

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
“ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ”

На правах рукописи

УДК 556.535.5:556.168

Гуревич Елена Витальевна

**Влияние ледяного покрова на взаимодействие
поверхностных и подземных вод**

Специальность 25.00.27 - гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата географических наук

Санкт – Петербург

2010 г.

Работа выполнена в Государственном учреждении «Государственный гидрологический институт»

Научный руководитель: **Марков Михаил Леонидович**
кандидат географических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Лавров Сергей Алексеевич,**
доктор технических наук
Постников Александр Николаевич,
кандидат географических наук, доцент

Ведущая организация: **Институт географии РАН,**
Лаборатория гидрологии

Защита диссертации состоится 27 декабря 2010 г в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д.327.006.01 Государственного гидрологического института по адресу: 199053, Санкт-Петербург, В. О., 2-я линия, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного гидрологического института.

Автореферат разослан 24 ноября 2010г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

кандидат географических наук

Ж. А. Балонишникова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Во многих публикациях последних 5-10 лет отмечается, что наиболее чувствительным к потеплению климата оказался зимний сток. Он вырос, например, в некоторых районах Европейской территории России в 1,5-2 раза. Так как зимний сток лимитирует водопотребление и имеет важнейшее значение при водохозяйственном, строительном проектировании и решении экологических задач, то его изменение привлекает к себе все большее внимание. Вместе с тем, до сих пор нет ясности в природе этих изменений. Особенно это актуально для северных и восточных районов России, где холодный период длится 4-6 месяцев и многие реки перемерзают.

С научной точки зрения, актуальность выбранной темы определяется тем, что мало исследована генетическая сторона вопроса, раскрывающая механизм формирования зимнего стока рек под комплексным влиянием увлажненности водосборов, потерь стока рек на ледообразование, особенностей зимнего дренирования реками подземных водоносных горизонтов.

С практической точки зрения, результаты исследований формирования зимнего стока рек необходимы для усовершенствования методов расчета гидрографов речного стока в холодный период года, его прогнозов при потеплении или похолодании зимних сезонов. Минимальный сток рек в гидрогеологии используется как объективный показатель естественных ресурсов подземных вод. Существенное его увеличение в ряде регионов в последние десятилетия не всегда согласуется с изменением ресурсов подземных вод, что требует объяснения.

Целью работы является оценка влияния ледяного покрова на подземное питание и зимний сток рек. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

- анализ гидрометеорологических условий в целях выявления основных стокоформирующих факторов зимнего стока рек;

- исследование вклада разных звеньев речной сети в формирование зимнего стока в речном бассейне с учетом суровости зим;
- оценка влияния ледяного покрова рек на минимальный зимний сток.

Методы исследований. В данной работе использовался комплексный анализ гидрометеорологических условий формирования зимнего стока рек в различных по природным условиям районах России. При этом учитывалось, что процесс формирования стока неоднороден в разных звеньях гидрографической сети. На основе данных наблюдений на сети Росгидромета установлены эмпирические связи минимального зимнего стока с основными стокоформирующими факторами и, в частности с толщиной льда.

Объекты исследований. Исследования выполнены для разных речных бассейнов: Северной Двины (29 водпостов), Алдана (12 водпостов), Луги (1 водпост), Ловати (10 водпостов), Сяси (9 водпостов), Полы (6 водпостов), Оки (37 водпостов), Трубежи (1 водпост), Воркутинки (1 водпост).

Научная новизна работы состоит в следующем.

- Установлено регулирующее влияние ледяного покрова в районах с продолжительной зимой на дренирующую способность гидрографической сети.
- Выявлена связь интенсивности нарастания льда в течение зимы с формой гидрографа зимнего стока в разных звеньях гидрографической сети. Эта связь может быть использована для уточнения прогноза минимального стока.
- Впервые сформулированы основные положения о механизме влияния ледяного покрова на пространственно-временную взаимосвязь поверхностных и подземных вод и дана качественная оценка возможных предстоящих изменений зимнего стока на перспективу с учетом ослабления регулирующей роли ледяного покрова рек при сохранении современных тенденций изменения климата.

Выполненные исследования расширяют современные представления о формировании стока в речных бассейнах. Подобные исследования не выполнялись ранее и их аналоги в нашей стране и за рубежом отсутствуют.

Практическая ценность работы определяется:

- предложениями по учету влияния температурно-ледового фактора на гидрограф зимнего стока рек;
- результатами, которые позволяют более точно интерпретировать подземное питание рек в гидрологическом обосновании оценки естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод в северных регионах России при решении водохозяйственных задач.

В настоящее время ни одна математическая модель расчета ординат гидрографа речного стока не учитывает роль ледяного покрова в изменение дренирующей способности речной сети. Результаты данной работы показывают одно из направлений совершенствования этих моделей.

Основные защищаемые положения

- Ледяной покров рек влияет на дренирующую способность гидрографической сети в районах с продолжительностью зимнего периода более 4 месяцев.
- Определяющее значение в формировании минимального зимнего стока рек имеет интенсивность ледообразования в первые месяцы зимы.
- Температурно-ледовый фактор оказывает влияние на неравномерность подземного питания рек в разных звеньях гидрографической сети.

Апробация работы. Основные результаты докладывались на совещании по гидрологии Северной Евразии по проекту NASA: «Влияние изменения земной поверхности, климата и водопользования на водный режим Северной Евразии» (2009, СПб) и на Сессиях Ученого совета ГУ «ГГИ». Приведенные в диссертации результаты исследований использовались при оценке возможных изменений водного режима северных рек зимой для оценки выноса загрязнений в Северный Ледовитый океан (рр. Северная Двина, Печора, Обь, Енисей)

Основные положения диссертации изложены в 6 статьях, в том числе две в издании, рекомендованном ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из обзора исследований по теме, введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 103 наименований и приложения. Работа содержит 125 страниц печатного текста, 87 рисунков и 10 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, охарактеризована ее научная новизна и практическая значимость, даны сведения о методике и исходных материалах, использованных в работе.

В первой главе выполнен обзор работ, посвященных изучению различных аспектов роли ледяного покрова в формировании зимнего стока рек. Кратко представлены методы и способы исследования этих явлений в историческом аспекте.

Во второй главе приводится анализ изменения метеорологических и гидрологических характеристик зим за многолетний период по бассейнам, расположенным в разных климатических районах - рр. Алдан, Северная Двина, Ловать, Сясь.

В многочисленных публикациях показано, что среднегодовые температуры воздуха возросли. Наиболее значимо повысились зимние температуры воздуха. С 1892 г. по 2008 г. произошло потепление зимних сезонов в некоторых районах России до 2-2,5 °С на фоне почти бестрендовых многолетних колебаний годового количества осадков. Водность большинства рек в выбранных бассейнах в зимний период имеет явную многолетнюю тенденцию к повышению, начиная с 70-х годов прошлого века. Увеличение зимнего стока рек достигает 50% и более по отношению к средним многолетним значениям.

По данным многолетних наблюдений за два периода 1950-1969 гг. и 1970-1989 гг. выполнено сравнение изменений осадков и зимней температуры воздуха. В исследовании использовался временной интервал от 50-х до 90-х годов, так как он характеризуется относительно «типичными» условиями формирования речного стока в зимний сезон, в отличие от последующих лет до настоящего времени, для которых характерна большая амплитуда колебаний метеорологических параметров в зимний сезон, увеличение частоты и продолжительности оттепелей и т.п. На основе анализа «классических» зим выполнена оценка влияния суровости холодного сезона на зимний сток рек. В период 1970-1989 гг. произошло уменьшение количества атмосферных осадков и потепление зим по сравнению с предшествующим периодом. Различие составило для годовых сумм осадков: по м/ст Новгород – (-38 мм/-6,3%); м/ст Вологда – (-17 мм/-6,2%); м/ст Усть-Мая – (-4 мм/-0,7%); м/ст Санкт-Петербург – (-10 мм/-3,1%). Средняя температура воздуха за зимние месяцы (ноябрь-март) повсеместно повысилась на 1⁰С.

На основании проведенного исследования сделан вывод о том, что столь заметное наблюдаемое увеличение водности рек к концу зимы (для рек Северная Двина и Алдан $\approx 30\%$, рек Ловать и Сясь $\approx 50-100\%$) во второй период 1970-89 гг. не связано с осадками, так как их величина в ряде рассматриваемых случаев даже уменьшилась, а первопричиной роста зимнего стока рек в более теплые зимы является уменьшение толщины речного льда и, соответственно, улучшение пропускной способности русел рек, их дренирующей способности.

В результате уменьшения суровости зим изменились сроки и продолжительность ледовых явлений. Заметно уменьшились максимальная толщина ледяного покрова (на 18-20% для рек Алдан и Сев.Двина) и толщина льда в первый месяц зимы (на 12% для бассейнов р.Алдан, на 44% - для р. Ловать, 15-20%- для р. Северная Двина). Анализ многолетней динамики зимнего стока и толщины ледяного покрова показал на их тесную связь.

Третья глава посвящена исследованию регулирующего влияния температурно-ледового фактора на формирование подземного питания рек зимой.

В первом разделе сделан вывод о значительной роли ледяного покрова малых рек в формировании зимнего стока в речном бассейне. Малые реки длиной менее 10 км имеют небольшую глубину 10-40 см. Поэтому ледообразование в руслах с неглубоким эрозионным врезом приводит к быстрому стеснению их живого сечения и, нередко, к перемерзанию в течение первой половины зимы. В начале из общего процесса формирования речного стока в бассейне за счет перемерзания «выключаются» верхние звенья. Изменения на малых реках вызывают цепь изменений на более крупных реках. При уменьшении притока с верхних звеньев речной сети из-за стеснения русла льдом подземное питание нижних звеньев возрастает за счет увеличения уклона подземных вод при падении уровня воды в реке, частично компенсируя в этот период приток воды сверху. Таким образом, происходит сезонное изменение взаимосвязи поверхностных и подземных вод речного бассейна, в результате чего река попеременно работает преимущественно за счет активности то верхних, то нижних звеньев гидрографической сети.

Второй раздел главы посвящен выявлению эмпирических связей между температурно-ледовым фактором и зимним стоком рек на примере бассейна р.Алдан.

Для рек бассейна р. Алдан установлена связь интенсивности истощения стока с интенсивностью нарастания льда. При анализе данных наблюдений за толщиной льда на реках бассейна р.Алдан выявилась устойчивая зависимость интенсивности нарастания толщины льда за зиму (ноябрь-март) от толщины льда в ноябре ($r=0,7$). Это свидетельствует том, что на процесс нарастания льда в течение зимы влияют начальные условия ледостава, в том числе и осеннее увлажнение территории. Полученные связи интенсивности нарастания льда в первую половину зимы и средней температуры воздуха ноября при средней по

водности ($K_{i \text{ окт}}=Q_{i \text{ окт}} / Q_{\text{окт ср.многол}} = 0.55-0.89$, $r=0,84$) и многоводной осени ($K_{\text{окт}}=0.9-2.21$, $r=0,80$) учитывают совместное влияние на интенсивность нарастания льда, предзимних запасов воды в бассейне и суровости первого зимнего месяца.

С наступлением зимы по мере установления низких отрицательных температур воздуха и интенсивного промерзания бассейнов северных рек происходит резкое сокращение речного стока. Часть стока затрачивается на образование ледяного покрова.

Интенсивность снижения стока рек зависит от сочетания температурных условий конкретной зимы и предшествующего увлажнения, которые и определяют диапазон колебаний этой характеристики за многолетний период. Чем меньше толщина льда зимой, тем меньше скорость снижения стока при прочих равных условиях. Поэтому в более теплые зимы сток в реках сохраняется более высокий. При этом амплитуда отклонений зимнего стока от среднемноголетнего значения в зависимости от температуры воздуха достигает 100% (рис.1).

Для обобщенной характеристики гидрографа зимнего стока в работе использовано уравнение Буссинеска:

$$Q_{\text{мес}} = nT^{\alpha_Q}, \quad (1)$$

где n – числовой параметр, T – продолжительность периода истощения, α_Q – коэффициент, отражающий интенсивность снижения стока рек.

Выполнена оценка влияния предзимней водности в разные по суровости зимы на интенсивность истощения стока рек, характеризуемой параметром α_Q уравнения (1). Установлено, что в более холодные зимы предзимнее увлажнение практически не влияет на коэффициент истощения стока, в более теплые зимы есть незначительное увеличение роли предшествующего увлажнения.



Рисунок – 1 Связь отклонений зимнего стока р.Алдан от среднего многолетнего со средней зимней температурой воздуха

Интенсивность нарастания льда на реках связана с интенсивностью понижения температуры воздуха. Так как в Восточной Сибири в начале зимы в ледяном покрове и наледях начинает аккумулироваться значительное количество речной воды, то в этот период наблюдается наибольшая интенсивность снижения стока в реках, а в бассейнах с малыми запасами подземных вод сток прекращается.

В зимний период условно можно выделить два периода по ходу температуры воздуха. В первый период происходит преимущественно снижение температуры воздуха – период похолодания (ноябрь-январь). В ходе второго наблюдается ее повышение – период потепления (январь-март). Понижение температуры воздуха ($T_{\text{возд}}$) сопровождается интенсивным ростом толщины льда $H_{\text{л}}$, а повышение – его замедлением.

Речной сток в фазе похолодания будет иметь иные характеристики, чем на отрезке времени, относящемся к фазе потепления. Для иллюстрации на рис.2 представлена связь интенсивности истощения стока (α_Q) с средней декадной толщиной льда. Ход интенсивности истощения стока α_Q в реке согласуется с температурным ходом внутри зимы и при постоянном нарастании толщины льда отражает увеличение α_Q - при понижении температуры воздуха и уменьшение α_Q - при повышении $T_{\text{возд}}$.

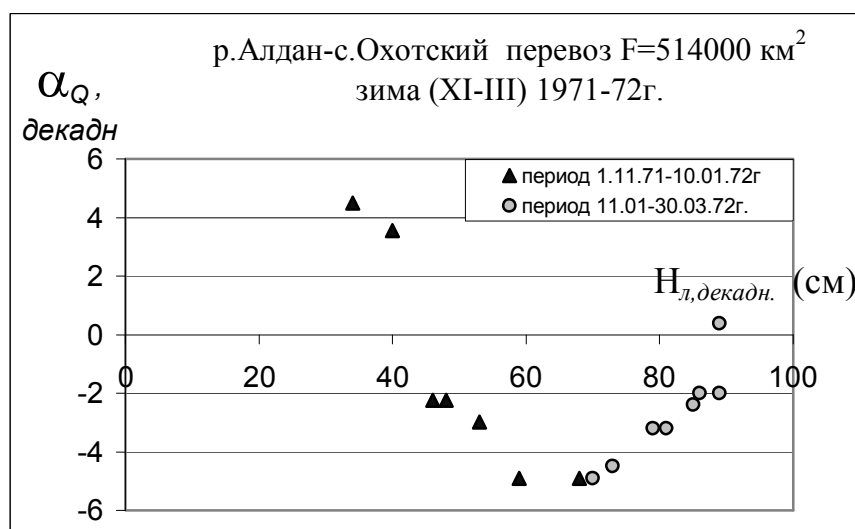


Рисунок – 2 Связь средних декадных значений интенсивности истощения стока с толщиной льда

Как показали многолетние наблюдения на 13 реках бассейна р. Алдан, максимальная интенсивность истощения стока в реках наблюдается в период максимального приращения толщины льда в течение зимы. Установлена связь между интенсивностью истощения стока рек и суммой отрицательных температур воздуха. Температура воздуха является фактором, определяющим нарастание толщины льда, которая, в свою очередь, регулирует истощение речного стока.

В третьем разделе главы рассматривается влияние зимней температуры воздуха на уровенный режим р.Луги. Зимний сток может быть охарактеризован как расходами воды, так и уровнями воды в русле, поскольку колебания уровня воды в реке зависят от режима стока и ледообразования в русле. По р. Луге на основе изложенных выше принципов деления зимы на периоды выполнен анализ влияния температур воздуха на изменения уровня воды в русле для зимы 1978-79гг (рис.3).

В разделе прослеживаются тенденции изменения уровня воды идентичные стоку. Показано, что во второй половине зимы в значительно меньшей степени происходит снижение уровня воды, чем в первой. Отмечается устойчивая тенденция понижения уровня воды только при понижении температуры

воздуха, что связано с нарастанием льда, которое имеет наибольшую интенсивность в первой половине зимы.

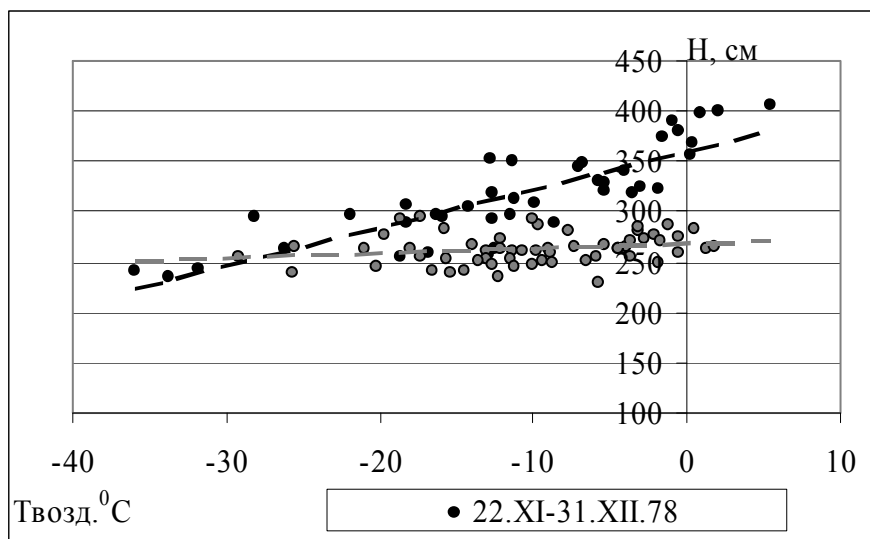


Рисунок – 3 Связь ежедневных уровней воды и температуры воздуха для зимы 1978-79гг по р.Луга-с.Куровицы

Четвертый раздел посвящен оценке влияния температурно-ледового фактора на неравномерность формирования зимнего стока в гидрографической сети.

Выполнено сопоставление ежедневных расходов воды в разных звеньях гидрографической сети в период ледостава при соответствующих им одинаковых уровнях воды за теплую и холодную зимы для рек бассейна Северной Двины. В результате установлено, что в более холодную зиму верхняя часть речного бассейна участвует в стоке нижнего течения рек менее активно, чем в теплую зиму (рис.4).

Выполнен сравнительный анализ стока рек бассейнов Северной Двины, Ловати и Оки в теплые и холодные зимы при одинаковой предзимней водности. Он показал, что на изменение стока по длине рек оказывает влияние не только общий зимний температурный фон, но и внутризимние колебания температуры

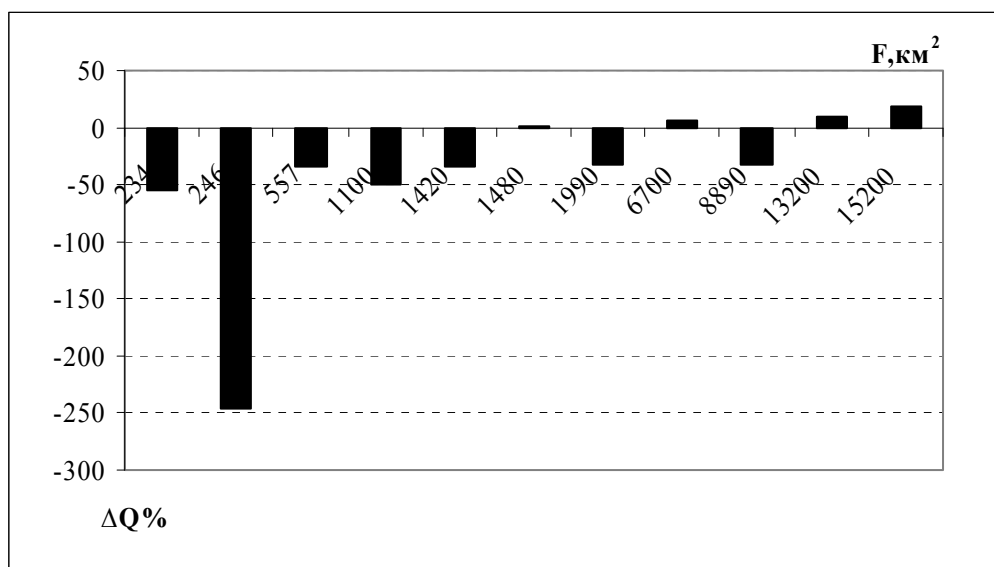


Рисунок 4 – Разница (ΔQ) в зимнем стоке рек с различными площадями водосборов в холодную (1975-76 гг) и теплую (1960-61гг) зимы.

воздуха. При мягком затяжном начале зимы успевает стечь больше воды, грунтовые воды и верховодка срабатываются интенсивнее, что в дальнейшем отражается на увеличении разницы между ноябрьскими и февральскими расходами воды на малых реках, так как их истощение к концу зимы будет больше, чем при более холодном начале зимнего сезона

Результаты исследований показали, что в изучаемых речных бассейнах с 1970-80-х годов происходит увеличение вклада верхних звеньев (малых рек) в формирование зимнего речного стока. Этот процесс имеет неравномерный пространственно-временной характер, так как во многом определяется и местными климатическими условиями, в которых находится речной бассейн.

В четвертой главе приводятся результаты изучения формирования зимнего стока рек в бассейне Северной Двины по схеме, обобщающей методы исследований и выводы предыдущих глав диссертации. На примере рек бассейнов р. Ловать и р. Сясь была выполнена проверка наличия основных зависимостей, установленных для Северной Двины.

В первом разделе главы выполнен анализ кривых истощения стока рек. Бассейн р.Северная Двина (без басс.р.Вычегда) был разделен на четыре части по площадям водосборов: $F1 < 255 \text{ км}^2$; $F2 = 500-1500 \text{ км}^2$; $F3 = 2000-8000 \text{ км}^2$; $F4 = 13000-35000 \text{ км}^2$.

Для изучения динамики снижения запасов воды в речных бассейнах ежегодные кривые истощения стока за период ноябрь-февраль осреднялись в типовые кривые снижения расходов воды за конкретную зиму для каждой градации площадей. Полученные кривые служат показателем сработки за зиму водоносных горизонтов, дренируемых реками с различной площадью водосбора. В результате выполненных расчетов по каждой группе рек выявлена нелинейная связь интенсивности снижения расходов воды крупных рек от малых рек (рис.5).

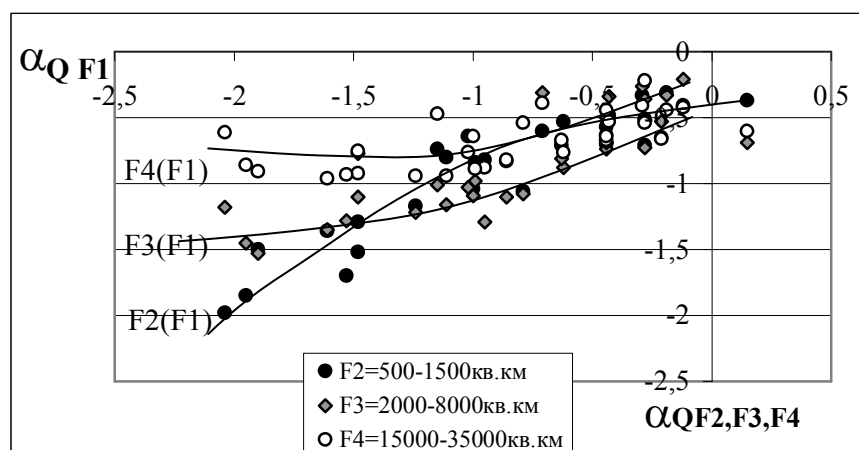


Рисунок – 5 Связь интенсивности истощения стока рек нижних звеньев и верхнего звена

Связь на рисунке 5 отражает схему начальной и конечной стадий формирования стока в бассейне в пространственном (от верховий до низовий) и временном (снижение стока рек с ноября по февраль за многолетний период) разрезах, в то же время являясь отражением динамики изменения зимнего стока рек под влиянием метеорологических факторов. Максимальные значения α_Q соответствуют маловодным и холодным зимам, а минимальные – многоводным и теплым.

Полученные результаты подтверждают существенную роль малых рек в процессе формирования стока в общем речном бассейне и подчиненность нижних звеньев речной сети верхним. Поэтому дальнейшие исследования проводились для градации рек с малыми водосборными площадями, как наиболее «чувствительных» к ледовому режиму.

Второй раздел главы посвящен описанию результатов исследования изменения зимнего стока под влиянием метеофакторов в начале зимы. Установлены два типа истощения стока малых рек по толщине речного льда в первый холодный месяц.

Первый тип характерен для быстрого наступления холодов в начале зимы и образованием ледяного покрова к концу месяца толщиной $H_{\text{ноя}}$ больше 7см. В этих условиях переходный период будет коротким и реки довольно быстро перестраиваются с режима открытого русла на режим закрытого ледоставом русла.

Второй тип (медленный), при $H_{\text{ноя}}$ меньше 7см, служит показателем более мягких начальных зимних условий, неустойчивого ледостава, затянувшегося переходного межсезонного периода.

Для бассейна р.Северная Двина была получена серия кривых за многолетний период, подтверждающих зависимость истощения стока малых рек от средnezимней температуры воздуха и среднемесячной толщины речного льда в феврале (рис.6). Величина $K_{\text{мес}}$ характеризует собой снижение стока рек для каждого зимнего месяца относительно ноября. В менее суровые зимы происходит уменьшение толщины речного льда и увеличение питания рек. Так, например, относительно ноября снижение речного стока к концу зимы составило: при $T_{\text{ср.зим}} = (-5)-(-8)^{\circ}\text{C}$ – 53%; при $T_{\text{ср.зим}} = (-11)-(-14)^{\circ}\text{C}$ – 78%, т.е. объемы питания рек в мягкую зиму были на 25% больше. Различие в стоке в конце очень теплой зимы по сравнению с самой холодной может составлять более 200%.

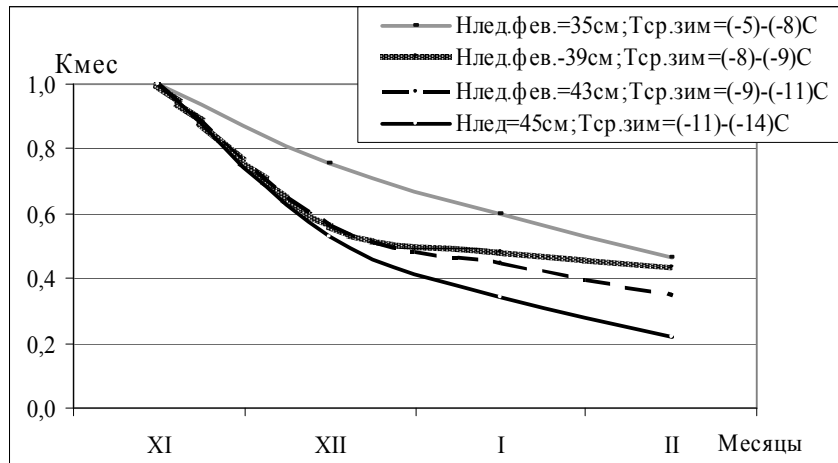
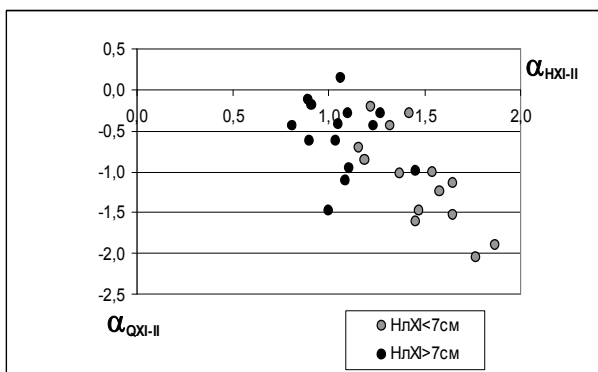
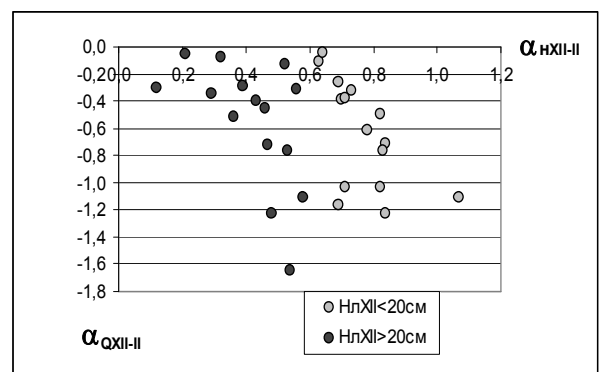


Рисунок – 6 Гидрографы стока рек Северной Двины ($F < 255 \text{ км}^2$) для различных температурно-ледовых условий зимы

В третьем разделе главы приведены результаты исследования влияния типов замерзания на зимний сток малых рек. Установлена связь интенсивности истощения стока малых рек от интенсивности нарастания льда за периоды ноябрь-февраль и декабрь-февраль, учитывающая тип замерзания реки. Графики связи иллюстрируют смену неустойчивой фазы (рис.7а) на устойчивую при более четком разделении по типу замерзания рек (рис.7б) с учетом толщины льда в декабре.



а)



б)

Рисунок- 7 Связь интенсивности истощения стока рек за периоды:

а) ноябрь-февраль; б) декабрь-февраль

Результаты исследований показывают тесную связь ледового фактора с условиями формирования зимнего стока в речном бассейне. Интенсивность роста толщины льда α_n оказывает влияние на режим истощения стока α_Q малых рек, который обуславливает величину снижения стока к концу зимы в нижних звеньях речной сети.

Обобщая выводы выполненного анализа и основываясь на установленных зависимостях, в четвертом разделе предлагаются две расчетные схемы зимнего стока – для быстрого и медленного типов замерзания рек бассейна Северной Двины. Они основаны на определении интенсивности истощения зимнего стока, являющейся результатом взаимодействия водности и температурно-ледового фактора, и вычислении уменьшения стока с ноября к концу зимы.

В **пятой главе** рассматривается процесс взаимодействия поверхностных и подземных вод в зимний период.

Речной сток в зимний период формируется преимущественно подземными водами и зависит от условий их дренирования руслами. С формированием ледяного покрова дренирующая способность русел рек уменьшается.

Основное отличие взаимодействия поверхностных и подземных вод зимнего периода от летнего для малых рек состоит в следующем. В летний период подземные воды разгружаются в малые реки преимущественно по нисходящему типу. В зимний период этот тип взаимосвязи на равнинных реках может измениться на подпорный в результате нарастания льда или полного перемерзания водотока, затрудняющих разгрузку подземных вод в реки. Снижение подземного питания малых рек соответственно уменьшает приток воды сверху к большим рекам. Уровень воды в них понижается, увеличивается напор разгружаемых в них подземных вод и, как следствие, возрастает их разгрузка в реки. И таким образом ледяной покров малых рек регулирует участие различных водоносных горизонтов в формировании зимнего стока рек.

Уменьшение суровости зим, которое наблюдается в последние два десятилетия, вызывает ослабление влияния ледяного покрова на зимний

речной сток. Оно проявляется в улучшении дренирующей и пропускной способности рек и уменьшении объемов воды, затрачиваемой на образование льда. Улучшаются условия дренирования реками грунтовых вод и верховодки. При относительно неизменных годовых осадках происходит бóльшая сработка запасов подземных вод в речных бассейнах, чем это было ранее. Причем, больше это касается малых рек, сток которых более чувствителен к изменениям толщины ледяного покрова. Эти процессы имеют накопительный эффект и проявляются через многолетнее регулирование водообмена в речном бассейне. Изменение при длительном потеплении зим сложившейся десятилетиями разгрузки подземных вод в речных бассейнах может приводить постепенно к таким негативным последствиям, как подтопление одних территорий и снижение водных ресурсов в других. Поэтому рассмотренное «криогенное» регулирование стока необходимо учитывать в гидрологических расчетах и прогнозах. Температурно-ледовый фактор увеличивает размеры вариации подземного стока, обеспечивающего питание рек в зимний период, регулирует процесс водообмена на отдельных участках и между верхними и нижними частями речного бассейна, увеличивает или уменьшает долю вклада зимнего стока рек в годовой. Полученные результаты исследований показывают, что при гидрологическом обосновании региональной оценки естественных ресурсов подземных вод необходимо учитывать то, что в зависимости от ледового режима минимальный расход воды в реке может быть сформирован в большей мере за счет верхних водоносных горизонтов в теплую зиму, или нижних - в холодную.

Заключение

Основной результат оценки стокорегулирующей роли ледяного покрова заключается в том, что он оказывает более существенное влияние на формирование зимнего стока рек, чем было принято считать прежде.

1. Ледяной покров, являясь климатическим индикатором суровости зимы, влияет на условия подземного питания рек.

2. Установлено, что наибольшее влияние льда на зимний режим рек наблюдается в первый зимний месяц. Поэтому по интенсивности нарастания льда приняты два типа замерзания (быстрое и медленное), которые определяют темпы перераспределения воды между верхними и нижними частями гидрографической сети и долю снижения стока рек к концу зимы. Вклад быстрого типа замерзания в уменьшение стока как малых, так и более крупных рек больше, чем при медленном типе.

3. При исследовании процесса влияния температурно-ледового фактора на речной сток следует делить зиму на два внутривозимных периода – период похолодания и период потепления; изменения водного и ледового режимов рек во второй половине зимы будут результатом процессов, произошедших в первую половину зимнего периода.

4. Установлено, что ледяной покров существенно изменяет дренирующую способность малых рек и является мощным регулятором водообмена рек и подземных водоносных горизонтов, дренируемых гидрографической сетью.

Результаты исследований показывают на необходимость учета в гидрологических расчетах и прогнозах регулирующего влияния ледяного покрова рек на формирование зимнего речного стока, являющегося во многих районах России лимитирующим фактором социально-экономического развития. Также полученные результаты исследований необходимо учитывать при интерпретации минимальных расходов воды, как объективных показателей естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод. Неучет снижения зимнего стока за счет формирования ледяного покрова может привести к существенному занижению оценки этих ресурсов.

Список статей по теме диссертации.

1. О расчете минимального зимнего стока озерных рек. //Сборник работ по гидрологии.СПб.: Гидрометеиздат, 2004, №27, с.147-153 (в соавторстве с Марковым М.Л.)

2. Пространственно-временная динамика водообмена рек и подземных водоносных горизонтов. Труды VI Всероссийского гидрол. съезда. М.: Метеоагентство Росгидромета 2006, с.236-239 (в соавторстве с Марковым М.Л., Завилейским С.В., Маруничем С.В.)
3. О регулирующей роли ледяного покрова рек в водном режиме территорий. //Кн. «Водохозяйственные проблемы и рациональное природопользование». Часть 1. Водохозяйственные проблемы. //Мат. всеросс. науч.-практ.конференции 13-15 мая 2008. Оренбург-Пермь: Пермский гос.университет, 2008, с.193-198. (в соавторстве с Марковым М.Л.)
4. О гидрологическом аспекте сохранения и развития особо охраняемых природных территорий в северных районах России. // Доклады Третьей международной конференции «Особо охраняемые природные территории».– СПб.: 2008,с.68-73 (в соавторстве с Марковым М.Л.)
5. Влияние температуры воздуха на зимний сток рек (на примере бассейна р.Алдан). // «Метеорология и гидрология», 2009, №9, с.92- 99.
6. Участие различных звеньев речной сети в формировании зимнего стока рек. Принята в печать журналом «Метеорология и гидрология» в 2010г.