

Федеральная служба по надзору в сфере защиты  
прав потребителей и благополучия человека

Федеральное бюджетное учреждение науки  
РОСТОВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МИКРОБИОЛОГИИ И ПАРАЗИТОЛОГИИ  
(ФБУН РостовНИИ микробиологии и паразитологии Роспотребнадзора)

УДК 614.78+579.68+911.2:528.9

№ госрегистрации

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФБУН «Ростовский научно-  
исследовательский институт микробиологии и  
паразитологии» Роспотребнадзора

д.м.н. Т.И. Твердохлебова

« 26 » ноября - 2021 г.



### АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

«Возможность применения геоинформационных систем на примере санитарно-  
бактериологического анализа».

Ростов-на-Дону

2021 г.

### Список исполнителей

Руководитель НИР

Заведующий лабораторией санитарной

микробиологии водных объектов

и микробной экологии человека, д.м.н.  П.В. Журавлёв

Мл. научный сотрудник  А.С. Калужин

Нормоконтролер

Заведующая отделом НТД,

к.б.н.

\_\_\_\_\_ В.В. Агафонова

## **Принятые термины и сокращения**

СГМ – социально-гигиенический мониторинг

ГИС – геоинформационные системы

СУБД - система управления базами данных

ИГИС – интегрированная геоинформационная система

ОСК – очистные сооружения канализации

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

АСНИ – автоматизированные системы научных исследований;

САПР – системы автоматизированного проектирования;

АСИС – автоматизированные справочно-информационные системы;

АСДО – автоматизированная система документационного обеспечения;

АСУ - автоматизированная система управления.

## Введение

Геоинформационные системы (ГИС) — система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о необходимых объектах. Понятие геоинформационной системы также используется в более узком смысле — как инструмента (программного продукта), позволяющего пользователям искать, анализировать и редактировать как цифровую карту местности, так и дополнительную информацию об объектах [1]. Геоинформационная система может включать в свой состав пространственные базы данных (в том числе под управлением универсальных систем управления базами данных (СУБД)), редакторы растровой и векторной графики, различные средства пространственного анализа данных. Применяются в картографии, геологии, метеорологии, землеустройстве, экологии, муниципальном управлении, транспорте, экономике, обороне и многих других областях [2].

Одним из основных критериев качества поверхностных водных объектов является обеспечение её эпидемиологической безопасности. Значимость этого критерия заключается в том, что вода, загрязнённая инфекционными агентами, обуславливает как повышенный фон спорадической заболеваемости, так и возникновение вспышек кишечных инфекций, то есть оказывает быстрое влияние на здоровье населения. Предполагается, что популяционный риск бактериального загрязнения существенно выше, чем химического. Тем не менее следует признать, что химические загрязнители вызывают тяжёлые нарушения здоровья. Угрозы химического загрязнения все еще имеют место, и их оценка должна быть составной частью любой программы оценки факторов риска и управления ими, направленной на обеспечение безопасности воды.

Для доказательства повышенного бактериального риска необходим анализ динамики бактериального загрязнения и изучение закономерностей циркуляции бактерий в воде открытых водоёмов и водопроводной воде г. Ростова-на-Дону. Обеспечение безопасности питьевой воды в водораспределительной сети основано на применении нескольких барьеров на пути от водозабора до потребителя, чтобы предотвратить загрязнение питьевой воды, сократить возможное загрязнение до незначительного уровня, не представляющего опасность здоровью, посредством соответствующей обработки в ряде последовательных операций и обеспечить условия, чтобы полученная безопасная вода достигла потребителя без ухудшения качества в водораспределительной системе. Создание и использование геоинформационных систем водной экосистемы г. Ростова-на-Дону позволит повысить обоснованность принятия решений по снижению риска возникновения бактериальных инфекций, передаваемых водным путём.

Гигиенические требования к качеству поверхностных вод влияют как естественные, так и антропогенные факторы. Человеческие факторы включают в себя очистные сооружения канализации (ОСК) городских и промышленных сточных вод, а также спорадические источники загрязнения (например, городские и сельскохозяйственные стоки, включая агрохимические и связанные с домашним скотом и купанием).

К примеру, спуски городских сточных вод могут быть основным источником патогенных микроорганизмов; городские отходы и домашний скот могут приводить к значительному бактериальному загрязнению; предприятия общественного питания, расположенные вблизи берега и не имеющие децентрализованную систему ОСК могут стать причиной свежего фекального загрязнения, а сельскохозяйственные стоки могут затруднять обработку воды.

Дождевая вода или поверхностные воды, которые просачиваются в почву, могут накапливать не только патогенные микроорганизмы, но приводить к образованию резервуаров различных инфекционных заболеваний во время прохождения через верхние слои почвы и переносить их в более глубокие слои. В частности, вещества как в растворенном виде, так и в форме частиц могут быстро перемещаться на значительные расстояния в горизонтальном или вертикальном направлении через предварительно сформированные почвенные капилляры. Когда вода проникает в почву, частицы веществ, переносимые водой, могут адсорбироваться на поверхности материалов почвы. Знание того, как образуются грунтовые воды и как они перемещаются в водоносные слои, имеет важное значение для понимания уязвимости грунтовых вод для загрязнения и последующей разработки стратегий защиты грунтовых вод, подготовки мер контроля или ликвидации загрязнения и создания сетей мониторинга, открывая для учёных новые горизонты для исследования и развития риск-ориентированного контроля с применением ГИС.

Список факторов, создающих риск возникновения вспышек болезней, связанных с водой, обширен и включает в себя природные, антропогенные, технические, социальные, экономические и политические факторы. Значимость различных факторов сильно колеблется и зависит как от природных условий, так и от уровня социально-экономического развития стран; кроме того, она подвержена влиянию различных глобальных изменений. Опыт последних десятилетий показывает, что свести к нулю риск вспышек болезней, связанных с водой, до сих пор не удалось ни в одной стране.

Среди основных факторов риска целесообразно выделить следующие группы [3].

(а) Относящиеся к источникам водоснабжения:

- увеличение количества воды, извлекаемой из плохо защищенных

поверхностных водоемов, животноводческие и пастбищные хозяйства, сброс сточных вод, промышленное производство, транспорт, применение и сброс опасных веществ в зонах водозабора;

- отсутствие защищенных законом зон водозабора;
- растущая изменчивость характера осадков как в пространстве, так и во времени вследствие изменения климата.

(б) Относящиеся к обработке воды:

- изношенные, недостаточные и (или) неподходящие мощности для обработки воды;
- изменения давления в водораспределительных системах, приводящие к росту микроорганизмов и биопленок;
- недостаток образования и опыта у персонала, работающего в сфере водоснабжения, ведущий к плохому планированию, нарушению правил эксплуатации и (или) технического обслуживания оборудования.

(в) Относящиеся к использованию воды:

- увеличение числа людей со сниженным иммунитетом в силу возраста (демографические изменения), потребления наркотиков и медикаментозного лечения;
- новые и сложные варианты применения воды для технических целей, например, в зубоорудовании, системах кондиционирования воздуха, градирнях и т. д.;
- растут опасения, что уязвимости в системах водоснабжения могут быть использованы для террористических действий, угрожающих здоровью людей.

Перечисленные выше факторы риска лишь малая доля того, что органы здравоохранения и служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека должны разрешить уже сейчас, ведь наиболее эффективный метод борьбы с возможной проблемой — это её недопущение, а именно не создание чего-то нового, а совершенствование уже имеющихся модели социально-гигиенического мониторинга.

При эпидемических вспышках органы здравоохранения должны действовать быстро. В подобных ситуациях важно понимать пространственные связи, что является необходимым условием для успешных надзорных, противоэпидемических и профилактических мероприятий. ГИС является идеальным инструментом для мониторинга мероприятий по борьбе с болезнями, связанными с водой. Она позволяет установить территориальное распределение и колебания заболеваемости, представляя в доступной форме результаты анализа пространственных и временных тенденций, отображая местонахождение населения, подвергающегося риску, и оценивая

распределение ресурсов. Значительная часть необходимой информации является географически привязанной, например, территориальное распределение случаев заболевания, расположение источников угроз, медицинских учреждений, элементов инфраструктуры и служб экстренной медицинской помощи. Важной составляющей плана действий в чрезвычайных ситуациях и плана борьбы с эпидемическими вспышками является заблаговременное создание ГИС.

Возможности ГИС, как и других баз данных, ограничены исходными материалами, поэтому крайне важно, чтобы они были высочайшего качества. Как правило, для решения различных задач к показателям предъявляют разные требования, хотя некоторые наборы данных можно приобрести, например, оцифрованные карты.

### **История развития ГИС**

С древних времен людей интересовали причины развития заболеваний. Так, в Древней Греции «Отец медицины» Гиппократ в своих трудах описал влияние различных факторов, таких как климат, вода, питание на развитие заболеваний, тем самым сделал первые шаги в зачатии медицинской географии [4]. Однако в средневековье развитие медицины, в частности медицинской географии потерпело деградацию. Лишь к началу эпохи Возрождения появились труды и монографии, связанные с взаимоотношением человека и окружающей среды. Первым, кто задумался о создании мировой карты заболеваемости, был Леонард Людвиг Финке. В 19 веке весомый вклад в развитие медицинской географии внес Август Хирш. Его трехтомник «Справочник по географической и исторической патологии» был «библией» для тех, кто изучал распределение болезней в зависимости от местности [5]. Так же лепту в развитие медицинской географии внес в 1950-ые годы советский ученый Павловский Е.Н., введя учение о природной очаговости заболеваний. Под этим понятием заболевания понимались различные процессы инфекционных и зоонозных болезней с учетом характеристик местности: состояние почвы, воды и воздуха [6].

С развитием технологий, усовершенствованием вычислительных техник и применением ГИС в медицинской географии можно выделить новый этап развития. Однако зачатки применения методов геоинформационных систем в медицинской географии были заложены английским анестезиологом и эпидемиологом Джоном Сноу еще в 1854 году во время вспышки холеры. В поисках источника распространения холеры Джон Сноу наносил на карту места вспышки инфекции. Таким образом, он обнаружил, что очагом возникновения заболевания являлся водозаборный насос [7]. Постоянная необходимость людей в знании о пространственном расположении объектов на земной

поверхности, а также спрос на специализированные карты привели к развитию ГИС. Современный облик, более знакомый для нас, ГИС приобрели в 50-х годах 20 века. С развитием компьютера и технологий также совершенствовались ГИС [8]. Различные задачи и требования прямо ставили перед картографами задачу создания ГИС.

Waters [8] в своей работе приводит 2 вида периодизации развития ГИС: первая периодизация, разработанная была предложена Коппоком и Риндом, вторая – Форсманом. В целом данные периодизации делятся на 4 этапа, начинающиеся с 1950 года, и отличаются временными рамками: ранний период, период экспериментального исследования, период коммерциализации и период за доминирование среди клиентов. После 90-х годов 20 века в развитии ГИС появляется тенденция развития нового предмета геоинформационная наука [8].

В современной литературе по геоинформационным технологиям авторы выделяют три основных периода развития программно-аппаратных средств ГИС: пионерный, государственных инициатив, пользовательский (коммерческий).

**Пионерный период:** конец 50-х – начало 70-х годов прошлого столетия. В этот период в сфере информационных технологий выполняются работы по изучению новых возможностей картографии с использованием электронной вычислительной техники. Важные значения имели научные и теоритические работы в области географии и картографии по оценке пространственных взаимосвязей между геообъектами, а также изучение количественных методов в географии в странах - США, Канаде, Англии, Швеции (работы У. Гаррисона (William Garrison), Т. Хагерстранда (Torsten Hagerstrand), Г. Маккарти (Harold McCarty), Я. Макхарга (Ian McNarg)).

**Период государственных инициатив:** характерен для периода с 70-х годов по начало 80-х годов. Данный период характеризуется созданием и развитием крупных геоинформационных проектов под покровительством государства, что соответствует названию периода. Увеличивается количество государственных институтов в области геоинформационных технологий, при снижении роли и заслуг отдельных исследователей и небольших групп.

**Пользовательский (коммерческий) период:** Начиная с 1981 года и по настоящее время. Для этого периода характерно массовая коммерческая эксплуатация программных продуктов и приложений ГИС.



## Классификация ГИС

### По территориальному охвату:

глобальные ГИС;  
субконтинентальные ГИС;  
национальные ГИС;  
региональные ГИС;  
субрегиональные ГИС;  
локальные или местные ГИС.

### По уровню управления:

федеральные ГИС;  
региональные ГИС;  
муниципальные ГИС;  
корпоративные ГИС.

### По функциональности:

полнофункциональные;  
ГИС для просмотра данных;  
ГИС для ввода и обработки данных;  
специализированные ГИС.

### По предметной области:

картографические;  
геологические;  
городские или муниципальные ГИС;  
природоохранные ГИС и т. п.

Если помимо функциональных возможностей ГИС в системе присутствуют возможности цифровой обработки изображений, то такие системы называются интегрированными ГИС (ИГИС). Полимасштабные, или масштабно-независимые ГИС основаны на множественных, или полимасштабных представлениях пространственных объектов, обеспечивая графическое или картографическое воспроизведение данных на любом из избранных уровней масштабного ряда на основе единственного набора данных с наибольшим пространственным разрешением. Пространственно-временные ГИС оперируют пространственно-временными данными.

В настоящее время в связи со стремительным развитием компьютерных технологий и систем, широким кругом пользователей активно стали применяться геоинформационные системы, установленные непосредственно на персональных электронно-вычислительных машинах (ПЭВМ) пользователей. Такие геоинформационные системы стали называть - Настольная ГИС.

Настольные ГИС широко используются в связи с удобством их локального применения.

Настольная ГИС позволяет:

- представить картографическую информацию в удобном виде для дальнейшего использования;
- проводить анализ географического местоположения объектов на электронной карте;
- определять местоположение объектов по запросу с учетом выбранных критериев;
- проводить расчеты по определению расстояния;
- принимать решения на основании полученных картографических данных;
- объединять картографическую и пользовательскую информацию от разных источников;
- проводить загрузку и обновление карт из различных геоинформационных источников;

Настольные ГИС является уникальной пользовательской интерактивно-справочной географической системой позволяющие пользователю использовать большие возможности профессиональных геоинформационных систем. В набор инструментов входят блоки по анализу, определению и созданию баз данных об объектах с привязкой к электронным картам местности. Использование настольной ГИС позволяет проводить различные расчёты на электронной карте при этом применяются полноценные методики обработки географических данных с помощью разнообразного инструментария настольной ГИС можно исследовать географические связи различных данных, осуществлять перерисовки и редактирования, отображать как географические, так и различные табличные данные. Электронные карты настольных ГИС являются высоко динамичными, что позволяет автоматическую корректировку данных всей ГИС.

**GRASS** содержит свыше 350 программ и инструментов для отображения карт, и изображений на мониторе и бумаге; возможность манипулировать растровыми, и векторными данными; осуществить процесс анализа спектральных данных изображений, а также создавать, управлять и хранить пространственные данные. GRASS использует интуитивно понятный интерфейс, а также синтаксис командной строки для удобства операций. GRASS может взаимодействовать с коммерческими принтерами, плоттерами,

дигитайзеры, и базами данных для разработки новых данных, а также управлять существующими данными.

**ArcGIS Explorer** – представляет собой клиентскую программу для ArcGIS Server. Она предназначена для захода на ГИС-сервис ArcGIS Server и другим ГИС веб-ресурсам. Применяя ArcGIS Explorer пользователь может отображать и анализировать информацию представленную одним или несколькими ГИС- порталами (сервисов) через сеть Интернет. Помимо ГИС- порталов (сервисов) ArcGIS Server, с применением ArcGIS Explorer пользователь получает доступ к ГИС-сервисам других систем, к примеру разработанных и представленных с применением ArcIMS, ArcWeb Services. Пользователь может применять ArcGIS Explorer при работе с географическими данными находящимися на Вашем компьютере, такими как шейп-файлы, файловые базы геоданных, файлы KML, JPEG 2000, GeoTIFF, MrSID, IMG .

**Геоинформационная система ObjectLand (ГИС ObjectLand)** является универсальной геоинформационной системой, работающей под Windows. Система предназначена для использования в областях, связанных с совместной обработкой пространственной и табличной информации.

Основные характеристики:

- хранение пространственной информации как во внутренней СУБД, так и в MS SQL Server, Oracle, DB2, MySQL, Interbase/Firebird, PostgreSQL, MS Access;
- хранение табличной информации как во внутренней СУБД, так и в любой внешней базе данных, к которой имеется доступ через протокол ODBC;
- многопользовательское редактирование данных;
- импорт и экспорт данных для форматов MIF/MID (MapInfo), SHP (ArcView), DXF (AutoCAD), DBF (dBASE), CSV;
- разграничение прав доступа пользователей к данным;
- COM-интерфейсы для использования из внешних приложений.

**SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses)** является свободно распространяемой геоинформационной системой с открытым исходным кодом, используется для редактирования пространственных данных и пространственного моделирования. Первоначально она была разработана небольшой командой на кафедре физической географии Геттингенского университета (Германия), в настоящее время проект поддерживается международным сообществом разработчиков. Основной целью **SAGA GIS** является предоставление пользователям высокоэффективных и гибких инструментов для проведения научных исследований с применением пространственного анализа. В репозитории **SAGA** содержится большой набор модулей, реализующий

базовые методы моделирования, в случае необходимости создания собственных инструментов для проведения исследований легко можно научиться реализовывать алгоритмы исследований с помощью API. Инструментарий SAGA быстро расширяется сообществом пользователей **gvSIG** это ГИС, т.е. настольное приложение, предназначенное для сбора, хранения, обработки, анализа и развёртывания любой географически привязанной информации для решения комплексных проблем управления и планирования. **gvSIG** известен дружественным к пользователю интерфейсом, дающим возможность доступа к наиболее распространённым форматам данных, как векторным, так и растровым. **gvSIG** имеет обширный набор средств для работы с географической информацией (выборки, создание макетов, геообработка, сетевой анализ и т.д.), которые делают её идеальным инструментом для пользователей, работающих в сфере ГИС. ГИС **gvSIG** имеет дружественный интерфейс и предоставляет быстрый доступ к большинству стандартных растровых и векторных форматов. ГИС **gvSIG** также может интегрировать локальные и удаленные данные через WMS, WFS, WCS и JDBC ресурсы.

ГИС **gvSIG** - это свободное, открытое приложение с лицензией GPL. С самого начала особое внимание уделялось развитию проекта **gvSIG** так, чтобы разработчики могли легко добавлять функции к приложению и создавать полностью новые приложения из библиотек, используемых в **gvSIG** (новые приложения также должны иметь лицензию GPL).

ГИС **gvSIG** предназначена для конечных пользователей географической информации в бизнесе и общественных администрациях (муниципалитеты, региональные советы и региональные и национальные министерства).

## Устройство ГИС.

Современные ГИС представляют собой новый тип интегрированных информационных систем, обладающих спецификой в организации и обработке данных. С этой точки зрения ГИС можно представить в виде трёхуровневой системы (рис. 1).



Рис. 1 Структура обобщённой ГИС

### **Входной поток:**

ТЗс - техническое задание на сбор информации;

ТЗм - техническое задание на хранение, обновление и моделирование;

ТЗп - техническое задание на представление данных после окончательной обработки;

X<sub>1</sub> - множество первичных данных, измеряемых или собираемых с помощью различных технологий.

### **Выходной поток:**

X<sub>y</sub> - множество унифицированных данных, получаемых после сбора и первичной обработки;

ЦММ - цифровая модель местности, хранимая в БД ГИС;

ЦМК - цифровая модель карты, сгенерированная для визуального представления на дисплее или для печати.

Т<sub>м</sub>, НТ<sub>п</sub> - нормативные требования к данным при моделировании и представлении информации соответственно.

На первом системном уровне происходит сбор первичных данных, получаемых с помощью различных методов и технологий. В ходе первичной обработки эти данные

унифицируются, создавая некоторое подмножество данных, которое частично хранится в виде архивов и полностью передаётся на второй уровень.

На *втором* системном уровне осуществляются анализ унифицированной информации, установление связей между объектами; устранение избыточности; проверка на целостность и непротиворечивость данных; формирование метаданных и т.д. Здесь содержатся необходимые данные для построения цифровой модели местности (ЦММ), которая хранится в базе данных в виде совокупности графической и символической информации.

После обработки ЦММ передаётся на *третий* системный уровень, где преобразуется в цифровую модель карты, служащей основой представления информации.

Данная схема (рис.1) применима не только к ГИС, но и к любой автоматизированной системе (АС). Поэтому на её основе можно проводить сравнительный анализ как среди геоинформационных систем, так и с другими автоматизированными системами, предназначенных для решения задач на разных системных уровнях (рис. 2).

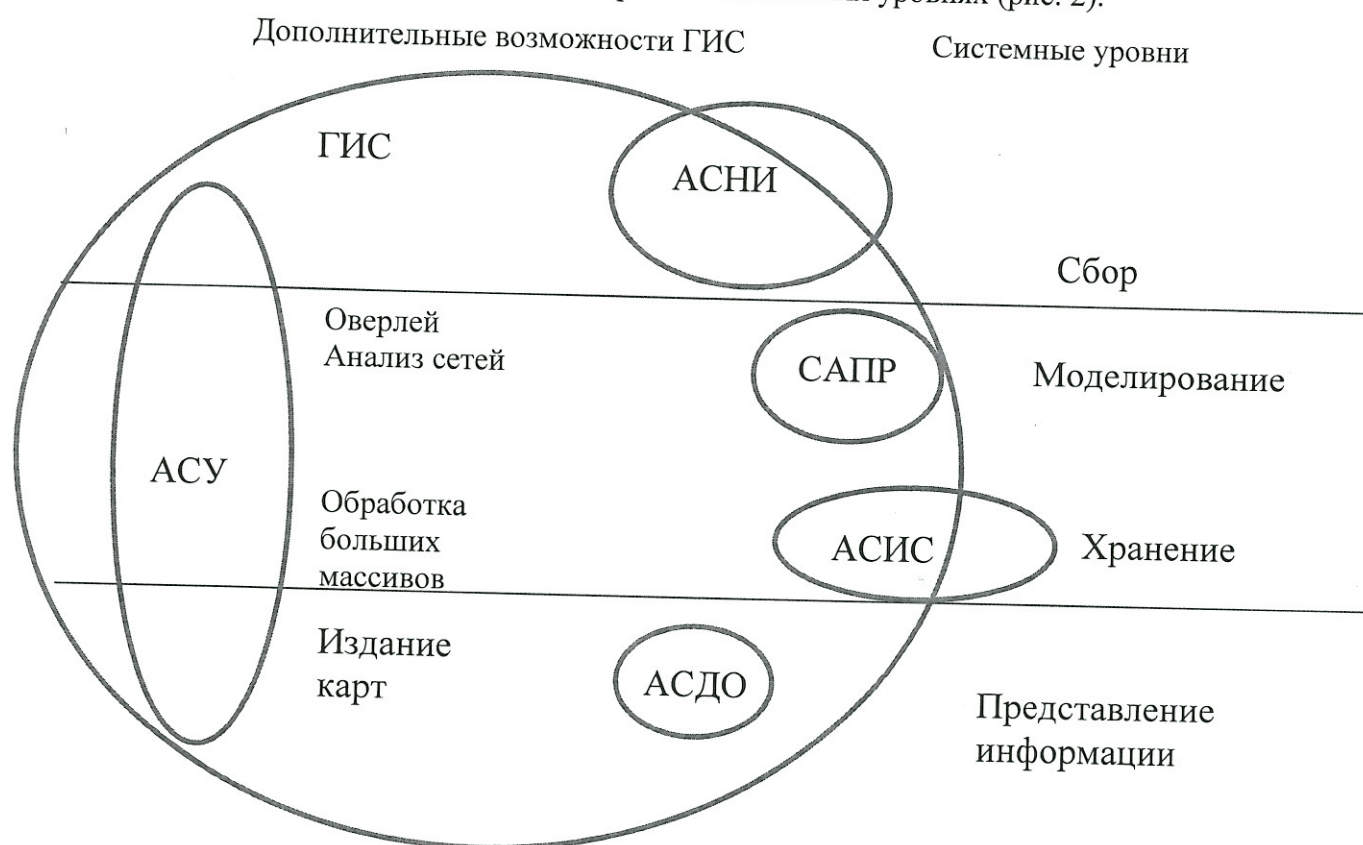


Рис. 2 Дополнительные возможности ГИС по сравнению с автоматизированными системами на разных системных уровнях

АСНИ – автоматизированные системы научных исследований;

САПР – системы автоматизированного проектирования;

АСИС – автоматизированные справочно-информационные системы;

АСДО – автоматизированная система документационного обеспечения;

АСУ - автоматизированная система управления.

Основой интеграции технологий служат технологии САПР. АСУ полностью интегрирована в ГИС и может быть рассмотрена как подмножество этой системы. Экспертные системы (ЭС) являются составной частью как систем принятия решений.

Таким образом, ГИС можно рассматривать как новый современный вариант автоматизированных систем управления, использующих большее число данных и большее число методов анализа и принятия решений.

## ГИС в России.

Наибольшее распространение в России имеют программные продукты ArcGIS и ArcView компании ESRI, семейство продуктов GeoMedia корпорации Intergraph и MapInfo Professional компании Pitney Bowes MapInfo. Используются также другие программные продукты отечественной и зарубежной разработки: Bentley's MicroStation, IndorGIS, STAR-APIC, Zulu, ДубльГИС и др.

В настоящее время в РФ имеются следующие документы, регламентирующие работу с геоинформационными системами:

|                       |                                                                                                                             |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ГОСТ Р 52055-2003     | Геоинформационное картографирование. Пространственные модели местности. Общие требования                                    |
| ГОСТ Р 52155-2003     | Географические информационные системы федеральные, региональные, муниципальные                                              |
| ГОСТ Р 52438-2005     | Географические информационные системы. Термины и определения                                                                |
| ГОСТ Р 52571-2006.    | Географические информационные системы. Совместимость пространственных данных. Общие требования                              |
| ГОСТ Р 52572-2006     | Географические информационные системы. Координатная основа. Общие требования                                                |
| ГОСТ Р 52573-2006.    | Географическая информация. Метаданные                                                                                       |
| ГОСТ Р 52293-2004     | Геоинформационное картографирование. Система электронных карт. Карты электронные топографические. Общие требования          |
| ГОСТ Р 53339-2009     | Данные пространственные базовые. Общие требования                                                                           |
| ГОСТ Р 52439- 2005    | Модели местности. Цифровые каталог объектов местности                                                                       |
| ГОСТ Р ИСО 19113-2003 | Географическая информация. Принципы оценки качества                                                                         |
| ГОСТ Р ИСО 19105-2003 | Географическая информация , Соответствие и тестирование                                                                     |
| ГОСТ Р 50828-95       | Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования.               |
| ГОСТ Р 51605-2000     | Карты цифровые топографические. Общие требования.                                                                           |
| ГОСТ Р 51606-2000     | Карты цифровые топографические. Система классификации и кодирования цифровой картографической информации. Общие требования. |
| ГОСТ Р 51607-2000     | Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания картографической информации. Общие требования.                   |
| ГОСТ Р 51608-2000     | Карты цифровые топографические. Требования к качеству.                                                                      |



## ГИС в системе СГМ Роспотребнадзора РФ.

Одной из значимых задач Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека является организация и ведение социально-гигиенического мониторинга (СГМ). [9] На современном этапе ГИС система социально-гигиенического мониторинга характеризуется как научно обоснованная система управления рисками здоровью населения, являющаяся одним из инструментов риск-ориентированного модели санитарно-эпидемиологического надзора на разных уровнях Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. [10-14]

Использование геоинформационных технологий в санитарно-гигиеническом мониторинге территорий обусловлено актуальной проблемой необходимости дальнейшего развития и совершенствования современной системы социально-гигиенического мониторинга. [15]

На сегодняшний день ГИС в социально-гигиеническом мониторинге позволяют:

**Делать пространственные запросы и проводить анализ.** Способность ГИС проводить поиск в базах данных и осуществлять пространственные запросы и получать информацию об

- инфекционной заболеваемости;
- демографическую информацию исследуемого района;
- информацию о качестве питьевой воды;
- информацию о качестве атмосферного воздуха;
- информацию о состоянии почв;
- информацию о состоянии воды открытых водоемов;
- информацию по источникам электромагнитного излучения.

**Улучшать интеграцию внутри организации.**

Многие применяющие ГИС организации обнаружили, что одно из основных ее преимуществ заключается в новых возможностях улучшения управления собственной организацией и ее ресурсами на основе географического объединения имеющихся данных и возможности их совместного использования и согласованной модификации разными подразделениями. Возможность совместного использования и постоянно наращиваемая и исправляемая разными структурными подразделениями база данных позволяет повысить эффективность работы как каждого подразделения, так и организации в целом.

**Принимать более обоснованные решения.** Создание единой системы программного обеспечения, основанного на геоинформационных подходах, направленное на формирование информационного фонда СГМ, унификации процесса получения

многоплановой информации, интегральной ее обработки, стандартизации, установлении связи показателей здоровья и факторов окружающей среды, с последующим выделением приоритетных, проведении гигиенического ранжирования территорий, оздоровительных мероприятий. ГИС призваны обеспечить возможности:

- оперативного наблюдения за уровнем санитарно-эпидемиологического состояния населения, его оценки и прогнозирования изменений;
- установление влияния факторов среды обитания на здоровье населения;
- инвентаризации источников воздействия;
- привязка атрибутивных данных к конкретным пространственным объектам;

**Создавать карты.** Картам в ГИС отведено особое место. Процесс создания карт в ГИС намного более прост и гибок, чем в традиционных методах ручного или автоматического картографирования. Он начинается с создания базы данных. В качестве источника получения исходных данных можно пользоваться и оцифровкой обычных бумажных карт. В любое время база данных может пополняться новыми данными (например, из других баз данных), а имеющиеся в ней данные можно корректировать по мере необходимости.

При работе с ГИС минимальной административной территориальной единицей является населенный пункт или административный район. Именно к географическим координатам этого пункта привязываются данные об экологической напряженности территории, медико-статистические и социально-демографические показатели.

Грозаву И. И. и другие в своей работе «Возможности совершенствования социально-гигиенического мониторинга с помощью информационных технологий» отмечают необходимость выделения подсистем ГИС в СГМ:

- а) Подсистема лабораторных исследований представляет собой подсистему ввода результатов лабораторных исследований среды обитания населения.
- б) Подсистема регистрации данных должна включать в себя характеристики точек отбора проб и нормативную документацию.
- в) Подсистема социально-демографической ситуации должна позволять автоматически конвертировать файлы с табличными данными, которые содержат социально-демографическую информацию о каждом жителе с указанием адреса.
- г) Подсистема ввода данных о заболеваемости населения имитирует талон амбулаторного больного.
- е) Подсистема картографической топоосновы с адресным планом представляет собой цифровой картографический материал определенного населенного пункта области масштаба 1:10 000 с набором тематических слоев.

f) Подсистема вывода запросов должна обеспечить формирование запросов по данным мониторинга атмосферного воздуха, питьевой воды, почв за любой период времени и в любой точке населенного пункта.

g) Подсистема обработки результатов моделирования рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе должна обеспечивать формирование векторных тематических слоев.

h) Подсистема анализа должна анализировать численность населения, подверженного загрязнению; выполняет оценки экспозиции населения.

Опыт применения ГИС в СГМ представлен на примерах городов федерального значения [16], Воронежской области [17], южных регионов России [18], Северо-Западного региона [19], Республики Бурятия [20], Пермского края [21], Удмуртской Республики [22], Арктической зоны России [23].

В Ростовском-на-Дону противочумном институте разработана геоинформационная система (ГИС) «Единая система мониторинга эпидемиологических угроз. Модуль санитарная охрана» (Зарегистрирована в Роспатенте 13 декабря 2019 г. № 2019622360) для мониторинга заболеваемости особо опасными инфекциями [24].

В работе Грозаву И.И. сделана успешная попытка обобщения перспективных возможностей использования ГИС в целях совершенствования социально-гигиенического мониторинга, рассмотрены отличительные характеристики различных систем и сформулированы выводы о направлениях совершенствования СГМ на основе использования ГИС [25].

Нижегородским НИИ эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной (ННИИЭМ) совместно с Верхневолжским аэрогеодезическим предприятием создан и внедряется в практику работы органов Роспотребнадзора и здравоохранения электронный эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа (ПФО). [26].

Для целей социально-гигиенического мониторинга в городе Москве в 2000 году была разработана и внедрена «Автоматизированная информационная система для комплексного анализа, моделирования и отображения многофакторных пространственно-распределенных данных социально-гигиенического мониторинга на базе геоинформационных технологий». (МОСКВА) Интегрированная с персонифицированным банком данных инфекционных больных в Москве (АИС «ОРУИБ»), ГИС–СГМ обеспечивает представление на электронной карте оперативной информации по инфекционной заболеваемости с проведением анализа пространственно-распределенной информации.

Проблемы использования системы социально-гигиенического мониторинга в

обеспечении санитарно-эпидемиологической безопасности населения:

1. Система ГИС-СГМ носит межведомственный характер, что затрудняет внедрение единой автоматизированной системы сбора и анализа полученных данных.

2. Еще одним аспектом функционирования системы является тот факт, что, несмотря на общность сбора информации в федеральный информационный фонд (ФИФ) СГМ, в регионах имеются значительные различия в применении автоматизированных программных продуктов формирования и анализа баз данных, в том числе и на основе географических информационных систем (ГИС).

### **Применение ГИС для санитарно-бактериологического мониторинга.**

Анализ многолетних исследований бактериального состава воды водоисточников, проведённых в разных регионах страны показал, что практически повсеместно ухудшается её качество по причине массированного сброса в водоёмы неочищенных или недостаточно очищенных бытовых, хозяйственных, промышленных, ливневых, сельскохозяйственных вод, содержащих различную микрофлору, в том числе и патогенную [27].

Г.Г. Онищенко подчёркивает, что санитарное состояние водоёмов, используемых как для питьевого водоснабжения, так и для рекреации, «продолжает вызывать серьезные опасения и отрицательно влияет на состояние здоровья населения». В соответствии с указом Президента РФ от 11.03.2019 N 97В «Об основах государственной политики РФ в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» необходимо создание и развитие системы мониторинга химических и биологических рисков, а также осуществление межгосударственного и международного сотрудничества в области химической и биологической безопасности [28].

Качество питьевой воды является предметом постоянной и объективной оценки с целью своевременного выявления степени загрязнения воды, потребляемой населением, а также принятия мер по повышению ее качества в централизованных системах и децентрализованных источниках питьевого водоснабжения (Шур П.З., 2010).

Следствием загрязнения водоисточников является низкое качество питьевой воды, поступающей потребителям из водопроводной сети и нецентрализованного водоснабжения (Черепов В.М. с соавт., 2000; Онищенко Г.Г., 2002; Тихомиров Ю.П. с соавт., 2006).

В последние годы сложилось понимание, что традиционно используемая и законодательно закреплённая система контроля и надзора за состоянием окружающей среды, с акцентом на установление и применение гигиенических нормативов, не может в

полной мере гарантировать безопасность в отношении последствий для здоровья населения и правильное определение управленческих приоритетов, направленных на улучшение экологической ситуации, как в масштабах всей страны, так и в конкретной ситуации [29].

Именно по этой причине применение ГИС в санитарно-бактериологическом мониторинге воды поверхностных водоемов, питьевой воды с фиксацией точек отбора проб эффективно для выявления границ контаминации водных объектов, возможности их загрязнения сточными водами, оценки степени риска для населения, а также сопоставления результатов эпидемиологической ситуации с природными факторами, такими, как погодные условия, температура воды и др.

Этапы информационного анализа санитарно-бактериологического мониторинга включает следующие стадии:

1) сбор информации о состоянии водных объектов:

- a) экспедиционные исследования;
- b) стационарные исследования;
- c) аэровизуальные наблюдения;
- d) дистанционное зондирование;
- e) тематическое картографирование;
- f) система мониторинга; литературные,
- g) фондовые и архивные данные;

2) первичная обработка и структуризация:

- a) кодирование информации;
- b) преобразование в машинную форму;
- c) цифрование картографического материала;
- d) структуризация данных;

приведение данных к стандартному формату;

3)заполнение базы данных и статистический анализ:

- a) выбор логической организации данных;
- b) заполнение базы данных и редактирование; интерполяция и экстраполяция недостающих данных;

c) статистическая обработка данных; анализ закономерностей в поведении данных, выявление трендов и доверительных интервалов;

4) моделирование циркуляции санитарно-показательных и потенциально-патогенных микроорганизмов в воде открытых водоёмов:

- a) использование усложняющихся моделей;

- b) варьирование граничными условиями;
- c) имитация поведения водных экосистем при единичных воздействиях;
- d) картографическое моделирование;
- e) исследование диапазонов отклика при различных воздействиях;
- 5) экспертное оценивание: оценка диапазонов изменения воздействий на экосистемы;

б) выявление закономерностей и прогнозирование бактериального риска загрязнения водных объектов:

- a) разработка возможных сценариев поведения водных экосистем;
- b) прогнозирование поведения водных экосистем;
- c) оценка результатов различных сценариев;

К основным направлениям для улучшения качества среды обитания и состояния здоровья населения, которые возможно достичь путём развития геоинформационных систем в ФБУН Ростовский НИИ микробиологии и паразитологии со стороны санитарно-бактериологического мониторинга следующие:

1. Совершенствование системы анализа рисков на основе МР 2.1.10.0031-11. 2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем. Методические рекомендации" (утв. Роспотребнадзором 31.07.2011) [30].

2. Разработка методов расчета переноса загрязнений в воде, а, следовательно, установление точных границ поясов санитарной охраны;

3. Позволяет установить границы 2-го и 3-го поясов санитарной охраны, который в настоящее время определяется механически на бумажных носителях, при этом погрешность границ составляет до сотни метров на местности

4. Контроль санитарно-защитных зон:

- представить картографическую информацию в удобном виде для дальнейшего использования;
- проводить анализ географического местоположения объектов на электронной карте;
- определять местоположение объектов по запросу с учетом выбранных критериев;
- проводить расчеты по определению расстояния;
- принимать решения на основании полученных картографических данных;
- объединять картографическую и пользовательскую информацию от разных источников;

- проводить загрузку и обновления карт с различных геоинформационных источниках

5. Разработка информационного письма о санитарно-бактериологическом состоянии водных объектов г. Ростова-на-Дону, которое может иметь рыбохозяйственное значение для Министерства лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Ростовской области, а также обоснование предложений администрации Ростов-на-Дону учитывать установленные особенности формирования антропогенной нагрузки.

Для расчетов уровней бактериального риска здоровью разработать программу для ЭВМ «Программа по оценке микробного риска здоровью населения от возникновения кишечных инфекций бактериальной этиологии, ассоциированных с водным фактором «WaterRisk» [31,32,33].

В данном обзоре литературы обобщены материалы по использованию ГИС в качестве инструмента для изучения вопросов, связанных со здоровьем населения. Наши результаты показывают, что ГИС и пространственный анализ может быть использован как эффективный подход к программе, политике и вопросам планирования в области укрепления здоровья и общественного здравоохранения. Эти инструменты предлагают широкие возможности для описания, анализа, моделирования и визуализирования проблем, связанных со здоровьем и ставить вопросы, имеющие отношение к политическим решениям в области политики здравоохранения. ГИС является отличным инструментом для всех стейкхолдеров в области охраны здоровья и политики здравоохранения в получении наилучших доказательств для обоснования своих решений. ГИС - это инновационная технология, которая может быть использована как мост между наукой и практикой. Используя пространственный аспект для связывания результатов в отношении здоровья с учетом поведенческих и экологических факторов. ГИС может эффективно использоваться для мониторинга и оценки государственных программ и политических мероприятий, одновременно отслеживая изменения в здоровье населения или общества. При этом ГИС приложения должны быть тщательно разработаны и оценены для обеспечения достоверности, надежности, прозрачности и повышения подотчетности в политике и практике, основанной на доказательствах.

ГИС являются важными инструментами исследования наук о здоровье. Они позволяют визуализировать данные о заболеваниях и контролировать их. Кроме того, эти системы позволяют отображать потребности системы здравоохранения, а также доступные ресурсы и материалы. Добавление большего количества возможностей моделирования в сочетании с обработкой пространственных данных временного

пространства, позволяют ГИС стать более мощным инструментом для широкого спектра задач в секторе здравоохранения: особенно в эпидемиологических исследованиях и планировании сети медицинских учреждений.

### **Список литературы.**

1. Географическая информационная система URL: <http://www.gisa.ru/13058.html> (дата обращения: 20.08.2021).
2. Валеев Т.К. Характеристика риска для здоровья населения, связанного с качеством подземных вод нефтедобывающих территорий республики Башкортостан/ Т.К. Валеев, Р.А. Сулейманов, Н.Р. Рахматуллин // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. –№ 1(250). – С. 28–30.
3. Kistemann T. Bedrohung durch Infektionskrankheiten? Risikoeinschaetzung und Kontrollstrategien. / T. Kistemann, M. Exner// Deutsches Ärzteblatt,2000.79(5):251–255.
4. Park K. Preventive and Social Medicine India // Yngre Laeger. 2007. С. 771.
5. Barrett F.A. Finke’s 1792 map of human diseases: The first world disease map? // Social Science and Medicine, 2000. С. 915-916.
6. Коренберг Э.И. Природная очаговость болезней: к 70-летию теории / Э.И. Коренберг, В.Ю. Литвин // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2010.- Т.1. -С. 5–9.
7. McLeod K.S. Our sense of Snow: The myth of John Snow in medical geography // Social Science and Medicine, 2000. С. 923-935.
8. Waters N. GIS: History // International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2017. С. 1–12.
9. Студеникина Е.М. Проблемные вопросы использования географических информационных систем в социально-гигиеническом мониторинге и риск-ориентированном надзоре/ Е.М. Студеникина, Ю.И. Стёпкин, О.В. [и др.]// ЗНиСО.-2019.- N06.-С.315.
10. Андреева Е.Е. Применение методологии оценки риска для здоровья населения от вредных факторов окружающей среды в практической деятельности Управления Роспотребнадзора/ Е.Е. Андреева, А.В. Иваненко [и др.] // Гигиена и санитария. -2016. -Т. 95.- № 2.-С. 219–222.
11. Кузьмин С.В. Социально-гигиенический мониторинг и информационно-аналитические системы обеспечения оценки и управления риском для здоровья населения и риск-ориентированной модели надзорной деятельности/ С.В. Кузьмин [и др.] // Гигиена и санитария. -2017. -Т. 96. -№ 12. -С. 1130–1136.
12. Попова А.Ю. Опыт методической поддержки и практической реализации риск-



ориентированной модели санитарно-эпидемиологического надзора: 2014–2017 гг./ А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май // Гигиена и санитария. -2018.- Т. 97.- № 1.-С. 5–9.

13. Рахманин Ю.А. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов/ Ю.А. Рахманин, А.В. Леванчук, О.И. Копытенкова// Гигиена и санитария. -2017.- Т. 96.- № 4. -С. 298–301.

14. Цунина Н.М. Алгоритм применения результатов социально-гигиенического мониторинга на региональном уровне/ Н.М. Цунина, Ю.В. Жернов// Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. -2016. -Т. 24.-№ 2. -С. 77–81.

15. Грозаву И.И. Возможности совершенствования социально-гигиенического мониторинга с помощью информационных технологий/ И.И. Грозаву, Д.Ф. Курбанбаева, А.Д. Шматко // NovaInfo.Ru.- 2016. -Т. 2. -№ 54.- С. 311–316.

16. Онищенко Г.Г. Кластерная систематизация параметров санитарно-эпидемиологического благополучия населения регионов Российской Федерации и городов федерального значения/ Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева [и др.] // Анализ риска здоровью. - 2016.- № 1.- С. 4–14.

17. Клепиков О.В. Применение геоинформационных технологий в региональных системах мониторинга окружающей среды и здоровья населения/ О.В. Клепиков, Н.П. Мамчик, И.В. Колнет [и др.] // Вестник Удмуртского университета. 2018. -Т. 28. -№ 3.- С. 249-256.

18. Архипова О.Е. Геоинформационное моделирование медико-экологической безопасности южных регионов России/ О.Е. Архипова, Е.А. Черногубова, Н.В. Лихтанская// ИнтерКарто/ИнтерГИС. -2018. -Т. 24.- № 1.- С. 109–122.

19. Карелин А.О. Применение географических информационных систем для совершенствования санитарно-эпидемиологического надзора и социально-гигиенического мониторинга/А.О. Карелин, А.Ю. Ломтев [и др.] // Гигиена и санитария.- 2017.- Т. 96.- № 7.-С. 620–622.

20. Мадеева Е.В. Применение геоинформационных систем при ведении социально-гигиенического мониторинга и обосновании управленческих решений/ Е.В. Мадеева, С.С. Ханхареев [и др.] // Санитарный врач.- 2014. -№ 5.- С. 16–19.

21. Май И.В. К оценке уровня электромагнитного поля (300 ГГц – 300 МГц) в крупном промышленном центре на базе 3D-моделирования и инструментальных измерений/ И.В. Май, С.Ю. Балашов [и др.] // Анализ риска здоровью.- 2017. -№ 3. -С. 21–30.

22. Малькова И.Л. Возможности применения ГИС-технологий в рамках социально-гигиенического мониторинга/ И.Л. Малькова, П.С. Мальков // Материалы Всероссийской

очно-заочной научно-практической конференции с международным участием: «Современные проблемы обеспечения экологической безопасности».2017. –С.204-208.

23. Горбанев С.А. Организация межрегиональной системы мониторинга с использованием технологий геоинформационной системы на примере Арктической зоны Российской Федерации/ С.А. Горбанев [и др.] // Гигиена и санитария. -2018. -Т. 97.- № 12.- С. 1133–1140.

24. Воловикова С.В. Использование ГИС-технологий для мониторинга заболеваемости особо опасными инфекциями/ С.В. Воловикова, С.И. Стенина [и др.] //Материалы XII Ежегодного Всероссийского интернет-конгресса по инфекционным болезням с международным участием.- 2020. -С.49-50.

25. Грозаву И.И. Возможности совершенствования социально-гигиенического мониторинга с помощью информационных технологий/ И.И. Грозаву, Д.Ф. Курбанбаева, А.Д. Шматко // NovaInfo.Ru.-2016.- Т. 2.- № 54.- С. 311–316.

26. Манин Е.А. Совершенствование эпидемиологического надзора за бруцеллезом с использованием ГИС-технологий/ Е.А.Манин [и др.] //Проблемы особо опасных инфекций.-2012.- № 114.-С.26-28.

27. Ардаева К.М. // Методика гигиенической оценки заболеваемости населения РФ по результатам ежегодного социально-гигиенического мониторинга/ К.М. Ардаева, Г.А. Гитинов, В.А. Майдан// Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма. материалы XII Международной научно-практической конференции. - 2018. - С. 451-455.

28. Указ Президента РФ от 11.03.2019 N 97 "Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу" Доступ из справ. -правовой системы «Консультант Плюс» (дата обращения: 05.09.2021).

29. Липшиц Д.А. Гигиеническое обоснование совершенствования оценки качества питьевой воды в организации санитарного надзора за питьевым водоснабжением территории (на примере Нижегородской области)-14.02.01: дис. кан. мед.наук. – Россия, г. Н.Новгород: 2012. – С. 197.

30. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем: МР 2.1.10.0031-11. // Роспотребнадзор. -31.07.2011.

31. Журавлёв П.В. Комплексное изучение микробного риска возникновения острых кишечных инфекций при оценке эпидемической безопасности питьевого водопользования/ П.В. Журавлёв, В.В. Алешня [и др.] // Ж. Инфекционные болезни:

новости, мнения, обучение- 2018.- Т. 7. - № 3. - С. 7–14.

32. Недачин А.Е. Обеспечение эпидемической безопасности питьевого водопользования населения России / А.Е. Недачин, Т.З. Артёмова [и др.] // Современные проблемы медицины окружающей среды. Мат. пленума – М., 2004. – С. 29 – 31.

33. Недачин А.Е. Обеспечение эпидемической безопасности потребителей в условиях реализации технического регламента «О безопасности питьевой воды»/ А.Е. Недачин, Т.З. Артёмова [и др.] // Методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования биологических факторов в гигиене окружающей среды. Материалы пленума научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минздрава и соотв. развития РФ. – Москва, 2009. – С. 193 – 195.