

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОСФЕРЫ ЗЕМЛИ FUNDAMENTAL PROBLEMS OF THE EARTH'S HYDROSPHERE

УДК 556

DOI: 10.34753/HS.2020.2.2.102

ГИДРОЛОГИЯ: СООТНОШЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ГИДРОЛОГИИ

Т.А. Виноградова^{1,2}, А.Ю. Виноградов^{2,3}¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия;²ООО Научно-производственное объединение "Гидротехпроект", г. Валдай, Россия;³Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени

С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия

vinograd1950@mail.ru

HYDROLOGY: RELATION BETWEEN THEORETICAL AND APPLIED HYDROLOGY

Tatiana A. Vinogradova^{1,2},Alexey Yu. Vinogradov^{2,3}¹Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia;²Scientific and Industrial Research Association Gidrotehproekt, Valday, Russia;³Saint Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russia

vinograd1950@mail.ru

Аннотация. Предлагаемая статья относится к разделу философии конкретной научной дисциплины – гидрологии. Она опирается на идеологию Юрия Борисовича Виноградова, учениками и последователями которого мы являемся. Статья составлена по его беседам, записям, огромному, ещё не до конца рассмотренному и обработанному наследию. Целью работы является попытка обратить внимание на такой важный и актуальный вопрос, как соотношение уровней наших теоретических разработок в гидрологии и их практического применения. В статье показано, что на данном этапе гидрология больше рассматривается как технология, чем как наука. Положительный имидж результатам исследовательских работ в области гидрологии создаёт технологический, а не профессиональный уровень исполнения. В работе рассмотрены методологические и экспериментальные аспекты «традиционной гидрологии» и «гидрологии нового поколения»; дана оценка состояния современной прикладной гидрологии; рассмотрены новые концепции прикладной гидрологии. Также в статье рассмотрены задачи оперативной гидрологии, прогнозирования гидрологических явлений и процессов, поставлены главные вопросы гидрологии – расчёты формирования речного

Abstract. The proposed article relates to the philosophy of a specific scientific discipline – hydrology. It is based on the ideology of Yuri Borisovich Vinogradov, whose students and followers we are. The article is based on his conversations, records, a huge heritage. The aim of this study is an attempt to draw attention to such an important and relevant issue as the correspondence of modern theoretical developments in hydrology and their application in practical hydrology. It is shown that at this stage, hydrology is seen more as a technology than a science. A positive image of the results of research in the field of hydrology creates a technological rather than professional level of performance. The paper assesses the state of modern applied hydrology; new concepts of applied hydrology. The tasks of operational hydrology, forecasting hydrological phenomena and processes are considered. The main questions of hydrology are posed - calculations of the formation of river flow. New generation hydrology should prevail over traditional hydrology. This should be manifested in the achievement of the true adequacy of our modeling systems to nature. The danger of simplification of natural phenomena and processes, which is traditionally used in calculation methods in hydrology, is considered. The article addresses general issues regarding the future of hydrology and

стока. Гидрология нового поколения должна повсеместно возобладать над традиционной гидрологией 20-го века. Это должно проявиться в достижении подлинной адекватности наших моделирующих систем природе. Рассмотрена опасность неадекватного упрощения некоторых природных явлений и процессов, которое традиционно используется в расчётных методах в гидрологии. Кроме того, в статье затронуты общие вопросы, касающиеся будущего гидрологии и системы гидрометеорологических наблюдений. Первой особенностью новой системы будет использование в ней принципиально новых приборов и установок, которые должны совершить переворот в гидрометеорологической фундаментальной и прикладной науке, позволяющих иное разрешение наблюдаемых гидрометеорологических полей во времени и пространстве. Это касается и традиционных, и новых способов измерений. Если сейчас для массового моделирования формирования стока, осуществляемого по стандартным данным наблюдений сети гидрометеорологических станций, расчётный интервал времени равен суткам, то в будущем наблюдения должны проводиться с интервалами суммирования или осреднения от минут до часов.

Ключевые слова: фундаментальная (теоретическая) гидрология; прикладная гидрология; полевая гидрология; инженерная гидрология; гидрометеорологические наблюдения

Введение

Последние годы полностью прекратилась всякая дискуссия относительно целей и места гидрологии среди наук о Земле. Подавляющее большинство молодых специалистов воспринимают гидрологические расчёты и прогнозы как последовательность определённых заранее регламентированных действий. Никто не задумывается не только о качестве используемого в расчётах первичных материалов, но и об адекватности получаемых результатов. Всё это привело к деградации научной мысли в

the hydrometeorological observation system. The first feature of the new system will be the use of fundamentally new devices and installations. These devices should make a revolution in the hydrometeorological fundamental and applied science. Give greater accuracy to measurements of observed hydrometeorological parameters in time and space. Now, to simulate runoff formation, the calculated time interval is equal to days. In the future, observations should be made at intervals of averaging from minutes to hours.

Keywords: fundamental (theoretical) hydrology; practical hydrology; field hydrology; engineering hydrology; hydrometeorological survey

гидрологии, отсутствию видения нынешних проблем и будущего её развития. Наша статья является попыткой осмыслить существующие проблемы нашей науки.

Взаимосвязь между фундаментальной и прикладной гидрологией

Под фундаментальной (теоретической) гидрологией часто понимают постепенно складывающуюся и непрерывно развивающуюся методологическую и теоретическую основу

нашей науки. Именно фундаментальная гидрология питает прикладную, определяя её общее состояние, возможности и практическую полезность.

Фундаментальная гидрология характеризуется борьбой мнений, постепенной сменой своих теорий, кропотливым целеустремлённым построением общего здания своей науки. Все её достижения и недостатки неизбежно сказываются на надёжности и результативности своего прикладного продолжения.

Теперь следует обратить внимание на главное – на неизбежность следующей словесной формулы: развивая фундаментальную гидрологию, вы развиваете и прикладную. Обратное невозможно, так как в этом случае гидрология перестанет развиваться вообще, как это и произошло в России на границе прошлого и нынешнего веков.

Но существует и более важная и полезная обратная связь между фундаментальной и прикладной гидрологией. Она возникает при формулировании «правильных» вопросов со стороны «прикладников» в адрес «фундаментальщиков» или при их просьбах что-то улучшить в предлагаемых методах расчёта и моделях. Именно «прикладники» могут быть более объективными ценителями новых методологий. И именно с ними, как с единственно возможными арбитрами в спорах между гидрологами-«модельерами», может быть связана надежда на разрешение проблемы – чьи модели более приемлемы для практики. Ведь все прекрасно знают, что многие авторы моделей часто наделяют свою продукцию несуществующими достоинствами.

А как обстоит дело в гидрологии с взаимодействием между фундаментальной и прикладной её частями в настоящее время?

Конечно, такое взаимодействие есть, но оно сильно ослабело и искажено существующим положением дел, по крайней мере, в России. Фундаментальная гидрология оказалась брошенной на произвол судьбы. Приток новых технологий в прикладную гидрологию почти иссяк, ибо он подпитывается лишь немногими

уходящими со сцены энтузиастами. Финансируются лишь «сугубо практические» проработки, которые выполняются по старинке.

В то же время спрос на новые методы расчётов и прогнозов речного стока и опасных гидрологических явлений непрерывно растёт, но полностью ещё долго не сможет быть удовлетворён в связи с инертностью регулирующей системы.

Прикладная гидрология

Прикладная гидрология направлена на решение разного рода проблем и задач, связанных с появляющимися запросами о системе гидрологических сведений и методологий. Отсюда должен быть сделан жёсткий вывод о полной зависимости возможностей прикладной гидрологии от состояния гидрологии фундаментальной. И это несмотря на то, что развитие именно прикладной гидрологии всячески стимулируется водохозяйственными и проектными организациями, министерствами и ведомствами, лицами, принимающими решения. В то же время положение дел в фундаментальной гидрологии мало кого интересует, как и большинство самих гидрологов, приспособившихся к реалиям существующей действительности. Всё это привело к тому, что возможности прикладной гидрологии оказались чрезмерно суженными, более того такое положение вещей тормозит и развитие научно-обоснованного планирования и проектирования.

Современная прикладная гидрология, вроде бы находящаяся в непосредственном контакте с практикой, всё более удаляется от фундаментальной, не отражает многие достижения последней и, со своей стороны, так и не подготовила требований и пожеланий по отношению к своей одноименной фундаментальной дисциплине.

Неизбежен вывод – прикладная гидрология всегда несравненно более консервативна, чем фундаментальная. Два отличных друг от друга по своим целевым функциям основных традиционных направления прикладной гидрологии, которые, безусловно, сохранят, а возможно даже и увеличат, своё значение в

будущем, – это расчёты и прогнозы стока и других гидрологических явлений.

Курсы прикладной гидрологии или этих её двух главных разделов обычно представляют достаточно обширное переложение основ фундаментальной гидрологии с добавлением конкретных рекомендаций и некоторых полностью прикладных аспектов.

Важно помнить, что неизбежно возникают новые практические проблемы, вследствие чего появляются новые аспекты и в прикладной гидрологии. Лучше предвидеть эти аспекты и быть готовыми к их решению.

Итак, прикладная гидрология состоит из следующих разделов:

- полевой гидрологии;
- инженерной гидрологии;
- оперативной гидрологии.

Полевая гидрология

Термин «полевая гидрология» пока не является общепринятым и распространённым, но полезность его применения сомнений не вызывает. Одновременно мы должны обратить внимание на следующее принципиальное расслоение полевых гидрологических исследований.

С одной стороны, содержание полевой гидрологии в какой-то мере ассоциируется у нас с «экспериментальными» исследованиями, проводимыми на немногочисленных воднобалансовых (стоковых) станциях, по сути дела стационарных. Поэтому эти исследования считать полевыми можно только условно.

С полевой гидрологией также связывают профессиональную деятельность гидрологов, которая совершается непосредственно при общении с природой. Целью таких гидрологических исследований является проведение измерений, наблюдения и систематизация данных о наблюдаемых в природе гидрологических объектах, явлениях и процессах. Полевая гидрология такого типа является основным источником наших представлений и нашей первичной информацией о гидрологическом мире во всех его подробностях.

Основной источник гидрометеорологической информации – это государственная стационарная сеть стандартных метеорологических и гидрологических станций и постов. Второй источник – это малая государственная сеть воднобалансовых (стоковых) и болотных станций, а также так называемых «парных» водосборов (лесных и полевых, расположенных поблизости друг от друга).

Основной недостаток экспериментальной гидрологии – частое проведение экспериментов и наблюдений в отрыве от теории стока и его математического моделирования (смысл эксперимента – в самом эксперименте). На этот недостаток можно взглянуть и с другой стороны – попытки накапливать данные впрямь никогда не приводили к успеху.

Принципиально иным источником научной гидрологической информации являются специальные экспедиционные исследования, целью которых обычно является одна из двух основных причин:

- Пронаблюдать в естественных природных условиях за некоторыми тонкостями и оттенками плохо изученных сторон гидрологических процессов, что часто оказывается необходимым для адекватного построения некоторых элементов математических моделей формирования стока или опасных гидрологических явлений.
- Обследовать районы бедствия после прохождения особо крупных катастрофических явлений, что постепенно увеличит полноту наших знаний о последних.

Гидрологические расчёты также раздел прикладной гидрологии, определившийся в результате некоего двойного воздействия. Первое – это практические запросы со стороны планирующих и проектирующих организаций. Второе – постоянно, хотя и не столь быстро как бы хотелось, растущие возможности гидрологии совершенствовать свою методологию и повышать качество ответов на такие запросы.

В Советском Союзе, а затем в России, гидрологи всегда имели склонность к созданию строгих «норм и правил» ведения гидрологических расчётов для нужд

строительного проектирования. Единые правила способны в какой-то мере компенсировать недостаточность профессионализма отдельных гидрологов-проектировщиков. Но, с другой стороны, возможная ограниченность авторов единой и обязательной методикой в некоторых случаях способна ввергнуть «прикладников» в пучину безысходности.

Гидрографы стока в замыкающем створе – наиболее полная форма представления информации о режиме стока данной реки. Однако склонность к упрощению, иногда вынужденному, а иногда просто удобному, как не требующему дополнительного труда и особой квалификации, подвигла гидрологов на введение представления о «расчётных гидрологических характеристиках», как носителях обобщённой информации о гидрографах стока. Такими характеристиками являются суточные, декадные, месячные, годовые, максимальные и минимальные расходы воды, наносов, химических веществ, некоторых типов биоты. С ними гораздо проще иметь дело в разного рода таблицах и упрощённых зависимостях. Иногда используются средние расходы или объёмы стока за периоды, определения которых являются размытыми (половодье, паводок, межень), что немедленно влечёт за собой эффекты неопределённости.

Расчётные гидрографические характеристики легко подвергаются статистическому анализу, и их кривые распределения вероятностей являются основной традиционной формой представления результатов гидрологических расчётов. Обычно выделялись и продолжают выделяться методы построения кривых распределения гидрологических характеристик при наличии, неполноте или отсутствии данных наблюдений. В настоящее время кое-кто склоняется к мнению, что такое разделение методических подходов из-за проявления нестационарности рядов наблюдений теряет свой первоначальный смысл. Интересно, что отсутствие наблюдений всегда вызывало к жизни более сложные и интересные для фундаментальной гидрологии методы и подходы.

Примером крайней некорректности и искусственности является постановка задачи о внутригодовом распределении стока. Неопределённости, вводимые при решении данной задачи, связаны с желанием совместить выделение сезонных, месячных или других «внутригодовых элементов» стока с некоторым вероятностным оформлением, что делается чаще всего или очень условно, или же просто неверно.

Следует отметить, что существующее положение дел в области расчётов речного стока не в полной мере отвечает современным требованиям науки и практики. К числу недостатков применяемых методов прежде всего следует отнести эмпирический характер расчётных схем и формул при определении расчётных гидрологических характеристик в условиях отсутствия данных гидрометрических наблюдений в изучаемом створе, в основе которых лежат лишь самые общие и упрощённые представления о механизме формирования стока.

Одной из причин указанных недостатков является сложившаяся система взглядов на гидрологические расчёты. Имеет место парадоксальная ситуация: на обоснованную оценку расчётных гидрологических величин, которые в первую очередь определяют размеры и стоимость планируемых и проектируемых сооружений, тратится ничтожная доля средств, сил и времени, выделяемых на проект в целом. Создаётся ложное представление о естественной примитивности гидрологических расчётов. Такое состояние дел приводит к тому, что многие разработчики создаваемой гидрологической методологии, являющиеся по разным причинам сторонниками упрощённых эмпирических подходов, защищают свои позиции ссылками на то, что пользователь не примет более сложных методов. Последнее утверждение в большей мере противоречит тенденциям последнего времени, когда именно пользователи выказывают своё разочарование по поводу до сих пор регламентируемых методов гидрологических расчётов.

Отмеченное положение вещей в теории речного стока и развитии методов его расчёта

сложилось не само по себе, а явилось следствием, следующих обстоятельств:

- понижение при планировании научно-исследовательских работ роли фундаментальных исследований в области создания теории формирования речного стока и гидрологии вообще и выдвижение на первое место мелких задач текущего момента;
- недостаточность количества и качества информации с постоянно сокращающейся гидрометеорологической сети, включая воднобалансовые станции;
- снижение профессионального уровня подготовки кадров;
- практически полное прекращение исследовательских экспедиционных работ в области гидрологии;
- затруднения в получении даже стандартной гидрометеорологической информации, превращённой ныне в предмет купли-продажи.

Оперативная гидрология, прогнозы гидрологических явлений и процессов

Прогнозы должны:

- содержать информацию, необходимую для всех обслуживаемых отраслей народного хозяйства;
- обладать заблаговременностью, соответствующей требованиям потребителей;
- объявляться в сроки, удовлетворяющие все заинтересованные ведомства и организации;
- быть очень чётко сформулированными без возможности их неправильного понимания и толкования.

Гидрологическое прогнозирование должно восприниматься как важное вспомогательное средство для принятия решений. Поэтому прогностические службы должны постоянно решать ряд необходимых последовательных задач:

- выбирать наиболее эффективную и надёжную методику гидрологического прогнозирования с точки зрения получения наиболее достоверных оценок ситуации;
- принимать все необходимые меры к информационному обеспечению данной методики;

- в случае неудовлетворённости имеющимися в распоряжении методами прогнозирования обращаться в соответствующие инстанции с целью инициировать появление более работоспособных подходов с привлечением дополнительных научных сил;
- проводить среди потребителей прогностической информации работу по разъяснению сущности предлагаемых методов прогноза и добиваться понимания по поводу стоящих перед полноценным и эффективным гидрологическим прогнозированием объективных препятствий для дальнейшего их совместного преодоления.

Здесь же полезно назвать пограничные между службами гидрологических прогнозов и пользователями прогностической информации естественные вопросы, о которых обе стороны должны быть хорошо осведомлены:

- каковы цели управления водохозяйственными системами и средства этого управления?
- какова желаемая заблаговременность каждого вида прогноза?
- кто является потенциальным пользователем гидрологических прогнозов и решений, принятых на их основании?
- каковы пожелания потребителей разного уровня в адрес прогнозистов и разработчиков прогнозов?

Традиционная гидрология

Итак, под традиционной гидрологией будем понимать науку, которая существовала и развивалась в двадцатом веке и заложила основы для зарождения своей преемницы – гидрологии «нового поколения».

Обозначим некоторые характерные для традиционной гидрологии приёмы и подходы, которые, с нашей точки зрения, тормозили развитие научной гидрологии и от которых следует освободиться.

Это изучение соотношений между суммарными или осреднёнными за различные отрезки времени характеристиками стока и факторами их вызывающими, а не самих процессов формирования стока. Существуют многочисленные описания и рассуждения и

довольно упрощённые математические решения. При построении различного рода зависимостей используется ограниченное число аргументов (обычно не более двух-трёх). Для регламентации стокоформирующих свойств водосборов применяется такой показатель, как коэффициент стока, который столь же изменчив, как и сам сток. Для учёта озёрности, заболоченности, залесённости вводятся соответствующие коэффициенты влияния и разного рода поправки к оценкам стока, учитывающие местные условия или другие особенности речных бассейнов.

Примером упрощения некоторых природных явлений и процессов могут служить:

- неадекватная схема стекания сплошного слоя воды по гладкому плоскому склону вместо сложных последовательных процессов накопления воды в стоковых элементах и ее последующего микроручейкового истечения в русловую сеть;
- использование некоторых уравнений математической физики, не соответствующих описываемым природным процессам;
- применение редуционных кривых – временных и пространственных, имеющих очевидный математический смысл, но лишённых всякого физического обоснования;
- использование не очень корректных методов расчленения гидрографов стока при анализе источников питания рек;
- разделение единого процесса формирования стока на отдельные части – дождевой, снеговой, ледниковый, подземный, при этом очевидная проблема смешанного стока тщательно обходится;
- вроде бы независимое существование таких подразделов гидрологии, как минимальный и подземный сток, и в тоже время искусственность разделения стока по фазам водного режима (половодье, паводки, межень);
- не всегда обоснованное картирование разного рода гидрологических показателей;
- злоупотребление «районированием» и «классификациями» как акциями всегда произвольными, условными и неопределёнными: «поскольку весь процесс классификации производится мысленно, мы можем выполнять его независимо от того, существует ли в

действительности предмет, обладающий данной особенностью, или нет» [Кэрролл, 1973];

- использование «методов водного и теплового баланса», развившихся в силу слабости теории на базе законов сохранения вещества и энергии, особенно если это касается оценки одной из составляющих баланса как остаточного члена;
- использование аппарата математической статистики (в основном регрессий и корреляций) при решении задач, не требующих вероятностных подходов и оценок. Выделение большой группы гидрологических задач, в решении которых статистическим методам предоставлялась полная независимость – отсюда имело место увлечение некоторыми возможностями этих методов без глубокого понимания сущности совершаемого.

От чего в основном зависело и зависит развитие науки в целом и её отдельных отраслей, в том числе гидрологии? Можно ответить в порядке значимости: от количества духовно и интеллектуально подготовленных и наукоориентированных личностей в людском сообществе, социуме; от нравственного и экономического состояния социума; от характера и интенсивности обращений социума к развивающейся науке. Каким-то почти непостижимым образом все три названные причины тесно связаны между собой. Здесь не вступаем в бесполезную дискуссию о том, как отличить действительно увлечённых людей от бездарно или тонко играющих эту роль. Не обсуждаем и стратегию приведения социума в состояние, когда он будет способен воссоздавать корпус принимающих решения лиц, в свою очередь способных задавать науке настоящие вопросы и, главное, различать качество ответов.

То, что сейчас делается в гидрологии, ещё долго в ней будет делаться. Инерционность науки всё-таки огромна. И эта инерционность зависит не столько от самой науки, сколько от социума, его духовного, нравственного, интеллектуального и экономического состояния.

Гидрология больше рассматривается как технология, чем как наука. Эта позиция указывает на очень низкий уровень современной фундаментальной гидрологии, что, в свою очередь,

привело к несовершенству прикладной дисциплины.

Три четверти всех работ, сделанных под вывеской гидрологии, включая исследования, учебники, руководства, университетские курсы, не содержат гидрологии вообще. Это недопустимая смесь попыток решить прикладные вопросы, связанные с гидрологией, при отсутствии гидрологических знаний.

Почему гидрологи не отказываются отвечать на запросы, которые явно невыполнимы? Обычный ответ: они пытаются сделать лучшее из того, что может быть сделано в данной ситуации. В ретроспективе видно, что это привело к большим ошибкам. Большинство гидрологов в своей душе являются технологами. Типично, что имидж исследовательским работам в области гидрологии создаёт технологический, а не научный уровень исполнения.

Гидрологи ещё не поднялись до уровня объяснения редких и решения опасных гидрологических явлений природы.

Наука – это осознанный опыт человечества. И этот опыт должно приобретать упорно, последовательно, неукоснительно. Практически пока ещё несуществующая социология науки должна была бы предупредить лиц, принимающих решения, о пагубности существующей практики распределения сил и средств на поддержание развития науки.

Что может привести к порождению новых теорий в гидрологии [Виноградов и Виноградова, 2014]? Какие силы в этом участвуют? Если говорить о глубинных силах, то они всегда одни и те же – любовь к природе, жажда познания, неудовлетворённость достигнутым. Если же иметь в виду внешние воздействия, то это некоторые «великие импульсы», порождаемые отдельными достижениями науки и техники.

Таким импульсом оказалось появление персонального компьютера – перед гидрологией открылись принципиально новые горизонты: исчезла зависимость от объёма производимых вычислений; возникла недоступная ранее возможность, не оглядываясь на сложность и «громоздкость» расчётов, математически описать

гидрологические процессы и явления с любой необходимой степенью подробности.

В то же время, пример с компьютеризацией гидрологии потрясает. Компьютер почти не изменил нашей идеологии при описании природных процессов. Наоборот, он, эффективно разрешая некоторые численные схемы, закрепил неадекватные или почти неадекватные природе подходы, иногда, по сути дела, возвратил их к жизни. Своими «пакетами» он не столько помог инженерам и учёным, сколько позволил им перестать размышлять о сущности проводимых вычислений. Он, безмерно увеличив наши вычислительные возможности, позволил нам захлестнуть нашу науку свалкой цифр, на самом деле никому не нужных. Особенно ярко это сказалось на стохастической гидрологии. Конечно, о «виновности» компьютера мы сказали здесь в символическом плане, по-настоящему виноваты сами гидрологи. Несмотря на всё сказанное, именно компьютер стоит у истоков гидрологии нового поколения, у истоков адекватного физически обоснованного распределённого моделирования.

Гидрология нового поколения должна повсеместно возобладать над традиционной гидрологией 20-го века. Это должно проявиться в достижении подлинной адекватности наших моделирующих систем природе; в разрешении проблемы масштаба; в правильной интерпретации пространственной гетерогенности многих свойств почвенно-растительного покрова, по логике вещей становящихся параметрами моделей; в создании работоспособных стохастических моделей погоды, обеспечивающих вход детерминированных моделирующих систем; в прозрачности детерминированно-стохастического моделирования гидрологических характеристик.

Затем гидрология должна перейти в состояние нормальной науки, тем самым, перестать быть гидрологией нового поколения (это название приемлемо лишь в переходный период). Общая картина нормальной гидрологии этого времени, по-видимому, будет такова: усовершенствование и «разукрашивание» моделирующих систем, отвечающих новой доминирующей парадигме; пропускание через «модельные фильтры» данных всех воднобалансовых станций,

экспериментальных и репрезентативных водосборов мира, многих и многих малых, средних и больших речных бассейнов; обобщение и географическая систематизация физически обоснованных параметров моделей; появление широких обобщающих работ и учебников по новой гидрологии.

И какой мы с вами испросим для этого срок? Мы полагаем, что не менее 50 лет, может быть немного больше...

Появление гидрологии нашего отдалённого будущего будет связано с появлением и утверждением нового великого импульса в гидрологии и других науках о Земле.

Таким импульсом, с нашей точки зрения, будет резкое изменение системы гидрометеорологических наблюдений. Первой особенностью новой системы будет использование в ней, по крайней мере, трёх важнейших принципиально новых приборов и установок, которые совершат переворот в гидрометеорологической фундаментальной и прикладной науке.

Перечислим их:

1) автоматический осадкомер, регистрирующий интенсивность и слой жидких и твёрдых осадков за короткие интервалы времени в пределах определённого контура (площадью 100–1000 м²) и работающий на основе влияния выпадающих осадков на некое непрерывно измеряемое физическое поле;

2) автоматический измеритель восходящего (испарение и транспирация) или нисходящего (конденсация) потока воды в газообразном состоянии в пределах определённого контура (площадью около 100 м²), основанный на одном из возможных принципов регистрации прохождения молекул воды через названный контур;

3) автоматический расходомер, ведущий непрерывную запись расходов воды и взвешенных и влекомых наносов в необорудованном створе, минуя традиционный подход «скорость-площадь», и основанный на существовании однозначной (скорее всего нелинейной) зависимости между расходом и создаваемым регистрируемым воздействием на обстановку в районе створа (сейсмика, магнетизм, гравитация и др.) или на

соответствующее специально создаваемое физическое поле.

Второй особенностью этой системы будет совершенно иное разрешение наблюдаемых гидрометеорологических полей во времени и пространстве. Это касается и традиционных, и новых способов измерений. Если сейчас для массового моделирования формирования стока, осуществляемого по стандартным данным наблюдений сети метеорологических станций, редко используют расчётный интервал времени короче суточного, то будущее, скорее всего, будет представлено наблюдениями с интервалами суммирования или осреднения от 10 до 60 минут. Если сейчас расстояние между осадкомерными пунктами на территории суши можно оценить в среднем в 100 км, то в будущем это, скорее всего, будут 10 или 20 км. Что касается других гидрометеорологических элементов, то шаг между точками наблюдений видимо уменьшится незначительно. Скорее всего, будет увеличено число высокогорных пунктов наблюдений, особенно в местах ярко выраженных гипсометрических контрастов. Количество гидрометрических створов в мире видимо возрастет в 2–3 раза, в основном за счёт ещё слабо освоенных в этом смысле речных бассейнов. Допускаем и возможность исчезновения метеорологических и гидрологических станций, как таковых, и появления иных форм измерений. И, наконец, ещё одна важная особенность этого времени – существенное повышение точности самих измерений.

Важнейшим следствием этих основных особенностей новой системы наблюдений будет совершенно иная степень подробности математического описания процессов формирования стока и других гидрологических явлений.

Особым событием в будущей жизни гидрологии может стать наш прорыв в мир подземных вод. Обидно, но мы не можем привести каких-либо реальных доводов в подтверждение сказанного, хотя рано или поздно, в той или иной мере это должно будет случиться.

Широкие перспективы перед гидрологией будущего, несомненно, откроются в связи с приходом принципиально новых возможностей

дистанционных методов измерения всего того, что так необходимо гидрологам, но пока остаётся недоступным.

Особо тщательно следует выбрать створы слежения за уровнем воды в характерных местах района зоны затопления:

- перед началом разлива (входа единого речного потока в зону затопления);
- приблизительно в середине зоны затопления (желательно в районе максимальной ширины);
- почти сразу после выхода реки из зоны затопления (иногда в какой-то мере условного).

В зависимости от разного рода обстоятельств выбирается место для расположения аналитического центра, желательно недалеко от верхнего или нижнего створов. В данный центр непрерывно должна поступать информация (об осадках, температуре и влажности воздуха и возможно какая-либо дополнительная по специальному списку) для осуществления непрерывного математического моделирования гидрографов стока в избранных створах в пределах данного речного бассейна с учётом прогнозируемого предуведомления.

Заключение

Всё-таки наше прогнозирование перспектив науки, в данном случае гидрологии, – это всего-навсего перенос в будущее несколько приукрашенной современной ситуации, хотя и с возможными, а точнее – с желаемыми маленькими научно-техническими «революциями». Но за всем этим в сумраке

Литература

Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Прикладная гидрология. СПб.:СПбЛТУ, 2014. 196 с.

Кэррол Л. История с узелками / Пер. с англ. Ю.А. Данилова; под ред. Я.А. Смородинского. М.: Мир, 1973. 408 с.

будущих лет нас беспокоит нечто непривычное, может быть опасное, может быть гидрологически опасное.

Посмотрите внимательно: даже только гидрологические события последних лет наводят на серьёзные и глубокие размышления. Катастрофы множатся и, по большому счету, истинные причины этого остаются не очень известными. Достаточным ли может явиться предсказание потери спасительного для статистической гидрологии принципа стационарности гидрологических процессов с его устойчивыми расчётными вероятностями гидрологических величин в практике строительного проектирования? Конечно, и одно это – уже большое бедствие для инженерной гидрологии, ибо привычными подходами в условиях большой неопределённости и полного отсутствия информации здесь уже не отделаешься. Но возможна и совсем иная ситуация, подумав о которой сейчас, мы бы пришли в ужас и восхищение.

Что ж, эта, вырисовывающаяся в туманной дымке, гидрология будущего принесёт с собой новые теории, новые модели. Но исходной базой для них будет уже не традиционная гидрология, а та, которая названа гидрологией нового поколения.

Возможно, что такая новая гидрология будет иметь место на рубеже 21-го и 22-го веков. Но это очень и очень оптимистический прогноз.

References

Carroll L. *A Tangled Tale*. London, 1885. 70 p. (Russ. ed.: Kerrol L. *Istoriya s uzelkami*. Moscow, Publ. Mir, 1973. 408 p.)

Vinogradov Yu.B., Vinogradova T.A. *Prikladnaya gidrologiya [Applies hydrology]*. Saint-Petersburg, Publ. of Saint Petersburg State Forest Technical University, 2014. 196 p. (In Russian).