цепи Маркова с линейной корреляцией между обеспеченностями смежных членов осуществляется с использованием двумерных законов равномерно распределённых случайных величин согласно рекомендациям [13].

В.2 При коэффициенте автокорреляции  $r_0$ , меньшем по абсолютному значению 0,55, двумерная плотность распределения случайных величин, каждая из которых распределена равномерно в интервале  $[0, 1]$ , записывается в виде

$$f(p_i, p_{i+1}) = 1 + 3r_0uv + \frac{5}{4}r_0^2(3u^2 - 1)(3v^2 - 1) + \frac{7}{4}r_0^3(5u^3 - 3u)(5v^3 - 3v) + \frac{9}{64}r_0^4(35u^4 - 30u^2 + 3)(35v^4 - 30v^2 + 3) \quad (B.1)$$

где  $u = 2p_i - 1$ ;  $v = 2p_{i+1} - 1$

В.2.1 При  $r_0 < 0,3$  можно ограничиться первыми тремя членами. В таком случае условная функция распределения  $F(p_{i+1}/p_i)$  обеспеченности последующего значения  $p_{i+1}$  (в долях от единицы) при известной обеспеченности предыдущего члена ряда определяется по формуле

$$F(p_i, p_{i+1}) = p_{i+1} + 3r_0(2p_i - 1)(p_{i+1}^2 - p_i) + 5r_0^2(6p_i^2 - 6p_i + 1)(2p_{i+1}^3 - 3p_{i+1}^2 + p_i) \quad (B.2)$$

В.3 Моделирование последовательностей обеспеченностей стока (или других компонент баланса) осуществляется по следующей схеме.

В.3.1 Задаётся начальное значение процесса, равное, например,  $P_x = 0,5$ .

В.3.2 Из таблицы равномерно распределённых независимых случайных чисел выбирается произвольное случайное число и принимается в качестве условной функции распределения  $F(U/v)$ .

В.3.3 Решаются уравнения (B.1) и (B.2) и находится значение процесса  $p_{i+1}$  в последующий момент времени. Решение уравнения (B.2) возможно с помощью таблиц условных распределений, приведенных в РД 95 10531-96 (приложение 8) [10].

В.3.4 Полученное значение обеспеченности принимается в качестве предшествующего значения для следующего шага и пункты (B.3.2-В.3.4) повторяются требуемое число раз.

В.4 С помощью таблиц ординат распределения вероятностей С.Н. Крицкого и

М.Ф. Менкеля полученная последовательность обеспеченностей переводится в последовательность величин с трёхпараметрическим распределением.

В.5 При моделировании случайных последовательностей с трёхпараметрическим распределением необходимо использовать соотношения между коэффициентами автокорреляции для обеспеченностей и коэффициентом автокорреляции величин с требуемым распределением, приведенных в РД 95 10531-96 (приложение 4) [10]. Коэффициент автокорреляции последовательности обеспеченностей определяется по РД 95 10531-96 (приложение 4, таблица 1) [10] в зависимости от коэффициента вариации, асимметрии и требуемого значения автокорреляции для последовательности величин с трёхпараметрическим распределением.

В.6 Моделирование искусственных рядов по схеме простой цепи Маркова с линейной корреляцией смежных членов следует осуществлять с использованием двумерного нормального закона распределения.

Рекомендуется алгоритм моделирования гамма-распределённых последовательностей осуществлять с учетом рекомендаций В.6.1 –В.6.4.

В.6.1 Моделируется последовательность нормально распределённых величин с коэффициентом автокорреляции  $r_i$ , значение которого определяется по РД 95 10531-96 (приложение 4, таблица 2) [10] в зависимости от коэффициентов вариации, асимметрии и требуемого коэффициента автокорреляции гамма-распределённых величин.

В.6.2 Если имеется датчик (или таблица) случайных, независимых и нормально-распределённых чисел  $X_i$  с нулевым средним и единичной дисперсией, то последовательность нормально распределённых чисел  $Y_i$  с автокорреляцией пересчитывается по соотношениям

$$\begin{aligned} X_i &= Y_i, \quad i = 1 \\ Y_i &= r_n Y_{i-1} + \sqrt{1 - r_n^2} X_i, \quad i = 2, 3, \dots, n \end{aligned} \quad (\text{В.3})$$

В.6.2.1 Величина  $Y$  будет распределена нормально с функцией распределения

$$\Phi(Y_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{r_i} e^{-t^2/2} dt \quad (\text{В.4})$$

В.6.3 Последовательность нормально-распределённых величин по формуле (В.4), или по таблицам нормального распределения, пересчитывается в последовательность значений функций распределения (или обеспеченностей), имеющих равномерное безусловное распределение.

В.6.4 Последовательность обеспеченностей с помощью таблиц распределения вероятностей С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля, переводится в последовательность величин

с трёхпараметрическим гамма-распределением.

Примечание – Независимые, нормально распределённые числа моделируются с использованием следующего соотношения, вытекающего из центральной предельной теоремы

$$X_i = \sum_{k=1}^{12} \zeta_k - 6 \quad (\text{B.5})$$

где  $\zeta$  – равномерно распределённое в интервале  $[0, 1]$  случайное число.



**Приложение Г**  
(рекомендуемое)

**Основные принципы организации резервного технического водоснабжения на основе использования подземных вод**

Г.1 Основные принципы организации резервного технического водоснабжения на основе использования подземных вод заключаются в:

- созданию обоснованной схемы организации резервного технического водоснабжения, включая рациональную схему водозаборных сооружений и организацию рационального водопользования для конкретных гидрогеологических и технических условий;

- созданию системы водозаборных сооружений, использовании рациональных приёмов водопользования;

- организации контроля за режимом подземных вод, а при необходимости гидрогеологического мониторинга СТО 95 102-2013 [18].

Г.2 Создание рациональной схемы водозаборных сооружений и разработку технологии рационального водопользования для конкретных гидрогеологических и технических условий производят с использованием методов математического моделирования.

Г.3 Создание системы водозаборных сооружений, как правило, должно производиться специализированными организациями, имеющими большой опыт создания водозаборных и иных гидрогеологических скважин.

Г.4 Использование рациональных приёмов водопользования необходимо для уменьшения непроизводительных потерь подземных вод и снижения материальных затрат при их использовании.

Г.5 Организация режимных наблюдений (гидрогеологического мониторинга) за подземными водами включает в себя создание режимной сети гидрогеологических скважин, создание службы наблюдений и ремонтно-профилактических работ, обеспечение её персоналом и материально-техническими ресурсами, проведение наблюдений за контролируемыми параметрами подземных вод, оформление результатов наблюдений и принятие необходимых решений.

Г.6 Режимная сеть гидрогеологических скважин должна обеспечивать все поставленные задачи как в плане контроля за использованием и восстановлением запасов, и качеством подземных вод, так и в плане воздействия резервного водозабора на

компоненты окружающей среды.

Г.7 В целях комплексной оценки возможного влияния интенсивного отбора подземных вод на окружающую среду в процессе подготовки проектной документации АС необходимо предусмотреть создание и функционирование гидрогеологического мониторинга, позволяющего проводить постоянные наблюдения за состоянием подземных вод (режимом уровня; изменениями качества, температуры подземных вод; режимом водоотбора) и служащего основой для гидрогеологических расчётов и прогнозов опасного воздействия водоотбора на среду.

Г.8 Состав и объем работ в части гидрогеологического мониторинга следует определять с учетом целей и задач, поставленных в ТЗ заказчика, особенностями гидрогеологических условий района АС требований СТО 95 102-2013 [18].

Г.9 Оценка возможного влияния интенсивного отбора подземных вод в районах АС на компоненты окружающей среды заключается в разработке прогнозных оценок и методики контроля:

- влияния интенсивного отбора подземных вод на речной сток;
- динамики развития воронки депрессии при интенсивном водоотборе и её регрессии в период восстановления уровней подземных вод;
- нарушения режима, баланса и взаимосвязи подземных и поверхностных вод;
- оседания земной поверхности под влиянием интенсивного водоотбора;
- возможного развития карстово-суффозионных процессов под влиянием интенсивного водоотбора.

Г.10 Необходимо проведение мониторинга подземных и поверхностных вод, а также других компонентов окружающей среды, которые могут вызывать негативные последствия:

- сокращение речного стока, изменения режима подземных вод и их качество;
- проседание земной поверхности;
- изменение режима влаги в корнеобитаемом слое и угнетение растительности;
- активизацию карстово-суффозионных процессов.

Г.11 Эксплуатация подземных вод для технического водоснабжения АС и объектов её инфраструктуры как при постоянном, так и при периодическом режимах водоотбора приводит к формированию депрессионных воронок, размеры которых зависят от величины водоотбора, схемы расположения водозаборных сооружений и конкретных гидрогеологических условий месторождения подземных вод. Прогноз развития депрессионной воронки во времени и пространстве выполняется аналитическими

методами или моделированием с учётом изменений условий взаимосвязи водоносных горизонтов между собой и компонентов окружающей среды.

Г.12 Следует учитывать, что отбор подземных вод нарушает их режим и баланс. В районах эксплуатации подземных вод, прежде всего в пределах депрессионных воронок, рекомендуется создание специальной наблюдательной сети скважин, используемой для наблюдений и прогноза снижения уровней и изменения состава подземных вод в эксплуатируемом и смежных водоносных горизонтах. Методика наблюдений и методы прогноза следует определять при научном сопровождении инженерно-гидрогеологических изысканий.

Г.13 Эксплуатация подземных вод в пределах водосборов рек (водозаборы инфильтрационного типа) резко нарушает и видоизменяет взаимосвязь поверхностных и подземных вод. В тех случаях, когда в естественных условиях подземные воды разгружаются в реки, разгрузка резко сокращается или прекращается совсем за счёт перехвата части подземного стока водозаборными сооружениями. Размер ущерба речному стоку (особенно стоку малых рек) зависит от дебита водозабора, расстояния его от реки, схемы водозабора (обычно это линейный ряд скважин вдоль реки), фильтрационных свойств эксплуатируемого водоносного горизонта и степени его связи с рекой.

Г.14 При совершенной связи подземных и поверхностных вод ущерб речному стоку на любой момент времени может быть рассчитан по зависимости М.С. Хантуша

$$V = 4Qi^2 \operatorname{erfc} \left( \frac{d_0}{2\sqrt{at}} \right), \quad (\text{Г.1})$$

где  $V$  – суммарные потери речного стока ( $\text{м}^3$ ) за время  $t$  (с) при водоотборе  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ );

$d_0$  – расстояние от реки;

$i^2 \operatorname{erfc} \left( \frac{d_0}{2\sqrt{at}} \right)$  – специальная функция, значение которой при аргументе  $\left( \frac{d_0}{2\sqrt{at}} \right)$

табулировано и приведено в специальной литературе;

$a$  - коэффициент пьезопроводности ( $\text{м}^2/\text{с}$ ).

**Библиография**

- |   |   |
|---|---|
| [1] НП-006-98 ПНАЭ Г-01-036-95  | Требования к содержанию отчёта по обоснованию безопасности атомных станций с реакторами типа ВВЭР |
| [2] НП-001-97, ПНАЭ Г-01-011-97, ОПБ 88/97  | Общие положения обеспечения безопасности атомных станций  |
| [3] Федеральный закон от 30.06.2006 № 74-ФЗ   | Водный кодекс Российской Федерации (в ред. от 28.06.2014 № 181-ФЗ)                                |
| [4] Федеральный закон № 190-ФЗ от 29.12.2004 (в ред. От 23.07.2013)                 | Градостроительный Кодекс Российской Федерации   |
| [5] Федеральный закон № 127-ФЗ от 23.06.1996 (с изменениями на 20 апреля 2015 года) | О науке и государственной научно-технической политике   |
| [6] Федеральный закон от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ                              | Технический регламент о безопасности зданий и сооружений  |
| [7] Закон Российской Федерации от 21.02.1992 г. № 2395-1 (в ред. 31.12.2014 г.)     | О недрах  |
| [8] НП-032-01   | Размещение атомных станций. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности            |
| [9] СП 33-101-2003  | Определение основных расчётных гидрологических характеристик                                      |
| [10] РД 95 10531-96   | Руководство по гидрологическому обоснованию ТЭО и проектов АЭС                                    |

- [11] Исследование стационарных марковских процессов методом разложения по собственным функциям. – Тр. МИАН, Сарманов О.В., 1961
- [12] Р 50.2.004-2000 Государственная система обеспечения единства измерений. Определение характеристик математических моделей зависимостей между физическими величинами при решении измерительных задач. Основные положения
- [13] Стохастические модели колебаний составляющих водного баланса речного бассейна. – М.: ИВП РАН, Раткович Д.Я, Болгов М.В. 1997
- [14] СП 11-103-97 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства
- [15] Гидрологические основы водообеспечения – М.: ИВП РАН, Раткович Д.Я., 1993, 428 с.
- [16] Математическое моделирование гидрологических рядов – Л.: Гидрометеоздат, Сванидзе Г.Г. 1977
- [17] Справочное руководство гидрогеолога. 3-е издание переработанное и дополненное. Под ред. В.М. Максимова, 1979
- [18] СТО 95 102-2013 Ведение объектного мониторинга состояния недр на предприятиях Госкорпорации «Росатом»