

Изучение вод территории СССР и развитие гидрологии

(по А. И. Чеботареву, 1975)

Очерк истории изучения вод территории СССР

Первые гидрографические сведения. Процесс формирования гидрологии как самостоятельной науки завершился только в сравнительно недавнее время, в конце XIX в. Но исследования вод имеют свою историю, которая тесно связана с культурным и экономическим развитием страны и прежде всего с такими отраслями народного хозяйства, как водный транспорт, лесосплав, энергетика, водоснабжение и мелиорация.

Первые сведения о главнейших реках Восточно-Европейской равнины относятся к глубокой древности. Так, например, первое описание Нижнего Днепра до порогов было сделано в V в. до нашей эры. В древних русских летописях начиная с XII в. появляются описания водных путей.

Развитие исследований водных объектов от эпохи Петра I до 70-х годов XIX в. Более или менее систематические исследования водных объектов в России начинаются при Петре I. Были произведены описания некоторых рек с целью выявления их судоходных условий и возможности соединения рек каналами. В это время была построена Вышневолоцкая водная система, соединившая р. Волгу с Балтийским морем. Велись работы по соединению Волги и Дона, был построен Ивановский канал, соединивший Оку и Дон. При Петре I велись изыскания с целью постройки Мариинской и Тихвинской водных систем.

В 1715 г. на р. Неве у Петропавловской крепости был установлен первый водомерный пост, в 1749 г. Академия наук устроила водомерный пост в Петербурге на р. Мойке, а в 1752 г. - на р. Неве у Главного адмиралтейства. В 1752 г. был открыт водомерный пост на р. Северной Двине у г. Архангельска, а в 1792 г. - на р. Волге у г. Астрахани.

К настоящему времени из материалов наблюдений по водомерным постам, открытым в XVIII столетии, сохранились лишь сводки о наивысших наблюденных горизонтах воды по р. Северной Двине - г. Архангельск, р. Волге - г. Астрахань, р. Неве - Петропавловская крепость и Главное адмиралтейство и р. Днепру - порог Ненасытецкий.

В 1798 г. учреждается департамент (управление) водных коммуникаций и начинается более планомерное исследование и описание водных путей. Проводятся съемки на реках Неве, Волхове, Днепре, Доне, Северском Донце, Оке, Волге, Оби и Лене. Развиваются экспедиционные географические исследования. Сооружаются многочисленные небольшие плотины и водноэнергетические установки на Урале. Все это способствует накоплению сведений о водных объектах России и усовершенствованию методики водных исследований.

В начале XIX столетия в связи с развитием использования внутренних водных путей начала ощущаться необходимость в сведениях о повышении и понижении уровня воды в реках.

В 1818 г. управлением водными и сухопутными сообщениями дается предписание об обязательных ежедневных измерениях уровней воды на всех водных системах. С выходом этого предписания и даже несколько ранее стали производиться водомерные наблюдения на р. Волге у г. Нижнего Новгорода (1820 г.), на р. Каме у г. Дедюхина (1826 г.), на р. Немане у г. Смалининкай (1822 г.), на р. Западной Двине у г. Двинска (1816 г.), на р. Днепре у г. Киева (1839 г.).

Первая “Инструкция для производства наблюдений за изменением горизонта и ложа в реках” была издана Главным управлением путей сообщений в 1858 г. Несмотря на выход этой инструкции, водомерные наблюдения в большинстве пунктов по-прежнему производились по временным вбитым в дно реки рейкам и потому оказывались неувязанными между собой.

В рассматриваемый период впервые были произведены отдельные измерения расходов воды на некоторых реках, причем скорости течения определялись обычно поплавками.

Однако полученные в течение рассматриваемого периода сведения о режиме водных объектов страны и выводы о закономерностях его формирования были разрозненными, касались отдельных, наиболее ярких проявлений режима (выдающиеся половодья, засуха, низкая межень и пр.) и потому не могли еще явиться достаточной основой для выработки более широких представлений о закономерностях гидрологического режима.

Основное содержание добытых в этот период сведений было общегеографического и гидрографического направления и поэтому способствовало познанию водных объектов лишь в общем виде.

Изучение водных объектов в период от 70-х годов XIX в. до Великой Октябрьской социалистической революции. В середине 70-х годов XIX столетия, после постройки главных железнодорожных линий, выяснилась необходимость одновременно с дальнейшим развитием рельсовых путей развивать и улучшать водные пути. Этому, в частности, способствовало появление на р. Волге нового, - очень ценного массового груза - нефти.

В конце XIX и в начале XX в. были выполнены значительные для того времени работы по шлюзованию. Одновременно с производством выправительных работ с конца 90-х годов XIX в. на р. Волге, а потом и на некоторых других реках для поддержания необходимых судоходных глубин начало широко применяться землечерпание. В рассматриваемый период снова возник интерес к использованию водной энергии, чему благоприятствовало усовершенствование двигателей и развитие электротехники. В связи со значительным развитием в этот период портостроения были начаты работы по улучшению судоходных условий устьев крупных рек, впадающих в моря.

В 1873 - 1898 гг. велись работы по осушению болот в северо-западных районах, в частности в Полесье. Важным этапом в изучении водных объектов России в рассматриваемый период явилась организация в 1875 г. навигационно-

описной комиссии министерства путей сообщения для изучения русских судоходных рек. В результате деятельности навигационно-описной комиссии, продолжавшейся до 1884 г., были составлены и изданы планы и продольные профили ряда рек (Северной Двины, Днепра, Камы, Оки, Волги, Дона и др.) с данными об измеренных скоростях и расходах воды. В 1884 г. навигационно-описная комиссия была слита с техническим отделом департамента шоссейных и водных сообщений.

Навигационно-описная комиссия издала описания проведенных исследований, программу этих работ, инструкцию по организации водомерных наблюдений (1876 г.). Эта инструкция с изменениями и дополнениями, внесенными в нее (в 1881, 1882, 1885, 1888 гг.), регламентировала постановку водомерных наблюдений на больших реках вплоть до 1925 г. В процессе проведенных работ навигационно-описная комиссия заложила основы методики водных исследований.

Дальнейшее изучение рек России осуществлялось управлением внутренних водных путей и шоссейных дорог министерства путей сообщения, созданным в 1899 г. на основе объединения департамента водных и шоссейных сообщений и портовой комиссии. В ходе исследований, проведенных описными партиями этого управления, более полно, чем партии навигационно-описной комиссии, выяснили гидрологические особенности рек. С 1902 г. управлением водных путей и шоссейных дорог МПС издавались “Материалы для описания русских рек и истории улучшения их судоходных условий”. К 1916 г. вышло всего 65 выпусков, в которых содержится описание рек и озер, сведения о произведенных на них гидрометрических работах и специальных гидрологических исследованиях, проектах соединительных водных путей, а также отчеты бюро изысканий и местных округов путей сообщения.

Министерством путей сообщения в период с 1882 по 1902 г., а затем министерством торговли и промышленности были произведены изыскания в целях улучшения судоходных условий устьев крупных рек, впадающих в моря. Результаты исследований издавались в виде сборников под названием “Материалы по описанию русских коммерческих портов” (1882-1902 гг.), а затем под названием “Труды отдела торговых портов министерства торговли и промышленности”. В этих изданиях содержатся краткие гидрографические характеристики, планы с промерами глубин, сведения об уровнях, расходах и распределении их по рукавам, о течениях и режиме наносов. В 1881 г. навигационно-описная комиссия издала атлас водомерных графиков за 1876-1880 гг. по 80 водомерным постам. Полный свод результатов наблюдений водомерных постов до 1910 г. был издан МПС в виде текста, таблиц и атласа водомерных графиков в 10 томах под наименованием “Сведения об уровне воды на внутренних водных путях России по наблюдениям на водомерных постах”. Материалы наблюдений последующих лет были изданы после Великой Октябрьской социалистической революции. В результате исследований, произведенных МПС, были написаны монографии по отдельным рекам и районам, содержащие ценные сведения о водных объектах страны. Министерство путей сообщения, решая воднотранспортные задачи, при изучении гидрологического режима касались главным образом исследований

сроков вскрытия и замерзания водоемов, режима уровней, скоростей потока и условий формирования русла.

Одновременно с исследованиями водных объектов как путей сообщения велись работы по изучению болот в связи с их осушением, а также исследования с целью использования водных ресурсов для орошения и обводнения засушливых областей. В период с 1873 по 1898 г. этими проблемами занималась главным образом в районе Полесья западная экспедиция по осушению болот. Эта экспедиция исследовала режим рек и болот бассейна р. Припяти. С 1880 по 1891 г. действовала экспедиция по орошению на юге России и на Кавказе. Большие для своего времени работы были проведены экспедицией по исследованию источников главнейших рек Европейской России под руководством А. А. Тилло (с 1894 по 1901 г.). Поводом к снаряжению этой первой в России гидрологической экспедиции послужило весьма распространенное с начала XIX столетия мнение, будто бы обмеление равнинных рек, в частности Волги, а также неурожаи, в особенности 1891-1892 гг., связаны с уменьшением водных запасов страны вследствие вырубki лесов в верховьях рек, распашки прибрежных лугов и склонов многочисленных оврагов и пр. Труды этой экспедиции, изданные в 63 выпусках, охватили разнообразные вопросы гидрографии и гидрологического режима истоков рек Волги, Днепра, Западной Двины и их главнейших притоков.

Большие исследования рек были начаты в 1909 г. отделом земельных улучшений (ОЗУ) главного управления земледелия и землеустройства. Изыскательские партии ОЗУ ставили своей задачей не столько получение топографических планов рек, как это делали изыскательские партии министерства путей сообщения, сколько получение сведений по водности рек, наносам, химическому составу и другим данным, характеризующих гидрологический режим. В 1903 г. при отделе земельных улучшений в качестве совещательного органа междуведомственного характера был образован гидрологический комитет. В составе комитета было учреждено четыре комиссии: 1) по крупным гидротехническим сооружениям с оросительной целью, 2) по общим гидрологическим и гидрогеологическим вопросам, 3) по исследованиям рек, речных долин и озер и работам, связанным с упорядочением течения рек, состояния речных долин и озерных котловин и 4) по юридическим вопросам. Начиная с 1907 г. все чаще поднимается вопрос о необходимости создания центрального гидрологического учреждения. Впервые этот вопрос был поставлен еще экспедицией А. А. Тилло.

В 1914 г. совет мелиорационных съездов организовал комиссию для разработки вопроса об учреждении районных гидрологических станций и об объединении их деятельности в особом центральном гидрологическом научном учреждении.

Для систематических, стационарных наблюдений на реках были организованы три особых управления, названные гидрометрическими частями; в 1910 г. в Туркестанском крае и при водном управлении на Кавказе и в 1913 г. в Европейской России. На основе работ, проведенных этими организациями, в значительной мере и была создана отечественная гидрометрия. К 1917 г. в России действовало более 150 водомерных постов и гидрометрических станций.

На основании исследований, проведенных в период с 70-х годов XIX столетия до Великой Октябрьской социалистической революции, были установлены основные закономерности, существующие между климатическими факторами (осадками, испарением) и стоком, выяснены главные особенности формирования дождевых паводков, заложены основы научных исследований в области русловых процессов и зимнего режима. Кроме того, были сделаны первые попытки организации службы гидрологических прогнозов, начали создаваться методы расчета максимального стока при отсутствии непосредственных наблюдений, а также была создана значительная сеть гидрометеорологических станций на крупных реках и озерах и составлены первые инструкции для производства гидрометрических работ. К концу этого периода начался процесс выделения гидрологии в самостоятельную отрасль знания.

Исследование водных ресурсов после Великой Октябрьской социалистической революции. В первые годы после Великой Октябрьской социалистической революции (1918-1920 гг.) в связи с гражданской войной и иностранной интервенцией объем исследований рек и озер значительно сократился. С началом периода восстановления народного хозяйства (1921-1925 гг.) и особенно в последующие годы грандиозного социалистического строительства исследования водных ресурсов страны начали развиваться очень быстро.

Важное значение в деле организации планомерных исследований водных ресурсов в широком масштабе имел исторический план ГОЭЛРО - план электрификации и реконструкции народного хозяйства, разработанный в 1921 г. под руководством В. И. Ленина. Предусмотренное планом ГОЭЛРО широкое комплексное использование водных ресурсов страны потребовало не только всестороннего изучения естественного режима водных объектов, но и оценки будущих условий.

Крупнейшие водохозяйственные проблемы, связанные с реконструкцией рек Волги, Днепра, Дона, Урала, Оби, Енисея и др., и проблема использования малых рек, возникшие в связи с осуществлением пятилетних планов, имели решающее значение в развитии исследований водных ресурсов.

Большую роль в истории изучения водных ресурсов страны и оформлении гидрологии в самостоятельную науку сыграло учреждение в 1919 г. Российского, ныне Государственного ордена Трудового Красного Знамени гидрологического института (ГГИ), ставшего центральным научно-исследовательским учреждением Советского Союза в области гидрологии.

Учреждение в 1929 г. Гидрометеорологического комитета при Совете Народных Комиссаров СССР, преобразованного в 1933 г. в Центральное управление Единой гидрометеорологической службы СССР (ЦУЕГМС), а в 1936 г. в Главное управление гидрометеорологической службы (ГУГМС), создало широкие возможности организации и развития планомерного комплексного изучения гидрометеорологического режима территории СССР в интересах обслуживания запросов всех отраслей народного хозяйства. Создание Гидрометеорологической службы СССР способствовало развитию сети

гидрологических станций, установлению единой методики работ, улучшению качества гидрометрических работ и расширению программы исследований водных ресурсов. В 1941 г. число гидрометеорологических станций ГУГМС, ведущих наблюдения за режимом рек, озер и болот, достигло 4247, а к 1960 г. стало близко к 6000.

Наряду с опорной государственной сетью гидрометеорологических станций, входящих в систему Гидрометеорологической службы, существует и ведомственная сеть, создаваемая обычно на период проектирования и строительства гидротехнических сооружений, а также для обслуживания в период их эксплуатации. Ведомственные станции дополняют материалы наблюдений опорной сети и производят специальные исследования (скоростей потока, режима русла, зимнего режима и др.) применительно к конкретным задачам проектирования.

Весьма показательным для советского периода гидрологических исследований, особенно в области изучения рек, является не только резкое развитие работ, направленных на изучение отдельных водных объектов, но и проведение широких и обстоятельных научных обобщений по гидрографии СССР и установление физических закономерностей, управляющих процессами, происходящими в них. Важнейшим этапом советского периода развития гидрологии явилось окончательное оформление ее как самостоятельной научной дисциплины.

Основные сведения по истории развития гидрологии в СССР

Формирование основ гидрологии. Оформление гидрологии в самостоятельную науку. Гидрология суши как система научных значений оформилась к 20-м годам XX столетия. Основы научного анализа гидрологических процессов были заложены в 90-х годах XIX столетия. Формирование научных представлений о закономерностях развития гидрологических процессов осуществлялось первоначально в рамках физической географии, геологии и гидротехники.

Физическая география и геология рассматривали вопросы, относящиеся к закономерностям формирования рельефа речных водосборов и строения речной сети, образования озерных котловин и распространения различных водоемов на земной поверхности. При этом обращалось внимание на выяснение закономерностей формирования долин, террас, на взаимное расположение главной реки и ее притоков и вообще на качественный анализ процесса формирования гидрографической сети. Наряду с гидрографическими и морфометрическими характеристиками гидрографической сети в физической географии систематизировались и первоначальные сведения о водном балансе водоемов и речных водосборов, о водном режиме поверхностных и подземных вод.

В гидротехнике и, в частности, в том ее разделе, который занимался использованием рек и озер как путей сообщения, изучались закономерности распределения по живому сечению и пульсации скоростей течения, направления циркуляционных токов образования русловых форм, перемещения частиц

грунта потоком и другие вопросы гидрологии речного русла, интересовавшие практику выправительных работ.

Гидротехническое направление изучения закономерностей формирования речных русел и отдельных форм их (плесов, перекаатов, закруглений, побочной и пр.), в отличие от физико-географического качественного анализа, основывалось на учете динамических свойств потока.

Одновременно с изучением русловых процессов применительно к задачам гидротехнического строительства изучались условия формирования весенних половодий и дождевых паводков, устанавливались эмпирические зависимости стока от обуславливающих его факторов.

Исследования, выполненные физической географией, геологией и гидротехникой, создали основу, на которой к середине 20-х годов гидрология выделилась в самостоятельную научную дисциплину. Однако объем знаний, накопленных к этому времени, был еще невелик: это определялось не только сложностью изучаемых явлений, но и малым объемом водохозяйственного строительства, не ставившего перед гидрологией сложных научных проблем.

Великая Октябрьская социалистическая революция, обеспечившая невиданный в истории подъем народного хозяйства и культуры, определила широкое развертывание работ по использованию водных ресурсов страны.

Важную роль в оформлении гидрологии как науки сыграл Государственный гидрологический институт (ГГИ). Большое значение для развития гидрологии в СССР имели работы Гидроэнергопроекта, Гидропроекта, Водоканалпроекта и других организаций, осуществлявших проектирование различных гидротехнических сооружений и разработку водохозяйственных мероприятий.

Важный вклад в изучение ряда закономерностей гидрологического режима внесли научно-исследовательские учреждения Академии Наук СССР и союзных республик, железнодорожного и водного транспорта, а также гидрологические группы в различных организациях, связанных с использованием вод.

Коллектив научных сотрудников ГГИ своими исследованиями в значительной мере определил направление развития гидрологии как самостоятельной науки, изучающей воды суши (реки, озера, болота), процессы, в них протекающие, и закономерности, которыми они определяются. В той мере, в какой это связано с режимом вод суши, гидрология занимается изучением подземных вод и ледников.

Исследования в области гидрологии суши можно разделить на следующие основные группы:

- 1) совершенствование методов гидрометрических работ, подготовка методических пособий, руководств и разработка конструкций гидрологических приборов;
- 2) гидрографические работы;
- 3) исследования процессов формирования стока и разработка методов расчета и прогноза его основных характеристик;
- 4) изучение структуры речного потока и русловых процессов;
- 5) гидрофизические исследования;

б) работы в области гидрохимии.

Совершенствование методов гидрометрических работ, подготовка методических пособий, руководств и разработка конструкций гидрологических приборов. С момента возникновения практического интереса к использованию водных объектов появляется необходимость в достаточно длительном и систематическом изучении их режима. Поэтому вопросы методики проведения гидрологических работ, разработка аппаратуры и организация сети наблюдательных станций постоянно привлекали внимание исследователей.

Сеть гидрологических станций и постов на территории СССР первоначально складывалась без какого-либо перспективного плана как результат исследований, связанных с удовлетворением весьма разнообразных текущих хозяйственных и культурных требований, возникающих при изучении водного фактора. Поэтому элемент случайности в географическом распределении станций и постов имел большое значение. Рядом с объектами, изучавшимися густой сетью станций и постов, было не мало водных объектов, на которых сеть была крайне редка или совсем отсутствовала. На некоторых реках существовала густая сеть станций на участках транзита вод и совершенно не было станций в области их питания.

Имелись случаи, когда на бесприточных участках рек станции располагались настолько часто, что приращение стока от станции к станции оказывалось меньше допустимых погрешностей учета стока. Некоторые станции располагались в таких местах, где особенности режима настолько своеобразны, что выводы наблюдений нельзя было распространить на объект в целом или на его определенный участок, а тем более на соседние реки. Для устранения имевшихся существенных недостатков в размещении сети уже в начале оформления гидрологии в самостоятельную науку потребовалось разработать научно обоснованные принципы создания сети, обеспечивающие рациональное размещение пунктов по территории, унификацию и научную строгость методов наблюдений.

Разработка принципов размещения гидрологической сети завершилась признанием необходимости создания единой государственной опорной сети гидрологических станций взамен существовавшей, раздробленной по различным ведомствам. Объединение гидрологических наблюдений и изучение вод в одном общегосударственном органе осуществилось в 1929 г., когда постановлением СНК, СССР была учреждена Единая гидрометеорологическая служба СССР.

Наряду с разработкой принципов построения и размещения гидрологической сети и осуществления практических мероприятий по их реализации велись работы по обобщению накопленного опыта производства гидрометрических работ и подготовке методических пособий, определяющих порядок и технику их производства. Были подвергнуты анализу применявшиеся в практике гидрометрических работ рекомендации о продолжительности наблюдений в различных точках потока с целью исключения влияния пульсаций, вычислении средней $q_{прпqrh}$ течения на вертикали, порядке вычисления расходов воды, применимости различных способов измерения

расходов воды, например способа косых галсов, фотометрического способа и т. д.

Основываясь на этих материалах, ученые ГГИ подготовили серию инструкций по изучению различных элементов гидрологического режима. В последующем на базе этих пособий, подвергнутых творческой переработке, была в 1938 г. создана инструкция, содержащая рекомендации по производству всех работ, производимых гидрологическими станциями. Рекомендации этой инструкции в последующем систематически совершенствовались и публиковались в новых изданиях наставлений и в многочисленных методических указаниях управлениям Гидрометслужбы, подготовленных ГГИ.

Одновременно с совершенствованием методов гидрометрических работ учеными, специалистами в области методики и конструкторами создавалась необходимая аппаратура и приборы. Создание, развитие и современное состояние отечественного гидрологического приборостроения в значительной мере связаны с деятельностью Государственного гидрологического института.

В дореволюционный период в России производство гидрологических приборов ограничивалось лишь изготовлением единичных экземпляров гидрометрических вертушек, измерителей уровня, указателей направления течения, созданных гидрологами, исследовавшими водоемы страны.

Возросший спрос на приборы в связи с развитием гидрологических исследований обусловил организацию в 1927-1930 гг. отечественного производства гидрологических приборов. В настоящее время производство всех гидрометрических работ полностью обеспечивается гидрометрическими приборами отечественных конструкций. Гидрометрическая вертушка Н. Е. Жестовского, самописец уровня “Валдай”, гидрометрические лебедки “Нева” и “Луга”, ледовый бур, батометр-бутылка на штанге и в грузе, вакуумный батометр, шугобатометр, микротермометр и ряд других приборов получили широкое распространение в практике гидрометрических работ. Много оригинальных приборов создано для проведения различных экспериментальных исследований. Разработаны установки для изучения испарения с водной поверхности и поверхности суши. В настоящее время все шире разворачиваются работы по внедрению в практику гидрометрических измерений достижений в области телеметрии, радиосвязи, электроизмерений и использованию радиоактивных изотопов.

Гидрографические работы. Гидрографические исследования по сравнению со всеми иными разделами гидрологии имеют более длительную историю. Первоначальное содержание гидрологии в значительной мере ограничивалось общими гидрографическими сведениями о водных объектах суши. Несмотря на значительную давность первоначальных гидрографических описаний, содержание гидрографии как раздела гидрологии суши с определенными методами работ и задачами определилось вместе с формированием в целом гидрологии суши как самостоятельной науки. Большая работа гидрографического характера была выполнена при составлении водного кадастра, она заключалась в детальном гидрографическом описании рек, озер и болот в форме соответствующих разделов справочников по водным ресурсам СССР.

В гидрографических работах содержатся не только порайонные описания водных объектов, но и характеристики отдельных элементов режима. Производились исследования термического режима рек СССР, закономерности вскрытия и замерзания рек, формирования минимального стока, условий образования селей и их распространение на территории СССР и др.

Сводные работы гидрографического характера о водоносности рек СССР выполнены Л. К. Давыдовым, М. И. Львовичем по стоку рек земного шара, Б. Д. Зайковым по стоку рек СССР и Европы, А. А. Соколовым, подготовившим первое систематическое пособие по гидрографии СССР. Многочисленные гидрографические пособия в форме объектных и районных описаний выполнены по рекам Днепру, Волге, Дону, по озерам Байкал, Ладожское, Онежское, Чудско-Псковское и др. Прямым продолжением гидрографических работ, выполненных в период составления кадастра вод СССР, явились многолетние работы управлений Гидрометслужбы по гидрографическому обследованию территории СССР и составлению гидрографических описаний.

Исследование процессов формирования стока и разработка методов расчета и прогноза его основных характеристик. Начало изучению закономерностей формирования водного режима и разработки методов его расчета и прогноза было положено еще в дореволюционный период. Из работ этого периода наибольшее влияние на последующее развитие гидрологии оказали исследования Э. М. Ольдекопа об испарении с речных бассейнов, Е. А. Гейца о водоносности р. Оки, Н. Е. Долгова о формировании максимальных расходов дождевых паводков, Е. В. Оппокова о режиме стока р. Днепра. Этими работами были выявлены основные закономерности формирования водного режима в связи с другими составляющими водного баланса (осадки, испарение) и учетом физико-географических особенностей водосборов. Работы указанного направления имели не только большое общее теоретическое значение, но и способствовали созданию правильных рекомендаций по улучшению судоходных условий рек, разработке мелиоративных мероприятий и методов расчета характеристик стока.

В тесной связи с работами, относящимися к выяснению закономерностей формирования речного стока и разработке методов его расчета, велись исследования с целью создания методов прогноза. Так, В. А. Макаров разработал метод прогноза глубин на перекатах, а В. Г. Клейбер развил его и начиная с 1893 г. приступил к выпуску оперативных прогнозов глубин на нескольких главнейших перекатах р. Волги.

В послереволюционный период особо важное значение для развития исследований в области речного стока имели работы Д. И. Кочергина и М. А. Великанова. Весьма существенной особенностью советского периода исследований водных ресурсов является не только резкий рост объема гидрометрических работ и совершенствования их методики, но и проведение широких и обстоятельных научных обобщений как по гидрографии СССР, так и по установлению физических закономерностей, управляющих процессами, происходящими в водоемах.

Необходимость быстрого решения задач проектирования не позволяла ждать, пока вновь на организованных гидрологических станциях накопятся

данные непосредственных наблюдений. Поэтому возникла необходимость в обобщающих работах и методах, которые позволили бы быстро определять с достаточной для практических целей точностью основные характеристики водоносности рек. Возможность развития указанных исследований в сильной степени была облегчена тем, что в процессе составления Водного кадастра СССР были систематизированы и подвергнуты обработке многочисленные материалы наблюдений за режимом вод СССР. Водный кадастр СССР, включающий по разделу вод суши “Сведения об уровне воды”, “Материалы по режиму рек СССР”, в последние годы пополненные изданием “Гидрологических ежегодников”, “Материалов наблюдений стоковых, болотных, испарительных и ливнемерных станций”, содержит исключительно ценные сведения о режиме вод СССР.

Исследования по проблеме речного стока осуществлялись главным образом с целью разработки методов расчета нормы стока, изменчивости стока в многолетней перспективе, распределения стока внутри года и вычисления максимальных и минимальных его значений; эти методы должны были давать возможность расчета указанных характеристик стока даже при отсутствии данных непосредственных наблюдений.

В области расчета нормы стока при наличии и отсутствии данных наблюдений важные исследования проведены Б. Д. Зайковым и С. Ю. Беликовым. В дальнейшем этими вопросами занимались А. В. Огиевский, К. П. Воскресенский и др., разработавшие приемы учета местных особенностей водосборов при расчете нормы стока. В советский период для расчетов стока большое развитие получил метод водного баланса. Большое влияние на развитие методов гидрологических расчетов оказало применение Д. Л. Соколовским для условий СССР метода расчета величин годового и максимального стока различной обеспеченности.

В дальнейшем аппарат математической статистики получил широкое распространение в гидрологических и водохозяйственных расчетах. Методика его применения развита и усовершенствована в трудах многочисленных исследователей, среди которых прежде всего следует отметить С. Н. Крицкого, М. Ф. Менкеля, Г. А. Алексева. Существенной особенностью работ советских ученых в области применения аппарата математической статистики в расчетах стока явилось установление зависимости статистических характеристик колебаний стока от физико-географических факторов, что позволило решать задачи расчета вероятных колебаний стока в условиях недостатка или отсутствия данных непосредственных наблюдений.

Значительное внимание советских ученых было обращено на развитие методики расчета максимального дождевого и снегового стока. Этой проблеме посвятили свои исследования М. М. Протодняков, А. В. Огиевский, Д. Л. Соколовский, А. Н. Бефани, Г. А. Алексеев, М. Ф. Срибный, А. И. Чеботарев, Б. И. Серпик и др. В связи с задачей расчета дождевого стока большое внимание уделялось методике расчета ливней. Первоначальные предложения, содержащиеся в работах П. Ф. Горбачева, М. М. Протоднякова и др., представляли собой частные решения этого вопроса. Поэтому ГГИ предпринял фундаментальную работу по сбору и обработке наблюдений за ливнями. На

основе этих данных был разработан метод расчета интенсивности ливней различной повторяемости. В последующем метод расчета параметров дождей был усовершенствован Г. А. Алексеевым. На основе этих новых разработок управления Гидрометслужбы при методическом руководстве ГГИ установили региональные зависимости для расчета интенсивности дождей различной продолжительности и вероятности повторения.

Методику расчета внутригодового распределения стока развивали Н. Д. Антонов, Г. И. Швец, И. М. Лившиц, В. Г. Андреянов и др. Способы расчета минимального стока рассмотрены в работах Н. Д. Антонова, Л. А. Владимирова, Г. Н. Хмаладзе, А. М. Комлева, В. Д. Быкова, А. Г. Курдова и др. Наиболее полное исследование в этой области выполнено А. М. Владимировым.

Наряду с обобщением гидрологических материалов, выполнявшихся в центральных научно-исследовательских учреждениях страны, интенсивно развивались исследования в союзных республиках. Гидрологические закономерности горных областей исследовали Л. А. Владимиров, Г. Н. Хмаладзе, А. И. Важнов, В. Л. Шульц, В. Л. Щеглова, С. Г. Рустамов и др. Региональные схемы расчета паводков и максимального стока применительно к условиям Кавказа разрабатывали И. И. Херхеулидзе и Г. Д. Ростомов.

Высокий уровень развития теории расчетов речного стока определил возможность наиболее обоснованные методы рекомендовать для использования в практике строительного проектирования в форме указаний, утвержденных Госстроем СССР и регламентирующих порядок расчета. Введенные в действие с 1 октября 1972г. “Указания по определению расчетных гидрологических характеристик” (СН 435-72) определяют порядок расчета нормы стока его многолетних колебаний и распределения внутри года, максимальных расходов воды от снеготаяния и дождей, а также минимальных расходов воды и минимальных уровней.

Изучением процесса формирования стока с заболоченных территорий и разработку методики его расчета проводили А. Д. Дубах и К. Е. Иванов. Гидрологию озер и водохранилищ развивали С. Д. Муравейский, Б. Д. Зайков, В. К. Давыдов, А. П. Браславский, С. Л. Вендров, З. А. Викулина и др.

Наряду с развитием методов расчета стока большое внимание в трудах советских гидрологов, уделялось вопросам разработки методов его прогноза. Работами В. Н. Лебедева, Л. К. Давыдова, Б. А. Апполова, А. В. Огиевского, Ф. И. Быдина, В. Д. Комарова, Г. П. Калинина, Е. Г. Попова и др. установлены важные закономерности формирования половодья и паводков, меженного стока. До 1943 г. научно-методическое руководство службой гидрологических прогнозов осуществлялось Государственным гидрологическим институтом (ГГИ). В 1943 г. прогностические подразделения ГГИ были переданы Центральному институту прогнозов (с 1945 г. Гидрометцентр СССР), который в настоящее время совместно с местными управлениями Гидрометслужбы ведет систематическое обслуживание народного хозяйства гидрологическими прогнозами.

Большое внимание коллектив гидрологов Гидрометцентра СССР уделяет не только вопросам оперативного обслуживания народного хозяйства, но и развитию теоретических исследований в области гидрологии, широко используя

при этом материалы экспериментальных работ. Выяснено влияние русловых емкостей на процесс перемещения воды в руслах рек, вскрыты закономерности поверхностного задержания вод снеготаяния и дождей, рассмотрены условия формирования весенних половодий на основе учета всего комплекса влияющих на них факторов.

Разработка практических рекомендаций по расчетам и прогнозам стока основывалась на статистическом обобщении материалов наблюдений сети гидрометеорологических станций и детальном изучении в природе условий формирования стока. В первый период развития методов расчета и прогноза стока преобладающее значение имели статистические обобщения. В последние годы вопросы изучения процесса формирования стока получают все большее развитие.

Обобщения материалов массовых сетевых наблюдений, способствовавшие установлению ряда практически важных, по существу, наиболее элементарных соотношений между стоком и факторами, его определяющими, являются уже недостаточными, когда возникают проблемы, требующие для своего решения знания достаточно тонких деталей процесса формирования стока. Для выяснения этих вопросов необходима постановка широких экспериментальных исследований в природных условиях. Следует отметить, что высказанное положение ни в какой мере не означает отрицания значения массовых сетевых наблюдений и возможности их использования и в дальнейшем не только для обеспечения запросов практики водохозяйственного строительства, но и для выяснения ряда еще малоизученных закономерностей процессов стока.

Таким образом, в настоящее время работы по обобщению сетевых наблюдений должны быть дополнены тщательными полевыми и лабораторными экспериментальными исследованиями, имея в виду, что роль эксперимента в гидрологии на современном этапе ее развития становится особенно значительной. Одним из способов детального изучения гидрологических процессов является организация исследований с тщательным и высокочастотным измерением всех основных составляющих водного баланса в отдельности и во взаимной связи на специально создаваемых полевых экспериментальных базах и стоковых станциях.

Большая работа по развитию теории эксперимента и созданию оригинальных экспериментальных установок проведена В. А. Урываевым, деятельность которого в этой области обеспечила крупные успехи советской гидрологии в развитии экспериментальных исследований.

Изучение структуры речного потока и русловых процессов.

Еще в конце XIX столетия в связи с работами по улучшению судоходных условий рек Н. С. Лелявским и В. М. Лохтиным были заложены основы учения о русловых процессах. Усложнение требований практики определило необходимость существенного развития исследований в этой области. Фундаментальные исследования, проведенные М. А. Великановым, В. М. Маккавеевым, Н. М. Вернадским, В. Н. Гончаровым, И. И. Леви и др.,

позволили установить важные закономерности турбулентного перемешивания и воздействия турбулентного потока на подвижные частицы дна. В частности, разработана спектральная теория турбулентности и теория переноса наносов во взвешенном состоянии; рассмотрены вопросы формирования и движения песчаных волн, существенно развиты некоторые области речной гидравлики, например относящиеся к движению паводочных волн, построению кривых свободной водной поверхности, развитию поперечной циркуляции, построению плана течений и пр. В результате создана новая отрасль речной гидравлики - динамика русловых потоков.

При всей важности теоретических и практических выводов, содержащихся в работах, рассматривающих русловую процесс исходя из основных положений гидродинамики, это направление еще не располагает методами, позволяющими установить закономерности возникновения и развития различных русловых форм и образований как в процессе естественного взаимодействия потока и русла, так и особенно при проведении различных гидротехнических мероприятий. В связи с этим одновременно с развитием теорий турбулентного движения и переноса взвешенных наносов получили развитие исследования основных морфологических элементов русла (косы, побочни, перекаты, излуины и пр.) в зависимости от гидравлических характеристик потока (расходы, уклоны, скорости и пр.). Работы, выполненные М. А. Великановым, С. И. Рыбкиным, С. Т. Алтуниным и др., позволили установить ряд морфологических зависимостей, пригодных для оценки возможных изменений русловых форм, при изменении гидравлических характеристик потока.

На основе обобщения материалов натуральных съемок русел рек и лабораторных исследований К. И. Российский и И. А. Кузьмин развили представления о морфологии речных перекатов и типах русловых процессов. Дальнейшее существенное развитие теория формирования речных русел получила в работах ГГИ (Н. Е. Кондратьев, И. А. Попов). В результате исследований ГГИ установлены особенности развития руслового процесса в различных его формах. Установленные закономерности позволяют решать такие сложные инженерные задачи, как оценка устойчивости судоходных прорезей, создаваемых землечерпанием, мостовых опор. Опираясь на выводы гидролого-морфологической теории руслового процесса, можно предвидеть поведение русла в различных местах, что, в частности, важно при выборе мест расположения различных инженерных сооружений.

Создание многочисленных водохранилищ приводит к коренной перестройке русловых процессов на реках. Интенсивному переформированию под воздействием ветровой волны подвергаются берега долины, участки реки в нижнем бьефе водохранилищ, русло в зоне выклинивания подпора и т. д. Эти явления исследованы в работах Н. Е. Кондратьева, К. И. Российского и др. Важным дополнением теоретических и экспериментальных исследований руслового потока и деформаций русла явились работы Г. И. Шамова и Г. В. Лопатина, в которых обобщены материалы наблюдений за стоком наносов на сети станций Гидрометслужбы и разработаны вопросы режима твердого стока.

Гидрофизические исследования. Значительные работы проведены советскими учеными в области гидрофизических исследований. Они охватывают широкий круг вопросов по изучению физических свойств снега и льда, возникновению и развитию ледовых явлений и, в частности, внутриводного (донного) льда, термического режима водоемов. Большое внимание советские гидрофизики уделили изучению снеготаяния, испарения с поверхности воды и суши и разработке методов их измерения и расчета.

Необходимость серьезных научных исследований физических и механических свойств льда, причин и условий образования шуги и внутриводного (донного) льда была обусловлена ухудшением условий работы гидростанций, водозаборных сооружений, трубопроводов, отстойников и т. д. в зимний период. Значительный вклад в исследование шуги и внутриводного (донного) льда внес В. Я. Альтберг, осуществивший многочисленные экспериментальные исследования и опубликовавший монографии по этому вопросу. В последующем эту область гидрофизики развивали В. А. Рымша, Н. Н. Петруничев, Д. Н. Бибиков и др. Труды этих ученых расширены представления о физических закономерностях образования шуги и внутриводного льда, разработаны основы методики наблюдений за этими явлениями и практические рекомендации по борьбе с вредным действием льда на гидротехнические сооружения.

Исследованию и расчетам термического режима водоемов посвящены работы Б. В. Проскурякова, К. И. Российского, А. П. Браславского, С. Н. Крицкого, М. Ф. Менкеля, В. В. Пиотровича. Содержавшиеся в них рекомендации широко используются для расчета термического режима прудов-холодильников, озер и водохранилищ и для создания методов прогноза вскрытия и замерзания подоёмов. Обстоятельные экспериментальные исследования снеготаяния с использованием метода теплового баланса проведены П. П. Кузьминым, изучившим это явление в различных физико-географических условиях и разработавшим схему его расчета. Упрощенный метод расчета снеготаяния предложен Е. Г. Поповым.

Многочисленные работы советских гидрологов посвящены проблеме испарения. Первоначальные предложения Б. В. Полякова и некоторых других по расчету испарения с водной поверхности в последующем были существенно развиты и уточнены в работах В. К. Давыдова и особенно Б. Д. Зайкова, З. А. Викулиной и А. П. Браславского. Характеристике испарения с поверхности речных бассейнов посвящены работы П. С. Кузина. Под руководством В. Ф. Пушкарева проведены обширные исследования по разработке методики измерения испарения с поверхности суши, завершившиеся созданием сети испарительных станций; материалы этих наблюдений использованы для характеристики режима испарения и транспирации в различных физико-географических условиях. А. Р. Константиновым разработана схема расчета испарения с поверхности суши с использованием в качестве исходных аргументов данных метеорологических станций. В. В. Романов разработал методику изучения и расчета испарения с заболоченных территорий.

В последние годы созданы экспериментальные установки, позволяющие измерять непосредственно в природных условиях транспирацию лесной

растительности. По ряду проблем гидрофизики, особенно испарения, значительные работы проводятся метеорологами, в частности, Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова.

Из числа гидрофизических проблем внимание советских гидрологов привлекла задача изучения расчета ветровых волн. Для вод суши, исходя из уравнения баланса энергии В. М. Маккавеева, А. П. Браславский разработал метод расчета ветровых волн, получивший широкое практическое применение.

С созданием водохранилищ важное значение приобрели вопросы методики наблюдений и расчета сгонно-нагонных денивеляций уровня и течений. Эти сложные вопросы рассмотрены в работах А. В. Караушева.

Работы в области гидрохимии. Изучение химического состава и гидрохимического режима природных вод является составной частью комплекса гидрологических исследований. Особо интенсивное развитие эти работы получили начиная с 1936 г. Были начаты обширные систематические наблюдения за химическим составом вод суши на сети станций Гидрометслужбы. Организация этих наблюдений стала возможна благодаря большой работе, выполненной О. А. Алехиным, П. П. Воронковым и др., по созданию методики гидрохимических работ и проекта размещения пунктов наблюдений. Обобщая материалы наблюдений сети станций Гидрометслужбы, О. А. Алехин провел обширное исследование минерализации и химического состава речных вод территории СССР и составил гидрохимическую карту рек СССР для межлетнего периода. На основе специально организованных управлениями Гидрометслужбы детальных наблюдений П. П. Воронков исследовал процесс формирования химического состава поверхностных вод степной и лесостепной зон Европейской территории СССР. Обширные гидрохимические исследования под руководством П. П. Воронкова проведены в районах освоения целинных и залежных земель.

Исследования по методике расчета солевого баланса и гидрохимического режима водохранилищ выполнены Я. Ф. Плешковым, Н. М. Бочковым и др.

Интенсивное и плодотворное развитие гидрохимических исследований вод суши в значительной мере было определено творческим сотрудничеством гидрохимиков и гидрологов, особенно полно проявившимся в работах Государственного гидрологического института.

Гидрология суши из небольших разделов физической географии, гидротехники и водных исследований сформировалась в стройную обширную систему научных знаний с конкретными объектами и методами исследований.

Несмотря на значительные достижения и размах научных исследований, полученные в ряде случаев результаты не обеспечивают запросов практики водохозяйственного строительства. Еще недостаточно изучены закономерности колебания стока в многолетней перспективе и синхронность колебаний стока различных речных бассейнов, в малой степени вскрыты зависимости между речным стоком и формирующими его природными факторами, слабо разработан аппарат математической статистики применительно к оценке повторяемости многофакторных явлений. Расчетные схемы нередко слабо подкреплены материалами натурных наблюдений, а в ряде случаев, наоборот, они недостаточно обоснованы теоретически. Для изучения некоторых элементов

гидрологического режима, например расходов донных наносов, малых скоростей течения, ветрового волнения и пр., еще не имеется надежно действующей аппаратуры. Требуется развитие методики гидрометрических работ, в частности в условиях зарегулированного режима.

Дальнейшее изучение ресурсов поверхностных вод необходимо осуществлять как путем развития рационализации массовой сети гидрологических станций и улучшения техники и методики наблюдений, так и путем постановки опытных лабораторных и полевых экспериментальных исследований. Более глубокое познание закономерностей формирования гидрологического режима позволит полнее удовлетворить возрастающие запросы водного хозяйства, требующего дальнейшего повышения точности гидрологических расчетов, повышения надежности и увеличения заблаговременности гидрологических прогнозов.