

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ

ISO
5667-20

Первое издание

2008-03-15

Качество воды. Отбор проб.

Часть 20.

Руководство по использованию выборочных данных для принятия решения. Соответствие порогам и классификационным системам

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c863bd97-2879-46d1-bd55-51d850510440/iso-5667-20:2008>

Water quality — Sampling —

*Part 20: Guidance on the use of sampling data for decision making —
Compliance with thresholds and classification systems*

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава



Ссылочный номер
ISO 5667-20:2008(R)

© ISO 2008

Отказ от ответственности при работе в PDF

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или вывести на экран, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на загрузку интегрированных шрифтов в компьютер, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe торговый знак фирмы Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованным для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General info файла; параметры создания PDF были оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами-членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просьба проинформировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 5667-20:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c863bd97-2879-46d1-bd55-51d8b08fbc40/iso-5667-20-2008>



ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2008

Все права сохраняются. Если не указано иное, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия ISO по соответствующему адресу, указанному ниже, или комитета-члена ISO в стране заявителя.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Страница

Предисловие	iv
Введение	vi
1 Область применения	1
2 Обзор ключевых пунктов	1
3 Типы ошибки и изменчивость	2
3.1 Общие положения	2
3.2 Аналитическая ошибка	3
3.3 Общая неопределенность	4
4 Действия	5
4.1 Оценка суммарных статистик	5
4.2 Соответствие порогам для качества воды	6
4.3 Достоверность отказа	8
4.4 Методы для порогов, выраженных в процентилях	9
4.5 Непараметрические методы	11
4.6 Обзорные таблицы	15
5 Определение порогов	16
5.1 Общие положения	16
5.2 Идеальные пороги	16
5.3 Абсолютные пределы	17
5.4 Процент отказавших выборок	20
5.5 Пределы вычисления для сбросов сточных вод	21
6 Заявление об обнаружении какого-либо вещества	22
7 Обнаружение изменения	23
8 Классификация	26
8.1 Общие положения	26
8.2 Достоверность изменения класса	28
Приложение А (информативное) Вычисление пределов достоверности	31
Приложение В (информативное) Вычисление для биномиального распределения	33
Приложение С (информативное) Результаты выборки с высокой ошибкой или представленные как результаты ниже предела обнаружения	36
Библиография	38

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. ISO осуществляет тесное сотрудничество с международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Проекты международных стандартов разрабатываются по правилам, указанным в Директивах ISO/IEC, Часть 2.

Главная задача технических комитетов состоит в разработке международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения, по меньшей мере, 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Обращается внимание на возможность патентования некоторых элементов данного международного стандарта. ISO не несет ответственности за идентификацию какого-либо или всех таких патентных прав.

ISO 5667-20 был подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 147, *Качество воды*, Подкомитетом SC 6, *Отбор проб (общие методы)*.

ISO 5667 состоит из следующих частей под общим заглавием *Качество воды. Отбор проб*:

- *Часть 1. Качество воды. Отбор проб. Часть 1. Руководство по составлению программ и методикам отбора проб*
- *Часть 3. Руководство по хранению и обращению с пробами воды*
- *Часть 4. Руководство по отбору проб из естественных и искусственных озер*
- *Часть 5. Руководство по отбору проб питьевой воды из очистных сооружений и трубопроводных распределительных систем*
- *Часть 6. Руководство по отбору проб из рек и потоков*
- *Часть 7. Руководство по отбору проб воды и пара из котельных установок*
- *Часть 8. Руководство по отбору проб влажных осадений*
- *Часть 9. Руководство по отбору проб морской воды*
- *Часть 10. Руководство по отбору проб из сточных вод*
- *Часть 11. Руководство по отбору проб грунтовых вод*
- *Часть 12. Руководство по отбору проб из донных отложений*
- *Часть 13. Рекомендации по отбору проб шлама сточных вод и на сооружениях водоочистки*

- Часть 14. Руководство по обеспечению качества при отборе проб природных вод и обращении с ними
- Часть 15. Руководство по консервированию и обработке проб осадка и отложений
- Часть 16. Руководство по биотестированию проб
- Часть 17. Руководство по отбору валовых проб взвешенных твердых частиц
- Часть 18. Руководство по отбору проб подземных вод на загрязненных участках
- Часть 19. Руководство по отбору проб в морских отложениях
- Часть 20. Руководство по использованию выборочных данных для принятия решения. Соответствие порогам и классификационным системам

Следующие части находятся в стадии разработки:

- Часть 21. Руководство по отбору проб питьевой воды, распределяемой регулируемые нетрадиционными средствами
- Часть 22. Руководство по проектированию и установке пунктов отбора проб грунтовой воды
- Часть 23. Определение значительных загрязнений в поверхностных водах методом пассивного отбора проб

(standards.iteh.ai)

ISO 5667-20:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c863bd97-2879-46d1-bd55-51d8b08fbc40/iso-5667-20-2008>

Введение

В этой части ISO 5667 рассматривается использование информации о качестве воды, полученной при отборе проб, в принятии решений — в измерении успеха, отказа или изменения в контексте неизбежных неопределенностей, связанных с выборкой. Эта часть ISO 5667 обеспечивает руководство по управлению риском таких неопределенностей, приводящих к неоптимальным решениям.

Неоптимальные решения могут часто вытекать из того, как формулируются и устанавливаются в регламентах и разрешениях пороги (предельно допустимые концентрации загрязняющих примесей) для водосливов и цели использования окружающей водной среды. В этой части ISO 5667 также исследуются проблемы, возникающие при оценке соответствия этим порогам с использованием данных, полученных при выборке.

Цель данной части ISO 5667 состоит в том, чтобы в будущих законах, регламентах и руководствах устанавливалось требование оценивать и представлять в отчетах статистически значимые результаты.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Разные решения могут приводить к одобрению или критике людей, мест, компаний, хозяйственных секторов или государств. Решения могут приводить к судебному иску и/или к дорогостоящим и длительным мероприятиям для улучшения качества воды.

На Рисунке 1 показаны связи между следующими проблемами:

- a) установление порогов для принятия решений о необходимости улучшения качества воды, возможно, включая критерии для сведения к минимуму ухудшение качества;
- b) разработка программ для отбора проб, удовлетворяющих требованиям этих порогов, и необходимости оценивать результаты согласно этим порогам;
- c) использование результатов программ отбора проб для принятия решений.

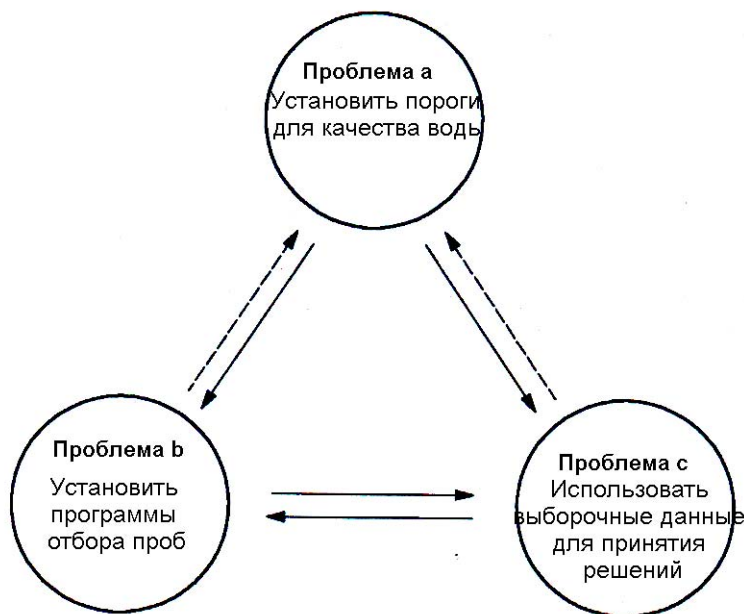


Рисунок 1 — Связи между проблемами, относящимися к отбору проб и принятию решений

В этой части ISO 5667 рассматривается проблема с). В проблемы а) и б) включают широкий и разнообразный круг вопросов по собственному праву, и их подробное рассмотрение не относится к области применения данной части ISO 5667. Тем не менее, в этой части ISO 5667 все-таки даются рекомендации для выражения целей и порогов для качества воды [проблема а)], которые являются важными при использовании выборочных данных для принятия решений. В этой части ISO 5667 также дается совет по программам отбора проб [проблема б)], чтобы обеспечить их соответствие способу определения порогов и не внести ненужные трудности и ошибки в процесс принятия решения.

К другим областям, которые лежат вне сферы применения этой части ISO 5667, относятся следующие: детальная механика отбора проб и обращения с ними; обеспечение репрезентативности проб для водного объекта, из которого они отбираются, по прошествии времени; выполнение химических анализов проб. Все они рассматриваются в других документах. Тем не менее, некорректные результаты, полученные в этих областях, могут существенно повлиять на общие неопределенности выборки и вызвать дополнительные трудности в принятии решений. В этой части ISO 5667 описываются некоторые из этих дополнительных трудностей.

Эта часть ISO 5667 не охватывает весь диапазон статистических методов, которые можно применять, и обстоятельств, в которых их следует использовать. Главная цель состоит в том, чтобы установить принцип, согласно которому неопределенность, возникающую при отборе проб и анализе, (и вообще ошибки) следует всегда оценивать и учитывать как часть процесса принятия решений. Если это не делается, то могут быть приняты неправильные решения, например, относительно того, какое необходимо действие и масштаб этого действия.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Некоторые статистические методы используются как иллюстративные примеры. Эти методы уже имели обычное применение в некоторых нормативных режимах, которые правильно учитывают статистические неопределенности. Они годятся для использования в ситуациях, которые аналогичны рассматриваемым отработанным примерам.

Целью этой части ISO 5667 не является разработка нормативных условий. В ней устанавливаются принципы и инструменты для поддержки менеджмента, включая регулирование. Считается, что нормативные пороги разработаны с использованием диапазона стратегий, которые включают технические, социальные и законодательные обоснования. Также полагают, что и другие средства помимо статистического анализа данных, вероятно, должны использоваться для интерпретации и применения порогов.

Качество воды. Отбор проб.

Часть 20.

Руководство по использованию выборочных данных для принятия решения. Соответствие порогам и классификационным системам

1 Область применения

В этой части ISO 5667 устанавливаются принципы, основные требования и иллюстративные методы для использования данных выборочного исследования, чтобы принять решение на основе оценки достоверности, что качество воды:

- a) удовлетворяет целям и соответствует порогам;
- b) изменилось; и/или
- c) относится к конкретному классу в системе классификации.

В этой части ISO 5667 также устанавливаются методы для предварительного исследования восприимчивости решений к ошибке и неопределенности, хотя и не рассматривается полный диапазон статистических методов.

В этой части ISO 5667 дается общий совет по принятию решений в связи с формулировкой ограничений для выражения порогов и целей, а также формы и масштаба программ отбора проб.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В водном хозяйстве термин “эталон” (“standard”) обычно используется, чтобы указать значение или предел рассматриваемого параметра. Однако в этой части ISO 5667 термин “порог” используется для избежания путаницы с опубликованными национальными, региональными и международными стандартами.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Этот документ построен на основе отбора проб и измерения химических концентраций, в особенности тех, которые подвергаются сильным повседневным временным изменениям. Устанавливаемые принципы применяются, однако, к любому параметру, оцениваемому при отборе проб, который подвержен случайной ошибке, включая микробиологические и биологические данные и данные, испытывающие сильные пространственные изменения.

2 Обзор ключевых пунктов

Качество воды часто оценивается по результатам химического анализа некоторого количества проб, взятых за какой-то период времени.

Неопределенность вводится за счет случайного действия при отборе проб. Она может присутствовать в любой серии измерений качества воды, отбираемой за какой-то период времени. Значения для результатов химического анализа этих проб зависят от качества конкретных небольших объемов воды, которые извлечены или измерены. Если качество воды меняется в пространстве или времени, то вторая серия проб, взятых за тот же самый период, будет иметь другие значения, потому что эти пробы будут состоять из других небольших объемов воды, взятых в другое время. Каждая серия проб позволяет оценить истинное качество воды. Эти оценки будут различаться: они будут иметь разное

среднее и охватывать разный диапазон. По номинальному значению можно сделать различные предположения о соответствии порогам и целям.

Неопределенность выборки (или погрешность) является термином, который часто приписывается этому эффекту. Неопределенность выборки включает неопределенности и ошибки, связанные с химическим анализом, и возникает даже в случае тривиальных ошибок в химическом анализе и даже при отсутствии всяких ошибок в методах, которые применялись для отбора проб и обращения с ними. Неопределенность выборки уменьшается, если отбирать больше проб, но масштаб неопределенности является часто недооцененным.

В этой части ISO 5667, “общая (суммарная) неопределенность” включает эти случайные эффекты отбора проб и все другие источники изменчивости в серии проб. Эта изменчивость отражает основные сигналы, создаваемые естественными или, может быть, неестественными процессами; она включает влияние ошибок химического анализа и обращения с пробами. Она может содержать систематические изменчивости, обусловленные трендами и суточными, недельными и сезонными циклами. В этом контексте наиболее подходящим термином является “общая неопределенность”, “общая ошибка” или “общая аналитическая ошибка” (ISO/IEC Guide 99:1993^[5]).

Общую неопределенность следует квантифицировать по крайней мере приблизительно и учитывать во всех случаях, где качество воды изменяется и выборочное исследование используется для оценки информации, используемой для принятия решения. Сюда относятся оценивание соответствия порогам (см. Раздел 5), решения относительно изменения качества воды (см. Раздел 7) и отнесение анализируемой воды к классу классификационной системы (см. Раздел 8). В этой части ISO 5667 рекомендуется, чтобы:

- a) пороги, соответствие которым оценивается посредством выборки, определялись или использовались так, чтобы общую неопределенность можно было оценивать и рассматривать надлежащим образом (см. 5.2);
- b) пороги, определенные как абсолютные пределы, рассматривались в процентилях при оценивании соответствия посредством выборки (см. 5.3);
- c) пороги, определенные как пределы, которым должен соответствовать процентный состав проб, определялись или использовались как соответствующие процентиля (см. 5.4);
- d) при оценивании соответствия порогам оценивалась степень достоверности (см. Раздел 4); и,
- e) при намерении продемонстрировать изменение или отсутствие изменения оценивалась степень достоверности изменений или различий (см. 8.2).

3 Типы ошибки и изменчивость

3.1 Общие положения

Во многих процедурах используются для принятия решений различные результаты, полученные для проб, взятых за некоторый период времени (например, за год). Эту информацию можно использовать, чтобы сделать заключение:

- a) о соответствии качества воды в реке требуемым порогам;
- b) о работе водоочистой станции в этом году по сравнению с прошлым;
- c) о необходимости улучшения качества воды в озере;
- d) о сравнительной оценке соответствия сброса сточных вод в разных компаниях; или

е) о степени риска при воздействии на окружающую среду сброса сточных вод конкретного типа.

Маловероятно, чтобы много значительных изменений качества воды происходило в течение года каждую секунду, но ежедневные изменения являются обычным явлением. Они могут быть обусловлены суточными циклами, влиянием внутрилабораторных случайных и систематических ошибок, погодными условиями, ступенчатыми, ежедневными и ежечасными изменениями (возможно, изменениями природных процессов в воде, водосливом и водозабором), сезонными и экономическими циклами и несколькими базовыми и перекрывающимися долгосрочными трендами и циклами.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Иногда лаборатория представляет несколько или большинство данных, которые меньше заданного предела обнаружения. Такие данные называются цензурированными. В зависимости от типов решений, которые зависят от этих данных, применяются статистические методы для оценивания значений суммарных статистик и их неопределенностей.

Кроме того полный набор проб должен быть репрезентативным для среднего качества масс воды, из которых они были взяты, например, за период времени исследования. При оценивании среднего годового неприемлемо отбирать все пробы, например, в апреле. Эти требования должны быть установлены при составлении программы отбора проб.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Руководство по всем этим аспектам дано более подробно в ISO 5667-1^[1].

3.2 Аналитическая ошибка

Аналитическими ошибками являются ошибки, введенные в процессе химического анализа, и они показывают, что измерения не свободны от погрешности. Возможно, что результат для единичной пробы может быть установлен с точностью до заданного предела, например, $\pm 15\%$.

ПРИМЕР 1 Фактическое значение аналитической ошибки зависит от возможностей оборудования и лаборатории, которые используются для проведения анализа. Обсуждение в этой части ISO 5667 сосредоточено на случайной ошибке, но всегда есть риск и для неслучайной ошибки, например, при замене приборов или методов, при сильном расхождении матрицы пробы и калибровочных материалов и для результатов, которые выше пределов обнаружения (ISO/IEC Guide 99:1993^[5]).

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Результаты химического анализа в настоящее время представляются со значениями неопределенности по ISO/IEC 17025^[6].

Когда вычисляется среднее из n выборок, влияние на неопределенность в оценке среднего для случайных ошибок в химическом анализе имеет тенденцию к усреднению с понижением согласно \sqrt{n} . Например, если бы аналитическая ошибка, связанная с единичной пробой, была $\pm 15\%$, тогда ошибка в оценке среднего для нескольких химических анализов имела бы тенденцию к уменьшению приблизительно до $\pm 4\%$ для 12 выборок или до $\pm 2,5\%$ для 36 выборок.

При использовании проб для принятия решения этот вид ошибки, обусловленный химическим анализом, увеличивается, но часто он бывает меньше, чем другие вклады в общую неопределенность, особенно в неопределенность, связанную со случайностью при отборе ограниченного числа проб. Ошибка химического анализа проявляется как добавление к ошибке, связанной со случайностью при отборе ограниченного количества проб, но, возможно, это небольшое добавление. {Тем не менее, в некоторых исследованиях нужно отделять изменчивость отбора проб от разнородности локального окружения (см. Работу [7]).}

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Общее непонимание состоит в том, что данные, полученные полностью методом внутрилабораторного статистического анализа, могут не годиться для конкретных интерпретаций из-за ошибок, связанных с отбором малого числа проб.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Это изучение относительной важности аналитической ошибки обычно относится к тем типам вопросов, которые рассматриваются в этой части ISO 5667, но оно следует из оценивания аналитической ошибки в таких случаях и сравнения ее с другими ошибками. Аналитическую ошибку всегда следует оценивать.

Аналогичные пункты могут быть установлены для обеспечения репрезентативности проб и проверки изменений методов отбора проб.

Когда результаты выборки используются для оценки других суммарных статистик, таких как процентиля (например, 95-й процентиль является значением, превышенным для 5 % времени), то эта картина аналогична картине для среднего, т.е. ошибки обратно пропорциональны \sqrt{n} , но они больше, чем для среднего.

3.3 Общая неопределенность

Неопределенность возникает из-за изменений качества воды, отбираемой для проб, и из-за способности процесса отбора проб точно отражать эти изменения. В серии проб, взятых за какой-то период времени, результаты подвержены действию законов вероятности при сборе конкретных проб. Это создает неопределенность, даже если:

- аналитические ошибки близки к нулю¹⁾;
- программа отбора проб гарантирует, что пробы действительно репрезентативны для времени и пространства;
- нет никаких ошибок в обращении с пробами и в записи результатов анализа.

При использовании выборочного исследования основной источник неопределенности обычно связан с числом, отобранных проб. В решениях о действиях, приведенных ниже в пунктах от а) до f), этот источник неопределенности обычно представляет более важную проблему, чем, например, неопределенность, связанная с ошибками химического анализа. Общую неопределенность следует оценивать и использовать, чтобы квантифицировать неопределенность в тех случаях, когда качество воды меняется, и решение принимают, исходя из следующих действий:

- a) использование выборочного исследования для измерения и представления отчета о качестве воды;
- b) использование выборок для оценки суммарных статистик, например среднемесячного значения, годового процентиля или годового максимума;
- c) составление заявлений относительно годовых суммарных статистик, выше или ниже они по сравнению с прошлым годом (см. в ISO/IEC 17025^[6] более широкое представление вопроса, связанного с поиском изменения);
- d) установление, превышает ли качество воды порог;
- e) использование суммарных статистик, чтобы отнести качество воды к соответствующему классу системы классификации; или
- f) оценивание, произошло ли изменение класса.

Во всех этих ситуациях цель состоит в том, чтобы оценить, является ли изменение или статус статистически значимым, и потребовать, чтобы будущие законы, регламенты и руководства выдвигали требования относительно оценки и представления статистически значимых результатов.

1) Почти всегда есть такая гипотетическая возможность. Многие следы элементов измерены около их пределов обнаружения и имеют аналитическую неопределенность почти ± 100 %. Многие органические химикаты могут иметь регенерацию ± 50 %.

4 Действия

4.1 Оценка суммарных статистик²⁾

Оценка суммарных статистик зависит от значений качества небольших объемов воды, которые захватываются при отборе проб, и от того, точно ли измерены эти значения. Оценка, обусловленная общей неопределенностью, почти наверняка будет отличаться от истинного значения суммарной статистики — значения, которое было бы получено, если бы можно было обеспечить непрерывный безошибочный мониторинг за весь период, для которого применяется эта суммарная статистика.

Неопределенностью можно управлять, вычисляя доверительные пределы. Доверительные пределы определяют интервал, в котором ожидается истинное значение оценки суммарной статистики. В примере в Таблице 1 оценка среднего из восьми выборок составляет 101 мг/л и имеются два 95-% доверительных предела, 46 мг/л и 156 мг/л. 95-% доверительные пределы означают, что истинное среднее выше нижнего доверительного предела 46 мг/л и ниже верхнего доверительного предела 156 мг/л. В общем, истинное среднее значение находится в интервале между 46 мг/л и 156 мг/л со степенью достоверности 90 %³⁾.

Этот интервал в оценке среднего представляет большие ошибки, но эти ошибки редко оцениваются или используются для принятия решений на основе этих данных. К тому же в этом обсуждении подразумевается нормально распределенная случайная ошибка. Нужно сделать следующие допущения. Случайная ошибка, возможно, не была нормально распределенной; она могла быть неслучайной и обусловленной грубыми ошибками и просчетами. Как правило, их воздействие будет увеличивать масштаб ошибки. Ошибки следует всегда оценивать, даже если это делается путем допущения, что они следуют нормальному распределению.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В этом примере используется среднее, потому что суммарная статистика обычно является законодательным требованием. В других случаях могут быть основания и возможность для использования других статистических характеристик, таких как медиана, например, чтобы объяснить различия между большими и малыми выборками. Медиана полезна для набора данных, подверженных выбросам, и для медианы можно вычислять доверительные пределы.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Всегда следует сообщать о принимаемых допущениях. В данном случае делается допущение о нормальном распределении ошибок.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Существуют различия между большими и маленькими выборками, т.е. использование t -статистики в зависимости от стандартного нормального отклонения, z .

На Рисунке 2 показан диапазон неопределенности. Этот диапазон является оценкой распределения ошибок в оценке среднего. Доверительные пределы показаны как точки, которые отмечают 5 % и 95 % в области этого распределения.

2) В некоторых документах используется понятие “цель выборочного исследования”. Целью выборочного исследования может быть годовое качество воды и среднее за 1 год или 95-й процентиль за 1 год, смотря что оценивается.

3) Этот диапазон иногда называют 90-% доверительным интервалом, вычисленным из: $\bar{X} \pm t\sigma_{\bar{X}}$, где \bar{X} — среднее; t выведено из t -распределения с $n - 1$ степенями свободы, используется вместо нормального стандартного отклонения для низких частот выборки (ISO/IEC Guide 99:1993^[5]); и $\sigma_{\bar{X}}$ “стандартная ошибка”, выведенная из стандартного отклонения, деленного на квадратный корень из объема выборок, σ/\sqrt{n} .