



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра _____ Гидрометрии _____

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Методы подсчета годового**
стока на примере реки Нура

Исполнитель _____ Прасолов Артур Сергеевич *Prasolov*
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ д.г.н, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Барышников Николай Борисович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

[Handwritten Signature]
(подпись)

(ученая степень, ученое звание)

Исаев Д. В.

(фамилия, имя, отчество)

«13» июля 2017г.

Санкт-Петербург
2017

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	3
1	Краткий физико-географический и климатический очерк района исследований	5
1.1	Орография	5
1.2	Климат	7
1.3	Осадки	9
1.4	Снежный покров и ветровой режим	11
1.5	Почвы и растительность	15
1.6	Водные ресурсы	17
1.7	Гидрологический режим р. Нура (Центральный Казахстан)	21
2	Анализ методов подсчета стока	24
3	Анализ исходной информации	41
3.1	р. Нура – с. Пролетарское	41
3.2	р. Нура – с. Сергиопольское	43
3.3	р. Нура – с. Захаровка	44
4	Анализ методов построения кривых $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$, $B=f(H)$	46
4.1	Анализ полученных результатов р. Нура – с. Пролетарское	46
4.2	Анализ полученных результатов р. Нура – с. Сергиопольское	47
4.3	Анализ полученных результатов р. Нура – с. Захаровка	50
	Заключение	53
	Список литературы	55

ВВЕДЕНИЕ

В аридной зоне вода является ценнейшим продуктом, так как она необходима всем водопользователям, а ее объемы явно недостаточны. Именно поэтому были разработаны грандиозные проекты переброски стока, которые, как известно, не реализованы. В связи с этим резко возрастает необходимость точного учета водных ресурсов данного региона. Однако сложность их учета обусловлена рядом факторов, в частности, русловыми деформациями, регулированием стока различными сооружениями и другими причинами. Одной из них, к тому же негативной, является неконтролируемое расходование воды на поливы, осуществляемое местным населением.

Выбор способа вычисления стока определяется конкретными характеристиками гидрологического режима и связанными с ними гидрологическими условиями, формирующимися в потоке на участке гидростов (с. Пролетарское, с. Сергиопольское, с. Захаровка) реки Нуры. В Наставлении подчеркивается, выбор метода подсчета стока определяется состоянием гидростова, наличием на нем деформации, а так же методикой производства работ. Следовательно, особенности гидростова и методики работ определяющие качество исходных данных обеспечивают наиболее полный и точный учет стока при минимальных затратах сил и средств. Исходя из этого, методика вычисления стока должна обеспечивать наиболее полное использование данных наблюдений. В настоящее время необходимо учитывать, что в период перехода к рыночной экономике, вода становится предметом купли-продажи, поэтому директивные органы вынуждены регулировать водопотребление в области. Так же необходимо налаживать ее строгий учет, который обычно осуществляется подразделениями гидрометслужбы. В тоже время попытки увязки стока по длине реки часто являются неудачными. Это, по-видимому, обусловлено двумя факторами: недостаточно четким учетом

забора воды различными потребителями (орошение, водоснабжение и т.д.) и бесконтрольным ее хищением, а так же недостаточно четким и точным учетом стока на постах гидрометслужбы.

Исходя из этого, перед нами была поставлена задача, выполнить анализ методов подсчета ежедневных расходов воды и разработать рекомендации по повышению точности ее учета. Выполнение работы осуществлялось на основе исходной информации, по трем гидрологическим постам (с. Пролетарское, с. Сергиопольское, с. Захаровка) реки Нура в Центральном Казахстане. Сток этой реки зарегулирован двумя водохранилищами (Самаркандским, Интумакским), а так же существенное влияние на методику подсчета годового стока оказывают русловые деформации. Поэтому данная работа направлена на совершенствование методики подсчета стока одной из рек Казахстана и результаты ее будут переданы в ЦГМ Караганды.

1 Краткий физико-географический и климатический очерк района исследований

1.1 Орография

Карагандинская область располагается в центральной части Республики Казахстан. Площадь территории 402.4 тыс. км². С севера на юг здесь последовательно сменяются три зоны: засушливая (степь), полусухая (полупустыни) и сухая (северная пустыня).

Дренирующие территорию реки Сарысу, Нура, Токрау и другие относятся к замкнутым бассейнам Центрального Казахстана. Основные реки Центрального Казахстана берут свое начало в его низкогорной части и в своих верховьях имеют характер горных водотоков, т.е. они имеют узкие долины, скалистые берега и порожистые участки.

Поверхность Карагандинской области преимущественно холмистая: большая часть ее занята Центрально-Казахстанским мелкосопочником. Пустынные плато Северного Прибалхашья и Бетпак-Дала представляют как бы единую примелкосопочную равнину. Современный рельеф мелкосопочника возник под влиянием длительной денудации гор до стадии пенеплена – равнины с горами и сопками. Сопки (холмы) с куполовидными или конусовидными вершинами поднимаются на 30 – 40 м, а иногда 80 – 100 м над прилегающей равниной. Сопки и гряды разделяются увалистыми равнинами, широкими межсочными понижениями и речными долинами. На вершинах сопок и гряд обнаруживаются коренные породы, а их склоны покрыты щебнем. В центральной части области располагаются горы Актау, отдельные вершины которых достигают высоты более 1000 – 1100 м.

Рассматриваемая территория отличается сложностью геологического строения. Здесь распространены породы всех геологических возрастов от дополеозоя до четвертичных отложений. Из всего многообразия отложений преобладающая роль принадлежит осадочному и эффузивному комплексам.

Тектонические движения в прошлом собрали здесь земную кору в сложные складки. В Центрально-Казахстанском мелкосопочнике повышение формы рельефа сложены преимущественно кристаллическими породами допалеозойского и палеозойского возраста. В верховьях рек Атасу и Жаксы-Сарысу наблюдаются крупные массивы гранитов, характеризующиеся довольно значительной трещиноватостью. Интрузивные породы встречаются так же в верховьях рек Нуры и Токрау. Отложения пород карбона в бассейне р.Нуры распространены в основном в районе Караганды, где среди них преобладают слабо-трещиноватые песчаники, сланцы и алевролиты. Большой трещиноватостью отличаются эффузивные толщины карбона в верховьях р.Нуры. Туранскую низменность в пределах Карагандинской области слагают мощные толщи третичных и отчасти меловых отложений. Третичные отложения представлены мелко-тонкозернистыми песками, перекрывающимися глинами и отчасти конгломератами. Меловые отложения вблизи мелкосопочника выражены песчанно-глинистой толщей с преобладанием глинистых разностей. По мере удаления на юго-запад глинистые осадки замещаются песчаными.

Долины рек и озерные котловины исследуемой территории сложены мощными толщами аллювиальных и аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений. Мощность песчано-гравийно-галечных отложений современных долин рек Сарысу, Нуры, Токрау и других достигает 15 – 20 м и более. Кроме того в долинах этих рек буровыми скважинами вскрыт древний аллювий, погребенный под 50 – 70 метровой толщей третичных глин. Древний аллювий представлен песчанно-гелечниковыми отложениями мощностью в несколько десятков метров. Большинство из перечисленных пород сильно дислоцированы и глубоко метаморфизованны, вследствие чего обладают слабыми водовмещающими свойствами.

Девонские отложения, слагающие главным образом положительные формы рельефа, более трещиноваты.

1.2 Климат

Карагандинская область характеризуется континентальным и засушливым климатом, что обуславливается удаленностью территории от больших водных пространств, а так же свободным доступом в пределы области теплого сухого субтропического воздуха пустынь Средней Азии и холодного, бедного влагой арктического воздуха, перемещающихся в меридиональном направлении. Для теплого полугодия характерны высокая температура воздуха, незначительные осадки и довольно большая относительная сухость воздуха. Резких изменений характера погоды летом не происходит, что, по-видимому, объясняется незначительными температурными контрастами между различными воздушными массами. Окончание холодного периода и наступление весны происходит, с одной стороны, с связи с перемещением с юга на север иранского полярного фронта и отхода на север арктического фронта и с другой - в связи с возрастанием количества притока солнечного тепла. Однако для значительной части рассматриваемой территории, а тем более для ее центральной и северной частей, март все же является типичным зимним месяцем. В целом, переходным месяцем от холодного к теплему периоду, является апрель. В апреле наряду с продолжающимся значительным ростом суммарной радиации меняется и характер циркуляционных процессов. Для холодного полугодия - продолжительная суровая зима с устойчивым снежным покровом, значительными скоростями ветра и довольно частыми метелями. В зимнее время ветры на рассматриваемой территории отличаются большими скоростями. В связи с этим в центральных районах наблюдаются сильные бураны и метели, которые вызывают большие переносы снега из одного района в другой. Под действием сильных ветров снег сдувается с открытой местности и накапливается в пересеченных участках водосборов, в оврагах и балках. Таяние этих сложных скоплений значительно задерживается, что несколько увеличивает продолжительность периода снеготаяния, а значит и периода половодья.

Лето продолжается 4 – 5 месяцев. Осень, как и весна короткая. Зима начинается в ноябре, заканчивается в марте.

Составляющие приходной части радиационного баланса на территории области значительно изменяются в зависимости от широты местности. Продолжительность солнечного сияния на юге рассматриваемой территории значительно больше, чем на севере, что обуславливается различным развитием облачности. Число ясных дней в году (по общей облачности) в Караганде составляет 80, а в районе Бетпак-Далы 113. Наибольшая в году облачность отмечается в холодное полугодие. Суммарные годовые величины радиационного баланса изменяются от 40 – 42 ккал/см² на севере до 45 – 48 ккал/см² на юге области. Максимальный радиационный баланс наблюдается в летнее время (июнь – июль) и составляет 6 – 9 ккал/см². Годовая амплитуда радиационного баланса на исследуемой территории 9.0 – 9.5 ккал/см².

В связи с изрезанностью рельефа местности, закономерное возрастание температуры воздуха с севера на юг часто нарушается. Средняя температура самого холодного месяца – января – на севере области минус 16, минус 17 °С, а в южной части минус 13, минус 15 °С. Абсолютный минимум в отдельные годы достигает минус 40 °С на юге минус 50 °С на севере территории. Весной среднесуточная температура воздуха переходит через 0 °С в сторону положительных температур в среднем с 20 по 30 марта на юге и с 5 по 10 апреля на севере, а через плюс 5 – с 5 по 12 апреля на юге и с 16 по 22 апреля на севере области. Начало и окончание весны от года к году колеблется от 15 до 20 дней. Осенью переход среднесуточных температур воздуха через 0 °С наблюдается с 20 по 25 октября. Продолжительность теплого периода в среднем от 200 до 230 дней. Наиболее теплый месяц июль. Средняя месячная температура июля изменяется от 20 °С на севере до 25 °С на юге территории. Таким образом, в Карагандинской области амплитуда колебаний среднемесячных температур воздуха достигает от 35 до 40 °С, абсолютная амплитуда превышает 90 °С.

1.3 Осадки

Атмосферные осадки на рассматриваемой территории распределяются весьма неравномерно. Закономерность уменьшения их с северо-запада на юго-восток часто нарушается под влиянием Центрально-Казахстанского мелкосопочника. На большей части территории средняя годовая сумма осадков колеблется в пределах от 200 до 250 мм. В пределах возвышенностей мелкосопочника наиболее увлажнены обычно западные и северные склоны, меньше – юго-восточные. Отдельные горные хребты обуславливают большую пестроту в распределении осадков.

По величине годовых осадков и характеру их распределения в зависимости от высоты местности исследуемую территорию можно разделить на четыре района:

– район I – северный, занимает бассейн р. Нуры. Годовое количество осадков от 300 до 375 мм;

– район II – западный, занимает бассейн озера Шубар-Тенгиз, рек Кара-Кенгир, Тургал. Годовое количество осадков от 180 до 200 мм (на высоте 300 м) до 350 – 375 мм (на высотах 600 – 700 м);

– район III – центральный, охватывает бассейн реки Сарысу, озера Тенгиз (южная часть). Годовая сумма осадков от 200 до 350 мм;

– район IV – восточный, охватывает бассейны озер Карасор и Балхаш (Северное Прибалхашье). Годовая сумма осадков от 150 – 200 мм (на высотах 500 – 600 м) до 350 – 400 мм (на высотах 800 – 1000 м).

Выявленные для четырех указанных районов зависимости увеличения осадков с высотой местности наряду с нормами осадков для 64 станций положены в основу построения графика средних годовых осадков, который приведен ниже. Средний слой годовых осадков в различных районах различен. Средний слой годовых осадков на территории Карагандинской области 260 мм.

Соотношение сезонных сумм осадков в различных районах области неодинаково. В повышенных частях мелкосопочника и на севере области на

холодную часть года в среднем приходится от 25 до 35 %, на юге от 40 до 50 % годовой суммы осадков. В теплый период года в повышенных частях мелкосопочника выпадает до 300 мм осадков, а на южной равнинной территории от 75 до 100 мм. На большей же части территории области в теплый период года выпадает в среднем от 150 до 200 мм осадков.

Из года в год сумма осадков колеблется в больших пределах. В годы с большим количеством осадков сумма их достигает 550 мм в Каркаралинских горах и 350 мм на равнинном юге, в годы с малым количеством осадков - сумма их соответственно 150 и 75 мм. Еще более значительны различия в осадках отдельных лет за холодную и теплую часть года. В исключительно многоснежные зимы суммы осадков за ноябрь – март в повышенных частях мелкосопочника и на севере области составляет от 200 до 250 мм, а в южных районах от 150 до 175 мм.

Осадки выпадают обычно в виде слабых и значительных по величине дождей или снегопадов. В среднем за год число дней с осадками составляет от 60 до 75 на юге ($>0,1$ мм), в центральных районах 80 – 100, в северных районах (Караганда, Каркаралинск) – от 100 до 120 дней. Из них 90 % случаев на юге и 80 % на севере области относится к осадкам менее 5 мм. Осадки слоем 20 мм и более за сутки выпадают не ежегодно, хотя в отдельные дождливые периоды на севере области и в повышенных частях мелкосопочника наблюдается несколько дней с таким количеством осадков. Максимальные за год суточные суммы осадков в мелкосопочнике в отдельные годы достигают 50 – 60 мм (Каркаралинск, 1938 г, Караганда 1939 г), тогда как на равнинной части они не превышают 30 – 35 мм (Бетпак-Дала – 27 мм, 1950 г, Балхаш – 32 мм 1958 г). Ливневые дожди на севере области обычно наблюдаются в летнее время (июнь – июль), а в южных ее частях – весной (апрель – май), но в отдельных случаях они бывают и осенью – один раз в 10 лет в сентябре.

Засушливость климата проявляется также в большой продолжительности без дождевых периодов. Отсутствие осадков в северных районах области наблюдается в течение 20 – 30 дней подряд, а на юге до 30 – 50 дней. В

отдельные годы в южных районах области дождей не бывает в течение 60 – 70 дней, а на севере – от 50 до 60 дней. Без дождей часто бывают август - сентябрь. Поскольку дожди с малой суммой осадков в летнее время года слабо увлажняют почву, засушливый период значительно больше.

Рисунок 1.1 – Изменение количества осадков в зависимости от высоты местности: I – северная часть области; II – западная часть области; III – центральная часть области; IV – восточная часть области

1.4 Снежный покров и ветровой режим

Распределение снежного покрова по территории Карагандинской области в общих чертах подчиняется широтной зональности. Однако закономерности в сроках установления и схода снежного покрова, а так же в распределении

снегозапасов по рассматриваемой территории значительно нарушаются под влиянием рельефа местности. В большинстве случаев появление снежного покрова приходится на конец октября на севере и востоке и середину ноября на западе и юг.

Устойчивый снежный покров на большей части рассматриваемой территории устанавливается обычно во второй – третьей декадах ноября, а в южной – в начале декабря. Продолжительность залегания снежного покрова в различных районах территории неодинакова. В повышенных частях мелкосопочника и на севере устойчивый снежный покров удерживается в среднем от 130 до 150 дней, а на юге от 100 до 120 дней. Накопление снега, на большей части территории идет постепенно, достигая максимума в марте, однако накопление основной массы снега нередко наблюдается в первой половине зимы. Максимальные снегозапасы по данным снегомерных съемок УГМС КазССР на юге области в среднем бывают в период с 20 февраля по 1 марта, а на севере и в повышенных частях мелкосопочника в период с 10 по 15 марта.

Средняя из наибольших высота снежного покрова в зимний период на севере территории составляет от 25 до 30 см, на юге от 10 до 15 см, а в повышенных частях мелкосопочника достигает от 35 до 40 см. Плотность снежного покрова в начале зимы обычно не превышает 0.15 – 0.20, но в течение зимнего периода постепенно увеличивается и перед началом весеннего снеготаяния составляет в среднем 0.25 – 0.35. В отдельные зимы плотность снега колеблется от 0.15 – 0.25 до 0.40 – 0.45.

Таяние снежного покрова весной начинается обычно в первой половине марта на юге области и в середине - конце марта в центральных и северных районах. Сход снежного покрова на большей части территории происходит с 1 по 5 апреля, а в повышенных частях мелкосопочника снеготаяние обычно задерживается до 10 – 15 апреля. В южных районах снежный покров сходит уже к 20 – 25 марту.

Сплошного фронта снеготаяния в Центральном Казахстане не наблюдается. Независимо от широты местности снег раньше тает на участках, прилегающих к горным хребтам с запада, на южных склонах возвышенностей в широких межгорных понижениях и в других местах наименьшего накопления снега.

Среднегодовая абсолютная влажность воздуха изменяется от 5.0 в северных районах до 5.0 – 5.5 мб, а в южных от 7.5 до 7.9 мб. Наибольшая относительная влажность воздуха бывает в зимнее время (на юге 65 – 70 %, на севере 75 – 80 %), наименьшая – в теплое время года (20 – 60%).

Рисунок 1.2 – Ход снеготаяния в отдельные годы (г.Караганда)

Незащищенность территории от проникновения в ее пределы воздушных масс различного происхождения благоприятствует интенсивной ветровой деятельности. Обширность территории и сложный рельеф обуславливают значительные различия в скорости и направлении ветра. Средняя годовая скорость ветра в северных районах рассматриваемой территории 4.5 – 5 м/с, в южных 3.5 – 4.5 м/с. Дни со штилем бывают редко, особенно в северных районах.

В зимний период в связи с наличием отрога сибирского максимума в северных районах преобладают юго-западные ветры повторяемостью от 25 до 45 %, а центральных и южных районах - северо-восточные повторяемостью от 40 до 75 %. В зимний период хорошо прослеживается влияние на скорость ветра возвышенностей и гор мелкосопочника. В западных и южных районах равнинной территории средняя за зимний период скорость ветра 4.5 – 5.0 м/с, а в северных районах 5.0 – 5.5 м/с . По мере приближения к возвышенностям Центрально-Казахстанского мелкосопочника скорость ветра снижается в среднем до 3 – 4 м/с, однако с высотой местности она увеличивается.

В теплое время года на севере и в центральных районах области преобладают северо-восточные ветра, а на юге исследуемой территории – юго-западные. Особенностью ветрового режима в прибрежной зоне оз. Балхаш летом является наличие бризов, что обуславливается взаимодействием водной поверхности самого озера с окружающими его пустынями.

Наиболее сильные ветры на всей территории области, вызывающие зимой метели, а летом пыльные бури, чаще всего имеют юго-западное направление. Наибольшие скорости ветра, как правило, наблюдаются во второй половине зимы и весной, достигая от 25 до 30 м/с. Повторяемость ветра со скоростью более 15 м/с составляет от 9 дней на юге до 50 дней на севере области исследуемой территории. В условиях засушливого климата Карагандинской области на испарение расходуется большая часть выпадающих осадков. Суммарное годовое испарение с поверхности почвы, полученное приближенно как разность между нормой осадков и стока, изменяется в среднем от 150 мм на юге и до 300 – 350 мм на севере и в повышенных частях мелкосопочника.

Величина испарения в теплое время года определяется главным образом весенними влагозапасами в почве и количеством атмосферных осадков. Поэтому около половины всего суммарного испарения приходится на апрель, май, июнь. За зимний период испаряется в среднем от 20 до 70 мм. Возможное годовое испарение при достаточном количестве почвенной влаги может иметь значения от 700 до 800 мм на севере и в низкогорных поднятиях до 1200 мм.

Таблица 1.1 – Суммарное испарение с поверхности почвы (в мм)

Станция	Испарение за периоды времени			
	ноябрь – март	апрель – июнь	август – октябрь	Год
Караганда	33	153	107	293
Актогай	29	144	70	243
Карсактай	29	120	59	208
Бетпак-Дала	23	95	50	168

1.5 Почвы и растительность

Почвенный покров области разнообразен. Среди зональных типов почв (темно-каштановых, светло-каштановых, бурых и серо-бурых), сменяющихся последовательно с севера на юг, повсеместно встречаются гитрозональные почвы (солонцы, солончаки, лугово-каштановые, луговые). Формирование их связано с местными условиями почвообразования.

Наиболее типичны для данной территории темно-каштановые и светло-каштановые почвы, которыми занято около 40 % всей территории.

Особенностями почв Центрального Казахстана являются малая мощность мелкозернистой толщи, неглубокое подстиление их плотными породами или рухляком, хрящеватость и изарбенчатость (особенно в возвышенных частях мелкосопочника).

По механическому составу почво-грунты исследуемой территории можно разделить на три группы:

- пески – маломощные щебнистые почвы на плотных породах, легкосуглинистые и супесчаные, характеризующиеся повышенной инфильтрацией;

- суглинистые почвы южных и центральных районов области;

– глинистые и тяжелосуглинистые почво-грунты северных районов, отличающиеся наибольшей водоудерживающей способностью.

Запасы влаги в почве зависят от климатических особенностей и водно-физических свойств почво-грунтов. Водно-физические свойства почво-грунтов зависят главным образом от их механического состава, содержащихся органических веществ, уплотненности генетических горизонтов. Общей закономерностью для всех типов почв (за исключением песков) является увеличение объемов веса с глубиной, что обуславливается изменением их механического состава.

В формировании весеннего половодья рек большую роль играет степень увлажнения почвы в осенний период. Влагозапасы в метровом слое почво-грунтов в позднеосенний период в северных районах области составляет в среднем от 120 до 200 мм, а в южных от 50 до 150 мм. В засушливые годы общие запасы влаги в метровом слое осенью составляют от 160 до 180 мм на севере до 50 – 60 мм на юге. В зимний период влажность почвы обычно изменяется мало. Наибольшее увеличение влагозапасов в верхних слоях почвы происходит лишь вследствие перегонки водяных паров из нижележащих слоев, а так же в результате оттепелей, иногда наблюдающихся в южных регионах. Общее увеличение влаги в метровом слое почвы за зимний период, как правило, не превышает 30 мм. Наибольшее увлажнение почво-грунтов наблюдается в весенний период, обычно в первую декаду после окончания снеготаяния. Наибольшая пестрота в увлажненности территории отличается в весенний период, особенно в районе мелкосопочника. Глубина промачивания крупных склонов холмов составляет около 20 см, а у подножия их, на дне логов и балок, в западинах и на водораздельных участках увлажнение часто достигает более 1 м. В летнее время в результате интенсивного испарения влагозапасы почвы заметно уменьшаются и в июне на юге, а в июле на севере области влаги, доступной для растений почвы, почти не остается. Морозная зима и сравнительно небольшая мощность снежного покрова обуславливают значительную глубину промерзания почво-грунтов.

На территории области преобладает редкая ковыльная, типчаково-полынная и кустарниковая растительность. Весной к ней примешиваются эфемеры и эфимроиды (растения весенней вегетации). В засушливой степной зоне, занимающей всю северо-восточную часть области, на темно-каштановых почвах в травостое преобладают ковыли, а так же широко распространены типчак и полынь. По долинам рек располагаются участки луговой растительности. У подножья гор восточной области преобладает разнотравная, злаковая степная растительность. Долины и ущелья гор покрыты густыми зарослями кустарника, березняка, осинника. Склоны Каркаралинских гор заняты хвойным лесом. Березово-осиновые перелески встречаются по долинам рек, стекающих с гор Улутау. Однако лесом занята незначительная часть территории области (не более 1 – 2 %).

В растительном покрове полупустынь преобладают многолетние засухоустойчивые вилы (типчак, ковыль), а так же полыни, кокпек и мелкий кустарник.

Растительный покров крайне изрежен, особенно на вершинах холмов, в местах выхода коренных пород и на засоленных почвах. В поймах рек, долинах временных водотоков и у подножья гор растительность богаче. Местами встречаются луговые травы. В зоне пустынь преобладают полынно-солянковая и полукустарниковая растительность.

1.6 Водные ресурсы

Наличие низкогорного рельефа в восточной и западной частях и понижение местности в целом на запад, юг и частично на север определяют основное направление стока от центра области к ее окраинам. В связи с этим все крупные реки области веерообразно расходятся от центра области к ее окраинам и заканчиваются бессточными озерами или теряются в аллювиальных отложениях. Большинство озер расположено по периферии, в северных и западных, более увлажненных районах области. В последние годы на реках

Нура, Шерубайнура, Кара-Кингир, Атасу построены крупные водохранилища, а на малых водотоках – десятки прудов и копаней. Характерной особенностью является редкая речная сеть и относительно большое количество временных водотоков, имеющих сток только в период весеннего снеготаяния. Многие небольшие озерные чаши бывают заполнены водой только в короткий период после весеннего половодья.

В Карагандинской области насчитывается около 5500 рек и временных водотоков. Их общая длина превышает 34 тыс.км. Около 4500 водотоков имеют длину более 10 км, 960 – от 10 до 100 км, 31 река длиной от 100 до 500 км и только 2 реки длиной более 500 км. Наиболее крупными реками являются Нура и Сарысу. Река Нура является главной водной артерией огромной Тенгиз-Кургальджинской впадины. Она берет начало с западных отрогов гор Кзылтас Каркаралы-Актаусского низкогорного массива на высоте от 1000 до 1200 м. Общая длина реки 978 км, из них около 400 км за пределами области. Общая площадь водосбора 58100 км² (в пределах области около 40000 км²). Основной приток Нуры - река Шерубайнура.

Река Сарысу берет начало двумя ветвями Жаксы-Сарысу и Жаман-Сарысу со склонов гор Бутлы и Актау на высоте 700 – 900 м. Устье реки – озеро Телеколь – располагается за пределами области. Общая длина реки 761 км, из них около 250 км находится вне границы рассматриваемой территории. Площадь водосбора в пределах области примерно 70000 км², общая – 81600 км². Основной приток – р. Кара-Кенгир. Менее значительные реки Тургай и Улы-Жиланшик на северо-западе, Талды, Каркаралинка и Жирлы – на северо-востоке, Токрау, Моинты на юге, Байконур, Каргалы на юго-западе. Реки южных склонов Центрально-Казахского мелкосопочника – Токрау, Моинты и другие, не доносят свои воды до оз. Балхаш, а реки Байконур, Калмаккырган – до озера Тенгиз-Шубар. Границы водоразделов перечисленных крупных рек и озерных бассейнов примерно совпадают с границами орографических районов. Средняя густота гидрографической сети на исследуемой территории 0.08 км/км². Более густая сеть рек и временных

водотоков в повышенных районах мелкосопочника ($0.4 - 0.5 \text{ км/км}^2$). В южных и юго-западных районах постоянно действующих водотоков нет. Хорошо выражена тенденция уменьшения густоты речной сети с возрастанием площади водосбора.

В бассейнах рек Нура и Сарысу на 1 км^2 в среднем приходится 0.1 км речной сети, а в верхней части из водосборов густота увеличивается в $2 - 3$ раза.

Водосборы большинства рек расположены на высотах от 3 до 900 м . Средняя высота водосборов малых и средних рек в западной части территории преимущественно от 400 до 600 м , а в восточной от 600 до 800 м . Характер поверхности водосборов меняется в зависимости от основных гидрографических характеристик. Доля бессточных площадей от всей площади бассейна возрастает по мере увеличения его размеров, уменьшения средней высоты и уклона водосбора. Для многих районов здесь характерно наличие плато обширных приводораздельных. Весенний сток на приводораздельных пространствах рек Нура, Сарысу, Тургай и др. аккумулируется в озерах и небольших микро понижениях. Бессточные понижения в Карагандинской области занимают значительно меньшую долю площади бассейнов рек, например, в Северном Казахстане. Озерность речных бассейнов незначительна. Так в бассейне р. Нура озера занимают лишь 5% . Регулирующего влияния на сток озера почти не оказывают.

Заболоченность территории в силу их незначительного распространения тоже не играет существенной роли в режиме рек области. Небольшие участки заболоченных земель имеются в средних и нижних частях бассейнов рек Нура и Талды.

Залесенность бассейнов даже таких рек, как Талды и Жирлы, очень мала. На водосборах же других рек леса совсем нет. Распаханность водосборов рек различна. Значительные массивы распаханых земель имеются в северных районах исследуемой территории. В бассейнах рек Нура, Тузды распаханые земли составляют от 20 до 25% их площади.

Большинство рек Центрального Казахстана являются типичными равнинными водотоками и лишь отдельные из них, обычно только в верхнем течении, имеют характер горных потоков. Средне взвешенный уклон крупных рек меньше 0.5 %. Форма речных русел, и морфометрические характеристики русел рек обычно сильно изменяются по их длине. Ширина долин в верховьях рек и временных водотоков несколько десятков или сотен метров. Ширина долин крупных рек (Нура, Сарысу) достигает от 5 до 10 км. В верховьях рек берущих начало в горах мелкосопочника долины настолько узкие и глубокие, что имеют вид горных ущелий. Значительное число рек имеет хорошо выраженную надпойменную террасу. Пойма развита преимущественно в нижних течениях. Поймы преимущественно двусторонние. У больших рек (Сарысу, Нура, Кара-Кенгир) поверхность поймы изобилует промоинами и задернованными западинами, часто заполненными водой. Русла большинства рек хорошо разработаны. Глубина вреза русел, как правило, увеличивается по длине реки. На верхних участках водотоков русла часто представляют собой ряд отдельных рытвин и ям. В средних и нижних течениях русла рек имеют более четкие очертания. Извилистость русел умеренная, обычно увеличивающаяся вниз по течению. Характерной чертой строения русел рек рассматриваемой территории является хорошо выраженное чередование плесов и перекатов. Плесы хорошо развиты. Преобладающая длина их от 200 до 300 м, глубина от 10 до 20 см. Плесы в прибрежной части зарастают кустарником, тростником, камышом. Перекаты большинства пересыхающих рек мало подвержены деформации, обычно хорошо задернованы и в период отсутствия стока по внешнему виду почти ничем не отличаются от прилегающих участков поймы.

Для рек южной половины исследуемой территории характерно увеличение от истока к устью мощности песчано-галечного материала, слагающего русло. Участки русла, сложенные мощными рыхлообломочными отложениями и закарстованными известняками.

1.7 Гидрологический режим р. Нура (Центральный Казахстан)

Основной особенностью водного режима рек области является резко выраженное весеннее половодье. Вслед за половодьем наступает летняя межень, в период которой большинство водотоков пересыхают. В зимнее время многие непересыхающие реки промерзают.

Весеннее половодье. Характер весеннего половодья всех водотоков области в основном однообразен. Начинается половодье во время интенсивного снеготаяния. На малых и средних реках половодье начинается почти одновременно в среднем 5 – 10 апреля.

Продолжительность половодья обычно невелика, на малых реках в повышенных частях мелкосопочника на средних реках – от 30 до 35 дней. Средние даты окончания половодья приходятся на последнюю декаду апреля. Пик половодья на реках с площадью водосбора до 5000 км² проходит чаще 10 – 15 апреля, а на средних 15 – 20 апреля. Подъем весеннего половодья обычно идет быстро, особенно на малых водотоках. Средняя его продолжительность на средних реках 6 – 15 суток, на малых 4 – 8 суток. Средняя интенсивность подъема составляет 30 – 50 см/сут. Спад половодья происходит значительно медленнее подъема.

Форма гидрографа половодья для большинства рек области имеет стройный (гидрограф) одновершинный вид, но в отдельные весны с прерывистым снеготаянием или с обильными дождями, выпадающими в весенний период, на гидрографах выделяются два или несколько пиков.

Зависимость между уровнями и расходами воды в период половодья иногда имеет сложный характер. Режим уровня воды не всегда отражает изменение водности рек.

Летняя межень. По окончании весеннего половодья на наиболее значительных по величине реках территории наступает длительная межень. Малые водотоки пересыхают полностью. Исключение составляют некоторые небольшие реки, имеющие постоянное питание грунтовыми водами, и крупные

реки Тургай и Нура. На реке Нура за все время наблюдений отмечено пересыхание только в 1951 году. У значительных по величине рек вниз по течению сток в меженный период обычно вначале увеличивается, а затем уменьшается часто до полного прекращения. Особенно это характерно для рек южных районов области, в том числе и для р.Сарысу. Только на р. Нура, имеющий мощный подрусловой поток, сток в нижнем течении несколько увеличивается. На фоне летне-осенней межени на некоторых реках наблюдаются кратковременные подъемы уровня, вызванные выпадением дождей. На реке Нура с. Сергиопольское за 18 лет наблюдений зарегистрировано 7 дождевых паводков, три из них прошло в 1958 году. Этот год характеризуется прохождением дождевых паводков по большинству водотоков области.

Зимняя межень. Зимой почти все пересыхающие реки области промерзают на перекатах. Лишь в отдельные годы на больших реках сток сохраняется в течение всей зимы (р. Нура, р. Шерубайнура). Наименьшие уровни воды наблюдаются в начале зимнего периода или перед вскрытием рек, когда при потеплении лед подтаивает и подмывается, пропускная способность русла становится больше.

Некоторые изменения в режиме отдельных рек за последние годы были вызваны хозяйственной деятельностью. Распашка и другие агротехнические мероприятия оказывают влияние на сток в сторону его изменения, преимущественно в северной части области. Регулирующее влияние на сток оказывают крупные водохранилища (Самаркандское, Интумакское и др.), рассчитанные на полное или почти полное задерживание вод половодья. Они полностью преобразуют гидрограф стока: волна половодья значительно снижается или полностью срезается, а летне-осенняя и зимняя межень обычно становится выше, чем в естественных условиях стока.

Из приведенной характеристики следует, что по водному режиму реки в основном однотипны. Они характеризуются весенним половодьем,

продолжительной и очень низкой по водности и зимней меженью, пересыханием и перемерзанием на непересыхающих участках.

Наряду с общими особенностями в водном режиме водотоков области имеются и некоторые различия. Основные различия в водном режиме водотоков обуславливаются изменениями условий формирования стока с увеличением высоты их водосборов. В зависимости от высоты водосборов, водотоки Карагандинской области можно разделить на 4 подтипа:

– подтип I: временные водотоки с высотой бассейна менее 450 м. К нему относятся водотоки равнинных районов северной части территории, где сток половодья составляет от 95 до 100 % годового.

– подтип II: водотоки с высотой бассейна от 450 до 650 м. К нему относятся реки, водосборы которых расположены в типичном мелкосопочнике и в отрогах горных массивов. Половодье продолжается несколько дней.

– подтип III: реки с высотой бассейна от 650 до 850 м. К этому подтипу относятся верховья большинства значительных рек и другие водотоки, стекающие с повышенных участков мелкосопочника. Продолжительность половодья не превышает 1 - 2 месяцев. Межень низкая.

– подтип IV: Реки со средней высотой бассейна более 850 м. Продолжительность половодья 3 месяца вследствие медленного таяния снега и выпадения жидких осадков. Сток в меженный период устойчив, пересыхание рек наблюдается редко.

2 Анализ методов подсчета стока

Стоком воды называется количество воды, протекающей через поперечное сечение потока за некоторое время. Одной из единиц выражения стока являются значения средних суточных расходов воды. При этом под расходом воды понимается тот объем, который проходит через поперечное сечение водотока в секунду.

В качестве основной исходной информации при подсчете стока используют измеренные расходы воды. Кроме того, для выявления местных особенностей, водного режима, их характера, продолжительности и степени влияния используется дополнительная информация включающая характер колебаний уровня, степень развития ледовых образований всех типов, а так же зарастания, изменчивость продольных и поперечных профилей русла (его деформации), а так же информация о возникновении явлений переменного подпора. Как уже отмечалось, задачей подсчета стока является получение ежедневных среднесуточных расходов воды. Вместе с тем основная исходная информация представляет собой дискретные значения измеренных (срочных) расходов воды и сопутствующих им параметров водотока (уровень воды, площадь поперечного сечения, средняя скорость и средняя глубина, ширина реки и уклон водной поверхности). Таким образом, основной задачей при подсчете стока является задача об интерполяции между измеренными расходами. Непосредственно эта задача может быть решена лишь в ограниченном числе случаев.

Применение метода линейной интерполяции предусматривает, во-первых, достаточное количество измеренных расходов и, во-вторых, отсутствие факторов определяющих резкое изменение водности водотока. Реальным применением метода линейной интерполяции становится, как правило, лишь в условиях устойчивой межени. Однако этот метод может быть применен и в условиях плавного половодья, но лишь при наличии большого числа измеренных расходов. Кроме того, этот метод применяется в тех случаях, когда

другие методы могут быть недопустимы, так как дают большие погрешности. Как правило, это проявляется в условиях крайней недостаточности гидрометеорологической информации для надежного освещения сложной обстановки. Таким образом, метод линейной интерполяции имеет весьма ограниченную область применения.

За основной метод подсчета стока воды принят метод, основанный на установлении связи между расходами воды и уровнями, которые наблюдались при их измерении. Эта связь достаточно физически обоснована и может быть выражена в виде кривой, построенной в координатах Q и H . При этом кривые $Q=f(H)$ могут быть однозначными и неоднозначными. В случае установления однозначной связи $Q=f(H)$ вопрос о вычислении стока решается тоже однозначно. При этом каждому среднесуточному уровню воды соответствует свой определенный расход. Следует иметь в виду, что в данном случае мы имеем дело с приближенно однозначной зависимостью. Точки измеренных расходов всегда располагаются с некоторым разбросом, что связано с погрешностями измерений расходов и уровней. Однако, если этот разброс невелик и не превышает, скажем, двойной точности измерения, то для расчетов такую кривую можно вполне принимать за однозначную. Естественно, что однозначность $Q=f(H)$ должна вытекать из однозначности вспомогательных кривых $F=f(H)$; $v_{cp}=f(H)$ (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Экстраполяция кривой расходов по элементам расхода

Как уже отмечалось, часто имеют место случаи, когда измеренные расходы воды охватывают не всю амплитуду уровня, а лишь ее часть, а другая

часть, иногда значительная, остается неосвещенной. В таких случаях возникает необходимость в экстраполяции кривой расходов. При этом различают экстраполяцию вверх, до наивысшего уровня и вниз, до наинизшего. Существует несколько методов экстраполяции до наивысшего уровня. Каждый имеет свои преимущества. Наиболее простым является способ непосредственного продолжения кривой $Q=f(H)$, или как его еще называют способом "по тенденции".

При этом кривая $Q=f(H)$ представляется в том же направлении с учетом осреднения области наивысших измеренных расходов. Этот метод применяется в тех случаях, когда неосвещенная часть кривой $Q=f(H)$ составляет не более 10 % от амплитуды хода уровней. При этом должно быть установлено отсутствие резких переломов в профиле русла, а так же неизменность шероховатости в экстраполируемой области.

Другим распространенным способом является экстраполяция по элементам расхода. Ее сущность заключается в том, что отдельно экстраполируют кривые зависимости $F=f(H)$ и $V=f(H)$. При этом кривую $F=f(H)$ экстраполируют по профилю поперечного сечения, что является достаточно точным. Кривую же $V=f(H)$ экстраполируют непосредственным продолжением, используя общие представления о виде кривой $V=f(H)$. Основным из них является вогнутость в сторону оси H и уменьшения зависимости $V=f(H)$ с ростом уровней. Этот метод применяют в тех же случаях, что и метод непосредственного продолжения. В случаях, когда неосвещенная часть амплитуды уровня превышает 10 %, русло реки при высоких уровнях имеет сложную конфигурацию и к тому же переменную шероховатость, применяют методы, основанные на использовании формулы Шези или ее модификацией.

Условия применимости этих методов вытекают, прежде всего, из условий применимости формулы Шези, разработанной для равномерного течения:

$$V = c \sqrt{h_{cp} J} \quad (2.1)$$

где V – средняя скорость течения в створе
 h – средняя глубина в сечении (для рек с соотношением глубины к ширине более чем 1:10 применяют k - гидравлический радиус;
 J – уклон водной поверхности.

При экстраполяции по формуле Шези, важное значение приобретает наличие измеренных уклонов водной поверхности, особенно при высоких уровнях. При этом производится разделение построения вспомогательных кривых, $h_{cp} = f(H)$, $J = f(H)$ и $c = f(H)$, где h_{cp} вычисляют по профилю поперечного сечения; c – коэффициент Шези, по данным измеренных уклонов в соответствии с формулой Шези (рисунок 2.2). Применение формулы Шези при экстраполяции вверх дает хорошие результаты для равнинных и полугорных рек с глубинами в паводок более 2 – 3 м.

В случае отсутствия измеренных уклонов водной поверхности для крупных рек со средними глубинами в паводок более 3 – 4 метров и течением близким к равномерному, возможно упрощение формулы Шези, основанное на том, что при больших уровнях в этих условиях расход воды не зависит от величины $c\sqrt{J}$ может быть выражен в виде функции (рисунок 2.2):

$Q = f(F \sqrt{h_{cp}})$	(2.2)
--------------------------	---------

При этом принимается, что $c\sqrt{J} = \text{const}$. Зависимость (рисунок 2.2) на графике в своей верхней части представляет собой прямую линию, что очень удобно для экстраполяции (рисунок 2.3). Характер кривой 2.2 в ее верхней части и определяет возможность определения применения данного метода. В

случае разброса точек в верхней части графика или при наличии кривизны точность экстраполяции существенно снижается.

Значительную трудность представляет собой экстраполяция в условиях пойменных створов, наличие поймы приводят к резкому изменению как морфометрической, так и гидравлической структуры потока. Резкое расширение потока, наличие шероховатости, отличной от шероховатостей русла существенно искажает ход зависимостей $F=f(H)$, $h_{cp}=f(H)$, $v=f(H)$; $J=f(H)$; $c=f(H)$ и $n=f(H)$. Так при уровнях выше уровня затопления поймы уклоны могут, как возрастать, так и уменьшаться, что существенно затрудняет экстраполяцию. При этом основным методом предусматривается деление площади поперечного сечения на русловую и пойменную части. Используя построенные и экстраполированные кривые $J=f(H)$ и $c=f(H)$ для отдельных частей сечения строят отдельные кривые для каждого отсека, а на их основе суммарную кривую $Q=f(H)$. При этом, как правило, принимают ряд допущений и упрощений, связанных, как правило, с недостатком данных измерений. Так, нередко допускают, что уклоны руслового и пойменного потоков равны. При отсутствии данных об уклонах, вычисляют коэффициенты Шези, по одной из многочисленных формул, например, по формуле Павловского, что носит весьма приближенный характер.

Рисунок 2.3 – Экстраполяция кривой расходов воды по способу Стивенса.

Экстраполяция кривой $Q=f(H)$ вниз может производиться двумя способами. Одним из них является способ «по элементам расхода». Другой способ предусматривает определение отметки нулевого расхода, которая может быть получена по данным о глубинах на участке гидроствора. В некоторых случаях за такую отметку принимают самую глубокую точку профиля, в других случаях это может быть отметка гребня нижнего по течению створа переката (рисунок 2.4).

Как уже отмечалось, зависимость $Q=f(H)$ далеко не всегда является однозначной. Среди факторов нарушающих однозначность связи $Q=f(H)$ следует выделить влияние неустановившегося течения воды при прохождении паводков, деформации русла, зарастание и наличие ледовых явлений, а так же переменный подпор. Выделение каждого из этих факторов позволяет применять соответствующую методику при подсчете стока в тех или иных условиях.

Влияние неустановившегося течения проявляется в форме волны. При анализе прохождения паводочной волны через створ выявляется, что один и тот же уровень может наблюдаться на подъеме и на спаде паводка. При этом на подъеме уклоны водной поверхности возрастают, а на спаде уменьшаются по сравнению с уклоном при равномерном течении.

Рисунок 2.4 – Определение отметки уровня нулевого расхода: а) если гидрометрический створ расположен на плесе, движение воды в нем прекратится при пересыхании нижележащего переката: отметка нулевого расхода в этом случае будет равна отметке гребня переката.

б) если гидроствор расположен на перекате, то движение воды в нем прекратится в том случае, если русло пересохнет, и отметкой нулевого расхода будет являться отметка низшей точки для гидрометрического створа.

Это приводит к тому, что при одном и том же уровне на подъеме расход будет больше, чем на спаде (рисунок 2.5).

Рисунок 2.5 – Петли кривых расходов воды при подъеме и спаде уровней

На графике $Q=f(H)$ точки измеренных расходов при этом выстраиваются в виде петли, состоящей из двух ветвей – ветви подъема, лежащей справа и ветви спада, лежащей слева от однозначной кривой равномерного течения. Аналогичные петли возникают на кривой скоростей. Так как отклонение точек

зависит от интенсивности изменения уровня, то разные по интенсивности паводки дают разные петли на графике $Q=f(H)$. Вычисление стока при этом производится отдельно по каждой ветви петли. Предварительно весь период вычисления стока разбивается на отдельные периоды подъемов, спадов и межени.

Следует отметить, что паводочные петли, не всегда проявляются при прохождении паводков. Они могут быть затушеваны деформациями или наличием ледовых явлений. На горных реках с большими уклонами и на реках с большой боковой приточностью, паводочные петли выражены слабее.

Другим случаем нарушения однозначности связи $Q=f(H)$ является зарастанием русла. При этом находящаяся в воде растительность уменьшает площадь живого сечения потока и увеличивает сопротивление движению воды. За счет этого при одном и том же уровне пропускная способность заросшего русла будет меньше, чем русла в свободном состоянии и точки на кривой $Q=f(H)$, измеренные при зарастании будут лежать слева от кривой свободного русла.

Сезон зарастания обычно можно подразделить на три периода. Первый из них соответствует росту растительности. В этот период наблюдается постепенное увеличение влияния водной растительности на связь расходов и уровней. Второй – характеризуется относительной стабильностью влияния растительности на водный режим. В третий период происходит отмирание растительности и соответственно уменьшение влияния на водный режим потока.

Основным методом вычисления стока в период зарастания является метод переходных коэффициентов. Этот метод может с успехом применяться при относительно малых колебаниях водности реки в период зарастания и достаточной освещенности этого периода, измеренными расходами. При этом вводится понятие коэффициента зарастания:

$$K_{\text{зар}} = \frac{Q_{\text{зар}}}{Q_{\text{св}}} \quad (2.3)$$

где $Q_{\text{зар}}$ – измеренный при зарастании расход;
 $Q_{\text{св}}$ – расход, снятый с кривой свободного русла при уровне измеренного $Q_{\text{зар}}$;

На основе полученных значений $K_{\text{зар}}$ строится хронологический график хода коэффициента. Производится интерполяция между измеренными значениями и экстраполяция на момент начала зарастания и его окончания (рисунок 2.6).

Рисунок 2.6 – Схема к способу переходных коэффициентов $K_{\text{зар}}$

При проведении хронологического графика следует учитывать ход уровня. При этом, при отсутствии переменного подпора обычно увеличение уровня приводит к увеличению величины $K_{\text{зар}}$, т.е. к уменьшению влияния растительности на водный режим. Однако эта зависимость, может быть и нарушена, например, в случае, когда при повышении уровня происходит затопление участков с повышенной шероховатостью. Момент резкого изменения водности (прохождения паводков) в период зарастания могут быть построены отдельные ветви кривых расходов воды зарастания. Такие кривые

свойственны периодам относительно стабильного состояния водной растительности и однообразного изменения водности. Границы действия этих кривых устанавливаются по переломным точкам хронологического графика хода уровней.

Следует отметить, что наряду с зарастанием на водный режим могут оказывать влияние и другие факторы, например, паводочный режим, резкий срыв паводком растительности или переменный подпор. Влияние этих факторов позволяет значительно уточнить периоды действия тех или иных ветвей кривых расходов и уровней. Очень важно случаем нарушения однозначности связи $Q=f(H)$ являются деформации русла. Явления неустойчивости русла наиболее резко выражены на реках горных и предгорных районов. Характерные особенности режима горных и полугорных рек, существенные при определении стока воды заключается в следующем:

1. Основной чертой режима стока являются частые паводки, имеющие острые пики, которые могут накладываться на постепенное изменение уровня. Явно выраженные периоды межени могут отсутствовать.
2. Большие скорости течения определяют наличие интенсивных деформаций, которые могут быть в качественном отношении подразделены на виды:
 - русло реки на протяжении участка поста испытывают лишь вертикальные смещения. При этом происходит равномерный разрыв или налив, так что уклон водной поверхности и уклон дна сохраняют свое относительно постоянное значение. Форма поперечного сечения русла так же остается постоянной;
 - русло реки на участке поста попеременно испытывает различные наливы, периоды которых сменяют друг друга. При этом значения уклонов и формы русла при одинаковых уровнях могут иметь разное значение. Подобный характер деформации сопровождается изменением ширины, средней глубины и формы поперечного сечения. Нарушается однозначность связи этих параметров от уровня;

- происходят резко выраженные деформации в продольном и поперечном профилях. Русло потока при этом может перемещаться по дну долины;
- деформации русла на участке поста отсутствуют, но ниже створа она происходят. При этом явления размыва или налива ниже по течению оказывают влияние на уклоны водной поверхности верхних участков.

Режим деформации тесно связан с режимом стока и степенью сопротивления грунтов размывающему действию. В зависимости от сочетания этих факторов деформации могут быть периодическими и непрерывными. В первом случае деформации обычно связаны с прохождением паводков, а в промежутках между ними отсутствуют или крайне незначительны. Во втором случае деформации происходят непрерывно, отличаясь в отдельные периоды своей интенсивностью.

Выбор способа вычисления стока определяется в результате анализа характера деформации русла и расположение точек в поле зависимости от $Q=f(H)$ с учетом количества измеренных расходов и их точности.

Основными материалами для анализа характера деформации являются кривые $F=f(H)$; $B=f(H)$; $h_{cp}=f(H)$. Одним из способов вычисления стока в период деформации является способ построения системы временных кривых $Q=f(H)$.

Этот метод предпочтителен в тех случаях, когда деформации связаны с прохождением пиков паводков и носят однонаправленный характер в течение определенного времени. При этом в периоды между паводками деформации отсутствуют или незначительны.

В рассматриваемом случае временные кривые могут охватывать как несколько фаз водного режима, так и отдельные его фазы. Сопрягаясь между собой, временные кривые могут иметь произвольный вид. При построении системы временных кривых на основе совместного анализа $Q=f(H)$; $F=f(H)$ и $H=f(t)$ следует выделить хронологически связанные группы точек, которые

следует объединить во временную кривую, и так же установить сроки перехода от одной кривой к другой. Последнее является наиболее трудным, так как именно в эти периоды происходит резкая смена гидравлической обстановки и кривая $Q=f(H)$ в этот период может иметь самый различный вид (рисунок 2.7).

Рисунок 2.7 – Схема построения временных кривых расходов воды при неустойчивом русле.

В случаях, когда деформации русла выражаются в вертикальных смещениях без особого изменения уклона, применяется способ приведения кривой расходов к основному сечению.

Этот способ предусматривает производство промерных работ в период между измерениями расходов воды.

Совмещения последовательно снятых профилей гидроствора позволяет выделить основной, который дает возможность построить однозначную кривую $F=f(H)$. Отклонение всех точек со своим знаком дает системы поправок к уровню (рисунок 2.8).

Рисунок 2.8 – Схема приведения кривой расходов к основному сечению

Значения поправок выстраиваются в хронологическом порядке. Производится интерполяция. По этому графику находятся значения поправок к уровню на все моменты измеренных расходов. После введения этих поправок в уровни измеренных расходов в точке $Q=f(H)$ ложатся значительно плотнее и могут образовать однозначную кривую расходов в исправленных уровнях. Дальнейшее вычисление стока ведется обычным способом по исправленным уровням. В случаях, когда деформации русла сопровождаются не только высотными измерениями, применяется метод Стаута, сущность которого сводится к следующему. В поле точек $Q=f(H)$ строится согласно общим представлениям стандартная кривая расходов, положение которой не выражает какой либо реальный смысл и носит вспомогательный характер (рисунок 2.9).

Рисунок 2.9 – Схема построения стандартной кривой и графика поправок Стаута

Для каждого измеренного расхода вычисляется поправка на уровень относительно стандартной кривой:

$\pm \Delta H = H_{\text{ст.кр}} - H_{\text{изм.}}$	(2.4)
---	-------

Далее строится хронологический график поправок Стаута и проводится интерполяция между измеренными значениями. С этого графика снимаются значения поправок на каждые сутки и с обратным знаком вводятся в среднесуточные уровни воды.

По исправленным таким образом уровням и стандартной кривой находятся ежедневные расходы воды. Кроме того, при достаточной освещенности всех фаз водного режима измеряемыми расходами воды может применяться метод интерполяции между измеренными расходами. Однако стоит помнить, что случайные погрешности измерений при этом не устраняются и входят в вычисления стока воды. Кроме того, этот метод может применяться лишь в условиях незначительного колебания водности.

Особым случаем нарушения однозначности кривой $Q=f(H)$ является наличие переменного подпора. При вычислении стока в условиях переменного подпора, важное значение, приобретает количественная характеристика подпора (причина, интенсивность, даты начала и окончания) и точности гидрометрических измерений (особенно уклонов водной поверхности). При выборе методов подсчета стока при наличии переменного подпора важной характеристикой является его интенсивность. Так при медленно меняющемся подпоре рекомендуется построение системы временных кривых или интерполяции между измеренными расходами воды. При кратковременном интенсивном подпоре – срезка подпорных уровней. Явления переменного подпора могут проявляться в случаях прохождения паводка на притоке, впадающем ниже гидроствора, могут быть обусловлены работой гидротехнических сооружений. Интенсивный и кратковременный подпор может быть вызван зажорными явлениями. При этом, на постах расположенных выше участка подпора наблюдается рост уровней при относительном постоянстве водности реки.

Правила построения системы временных кривых в условиях переменного подпора в основном те же, что и при наличии деформации, однако иметь в виду, что в отличие от деформации в случае подпора кривые $Q=f(H)$ могут

иметь произвольный вид. Метод срезки подпорных уровней применяется при кратковременном и ярко выраженном подпоре. При этом измеренные значения уровней заменяются фиктивными (срезанными), а вычисления стока воды ведется на основе однозначной кривой $Q=f(H)$, построенный для периода отсутствия подпора (рисунок 2.10).

Рисунок 2.10 – Срезка подпорных уровней

Во всех остальных случаях переменного подпора сток может быть вычислен при наличии надежно измеренных уклонов водной поверхности. При этом необходимо иметь данные об уклонах не только на момент измерения расхода воды, но и ежедневные значения. Они могут быть получены как непосредственно измерением, так и интерполяцией или построением зависимости $J=f(H)$. Во всех случаях необходимо учитывать те требования, которые сопровождают выбранный метод. При наличии данных об уклонах водной поверхности для вычисления стока может быть использован метод построения кривой модулей расхода. Применение этого метода основано на том, что модуль расхода:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{J}} \quad (2.5)$$

в подпорном состоянии потока для данного наполнения русла не зависит от расхода и уклона водной поверхности. На основании измеренных значений строится график $K=f(H)$ и если разброс точек не превышает 10 %, то на каждый уровень можно снять значение K . Тогда расход за период переменного подпора может быть вычислен как (рисунок 2.11):

$$Q = f(K\sqrt{J}) \quad (2.6)$$

Рисунок 2.11 – Схема к определению расходной характеристики в зависимости от уровня по кривой $K=f(H)$

Следует отметить, что разброс точек на кривой $K=f(H)$ может быть обусловлен как погрешностями измерений уклона, так и неприменимостью формулы Шези. При наличии переменного подпора вычисление стока может быть произведено путем построения семейства кривых $Q=f(H)$. При этом в системе координат Q и H около каждой точки выписывается значение уклона. Между значениями уклона производится линейная интерполяция, и проводятся изолинии уклонов водной поверхности, отвечающие конкретным значениям уклонов. Каждая из этих линий представляет собой кривую $Q=f(H)$, отвечающую данному уклону (рисунок 2.12).

Рисунок 2.12 – Семейство кривых расходов воды с учетом уклонов русла

Ежедневные расходы вычисляются по ежедневным уровням воды и уклонам водной поверхности путем интерполяции между изолиниями на графике.

Обзор изложенных методов вычисления стока воды позволяет сделать некоторые выводы, определяющие точность определения ежедневных расходов воды.

1. Решающее значение для надежного вычисления стока имеет полнота и точность исходной гидрометеорологической информации. К этому в первую очередь относится количество и качество измеренных расходов воды, равномерность их распределения по времени, степень освещенности гидрологических фаз водного режима, полнота охвата всей амплитуды уровней воды, наличие качественной информации об уклонах водной поверхности.

2. К выбору той или иной методики подсчета стока должен предшествовать подробный и углубленный анализ особенностей водного объекта на участке гидроствора. В результате этого анализа должны быть выявлены все характерные черты водного и гидравлического режима реки, периоды их действия и степень проявления.

3. В случаях равнозначной в отношении точности возможности применения нескольких методов следует руководствоваться соображениями трудоемкости того или иного способа.

Исходя из этого, передо мной была поставлена задача – выполнить анализ метода подсчета стока на примере реки Нуры (Центральный Казахстан), посты с. Пролетарское, с. Сергиопольское, с. Захаровка, русла которых бывают неустойчивые, характер деформаций такого русла в значительной степени зависит от водного режима реки и устойчивости грунтов, слагающих русло.

3 Анализ исходной информации

В качестве исходной информации для анализа методов подсчета годового стока взяты данные гидрометеорологических наблюдений на реке Нура (посты: с. Пролетарское, с. Сергиопольское, с. Захаровка) в Центральном районе Казахстана за 1991 год. В состав исходных данных вошли таблицы измеренных расходов, содержащие сведения об уровнях воды, площадях водного сечения, скоростей течения, средних и максимальных глубинах, ширине реки, а так же описание реки и гидростовов, где проводятся гидрометеорологические наблюдения.

По величине Нура относится к средним рекам с максимальными расходами от 50 до 850 м³/с. Перейдем к анализу информации по конкретным объектам.

3.1 р. Нура – с. Пролетарское

Пост расположен в 3 км к северо-западу от селения. Гидрометеорологический створ в период межени переносится во временный створ. Наблюдения за уклоном не ведутся. Долина реки ясно выраженная, склоны ее умеренно крутые, ступенчатые, суглинистые поросшие степной растительностью и кустарниками.

Пойма левобережная, шириной до 1 км, ровная, сложена суглинками, покрытыми темно-каштановыми почвами, поросшими злаково-типчаковой растительностью. Начинает затопляться при высоте уровня 470 – 480 см над нулем поста.

Русло реки извилистое, песчано-галечное, слабо деформирующееся. Правый берег, высотой 10 м, крутой скальный, не заметно переходит в склон холма, левый – высотой до 2 м, умеренно крутой, суглинистый порос редкой травяной растительностью.

В период летней межени сток воды зарегулирован водохранилищем, образованным земляной с каменной набросной плотиной и расположенной в 0.5 км выше поста. Осенью плотина разбирается, а после прохождения весеннего половодья восстанавливается. Кроме того, естественный режим реки нарушен действием временных земляных плотин, сооружаемых ниже поста.

Зимой река перемерзает на перекатах, а в более суровые зимы – и в створах поста.

Пост свайного типа расположен на правом берегу. В 1960 году на посту принята Балтийская система высот, переданная нивелировкой Казахской УГКС. Отметка нуля поста 540.36 мБС.

Гидроствор №1 совмещен со створом поста и оборудован лодочной переправой.

В межень расходы воды измеряются во временных створах вброд.

До 31-го марта 1951 г действовал пост в 3.8 км выше существующего, уровни старого и нового постов несравнимы, т.к. на участке между ними имеется приток.

В 1991 году было измерено 47 расходов воды, 9 из них измерены при ледоставе, 6 при ледоходе, остальные при свободном русле. При этом амплитуда измерения расходов воды, охваченных измерениями, составляет 247 м³/см. Для построения кривых: кривая зим., кривая 1 принято соответственно 4 и 37 расходов воды, измеренных вертушкой, освещающих соответственно 75 % и 95 % амплитуды колебания уровня воды. Кривая зим. экстраполирована вверх на 10 см (3 %), для $Q > 233 \text{ м}^3/\text{с}$, вниз на 9 см (2 %), для $Q < 0.30 \text{ м}^3/\text{с}$.

В пределах освещенной части уровней, площади водного сечения изменяются от 0.11 до 241 м², соответственно средней скорости – от 0.19 до 1.02 м/с, а ширина реки – от 4.2 до 96.6 м. При этом средние глубины изменяются от 0.11 до 2.49 м.

Таким образом, амплитуда колебания уровней освещена данными измерениями расходов воды на 90 %, что позволяет считать это количество измеренных расходов воды достаточным.

3.2 р. Нура – с. Сергиопольское

Гидрометрический пост расположен в 4 км к югу от селения, в 500 метрах выше железнодорожного моста и в 7 км выше Самаркандского водохранилища.

Долина реки пойменная. Пойма открытая, двухсторонняя, суглинистая. На ней находятся временные водотоки и старицы. Ширина правобережной поймы 5.0 км левобережной 6.5 км. Пойма затопляется только в многоводные годы. Русло реки на участке поста слабоизогнутое, песчаное, деформирующееся. Берега высотой около 4 м супесчаные. С октября 1973 года режим реки нарушен действием канала Иртиш-Караганда, впадающего в реку в 1.5 – 2 км выше поста.

Зимой река перемерзает на перекатах, а в более суровые зимы и в створе поста. Летом у берегом зарастает камышом и водной растительностью. Пост свайного типа расположен на правом берегу. В 1973 году на посту принята Балтийская система высот, переданной нивелировкой Каз УГКС. Отметка нуля поста 488.17 мБС. Гидроствор №2 совмещен со створом поста и оборудован лодочной переправой. В межень в гидростворе наблюдается косоструйность течения, и образуются осередки. Расходы воды измеряются во временных створах вброд. Температура воды измеряется в створе поста у берега, толщина льда в створе поста на середине реки.

На данном участке реки действовал пост с 1.09.1934 г до 30.06.1941 г.

13 марта 1958 года здесь открыт пост экспедицией Мосгидепа, позже (1973 г) принятый от него Казахским УГКС. Уровенные наблюдения на этих постах увязаны.

С 1.01.1941 г до 31.12.1956 г действовал пост в 1.3 км выше существующего. Уровни не увязаны, из-за различных условий протекания.

В 1991 году было измерено 42 расхода, 9 из них измерено при ледоставе, 4 при ледоходе, остальные при свободном русле. Измерения расходов воды в половодье производилось на основном посту, в межень на временном. Все расходы измерены вертушкой в 1 – 2 точках.

Амплитуда изменения расходов воды, охваченных измерениями, составляет 283 м³/с. Для построения кривых: кривая зим., кривые 1 – 4 принято соответственно 2, 4, 19, 4, 3 измеренных расходов воды вертушкой, освещающих 67, 100, 99, 27 и 86 % амплитуды колебания уровня.

В пределах освещенной части уровней, площади водного сечения изменяются от 6.12 до 229 м², соответственно средние скорости от 0.15 до 1.29 м/с, а ширина реки от 24 до 90 м. При этом средние глубины изменяются от 0.25 до 2.73 м. Таким образом, измерениями расходов воды практически охвачено практически 100 % амплитуды колебания уровней. Измеренные расходы расположены равномерно по амплитуде уровней, со значительным сгущением при их минимальных значениях.

3.3 р. Нура – с. Захаровка

Пост расположен в 300 метрах к юго-западу от населенного пункта, в 6 км ниже устья реки Исень.

Русло реки умеренно-извилистое, песчано-галечное, слабо деформирующееся. Берега реки супесчаные крутые высотой 3 – 4 м, местами поросшие кустарником. Сток реки зарегулирован Самаркандским, Интумакским водохранилищами, расположенными в 125 – 120 км и 45 км выше поста. Зимой на реке образуются забереги, ледостав, весной ледоход.

Долина реки не ясно выраженная с общим направлением с юга на север. Правый склон долины пологий, левый крутой (40 – 60 °), склоны сложены суглинистыми и супесчаными грунтами, поросли полынно-ковыльной

растительностью. Пойма двухсторонняя, правобережная шириной до 50 м ровная, поросшая полынно-типчаковой растительностью. Левобережная шириной до 500 м неровная поросшая кустарником, затопляется при уровне 880 – 890 см (правобережная) и 780 – 790 см (левобережная).

Пост свайного типа расположен на правом берегу. В 1976 г на посту принята Балтийская система высот. Отметка нуля поста 411.35 мБС. Гидроствор №1 расположен в 6 км выше поста и оборудован лодочной переправой. В период межени расходы измеряются во временных створах вброд. Температура воды измеряется в створе поста у правого берега, толщина льда в створе поста на середине реки.

В 1991 году было измерено 47 расходов, 14 из них измерены при ледоставе, 1 при наличии заберегов, остальные при свободном русле. Внутригодовая амплитуда изменения расходов составляет 329 м³/с. Для построения: кривая зим., кривая 1, 2, 3, кр 85 – 5 принято соответственно 7, 3, 6, 5, 12 расходов воды, измеренных вертушкой, освещенных соответственно 100, 95, 100, 100 % амплитуды колебания уровня воды.

В пределах освещенной части уровней, площади водного сечения изменяются от 16.0 до 366 м², ширина реки от 62 до 93 м, соответственно средние скорости от 0.15 до 1.09 м/с, при этом средние глубины изменяются от 1.07 до 3.94 м.

Произведенный анализ исходных данных показывает, что в целом количество измеренных расходов достаточно для надежного построения кривых $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ и $B=f(H)$. Расходы воды измерены вертушкой, скорости измерялись в точках 0.2 и 0.8 от глубины.

4 Анализ методов построения кривых $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$, $B=f(H)$

На основе исходной информации, анализ которой выполнен в предыдущей главе, был выполнен подсчет годового стока по каждому из трех постов (река Нура с. Пролетарское, с. Сергиопольское, с. Захаровка). С этой целью были построены кривые зависимостей $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$, $B=f(H)$ и $h=f(H)$. Как показал анализ, расположение точек в полях координат $[Q:H]$, $[F:H]$, $[V:H]$, эти зависимости имеют сложный вид, что в основном обусловлено деформациями русла в створе поста и на сопредельных участках. Это привело к необходимости построения по двум объектам нескольких кривых зависимостей $Q=f(H)$. Поэтому ниже приведен конкретный их по объектный анализ.

4.1 Анализ полученных результатов р. Нура – с. Пролетарское

Как показал анализ расположения точек в полях координат $[Q:H]$, $[F:H]$, $[V:H]$, за период свободного русла могут быть проведены однозначные зависимости: $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ (Приложение А, рисунок 4.1).

Разброс точек соответствующих данным измерений в поле координат не превышает точности измерений. Эти точки образуют полосу, наибольшее отклонение точек от расчетной кривой наблюдается в ее верхней (точки 8 и 9) и нижней частях амплитуды уровней. При этом наибольшая величина отклонения наблюдается при низких уровнях (64 %) и существенно превышает допустимые пределы, что свидетельствует о недостаточной точности измерений расходов воды в этот период.

В тоже время в ЦГМ было проведено 4 кривых за период открытого русла, мы перешли к одной кривой зависимости, была составлена таблица координат, был подсчитан сток за период открытого русла и при наличии ледовых явлений.

Следует отметить, что с 1.01.1991 по 23.03.1991 года поверхностный сток в реке отсутствовал, по этому его подсчет проводился с 31.03.1991 по 31.12.1991 года. Подсчитанный нами сток, как это видно из прилагаемых таблиц незначительно отличается от рассчитанного в ЦГМ. Величина среднегодового стока по нашим данным составила $7.49 \text{ м}^3/\text{с}$, в ЦГМ соответственно получена величина $7.36 \text{ м}^3/\text{с}$. Таким образом расхождение не превышает 2 %, соответственно различные результаты получены по экстремальным величинам, наивысший расход по нашим данным $256 \text{ м}^3/\text{с}$ против $247 \text{ м}^3/\text{с}$ по данным ЦГМ. Расхождения незначительные, находятся в пределах не превышающих 3 %, несколько сложнее обстоит дело с минимальными расходами воды, где низкая точность измерения не позволяет достаточно точно вычислить минимальный сток. Нами получено минимальное значение стока, составляющее $0.22 \text{ м}^3/\text{с}$, а в ЦГМ принято $0.17 \text{ м}^3/\text{с}$. По видимому, целесообразно рекомендовать для уточнения расходов воды, строительство гидрометрических сооружений (типа лотков, водосливов).

В заключении следует отметить, что на данном гидростворе целесообразно переходить к однозначной зависимости $Q=f(H)$, практически для всей амплитуды уровня, за исключением минимальных уровней, при H_{\min} , необходимо повысить качество измерений и изучить вопрос о применении мерных устройств.

4.2 Анализ полученных результатов р. Нура – с. Сергиопольское

Для расчетов была использована информация об измеренных расходах, площадях водного сечения и средних скоростях потока, а так же других морфометрических характеристик русла реки Нура у с. Сергиопольское за 1991 г. В качестве исходной информации использовано 42 измеренных расхода воды, из них 29 при открытом русле. Как показал анализ расположения точек, соответствующих натурным данным, в поле координат $[Q:H]$, $[F:H]$, $[V:H]$

довольно четко прослеживается две их полосы, соответственно позволяющее провести две пары кривых зависимостей $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$.

Это обусловлено деформацией русла в створе поста, что подтверждается расположением точек в поле координат $[F:H]$, $[B:H]$. При этом наблюдаются как высотные, так и плановые деформации русла.

Так в результате деформаций в паводочный период, ширина русла изменяется при одном и том же уровне на 25 м, то есть примерно на 50 %. В то же время площадь поперечного сечения изменяется примерно от 10 до 30 м², что соответствует 15 – 20 %.

Таким образом, для расчетов в период открытого русла приняты две кривых расходов воды (Приложение А, рисунок 4.2), обозначенных кривая 2 и кривая 3.

Период действия кривой 2 с 12 по 24 апреля; с 30 апреля по 25 июня; с 12 августа по 29 сентября, а кривой 3 с 25 июня по 31 июля 1991 года. В периоды с 25 по 29 апреля и с 01 по 11 августа применим метод интерполяции основанный на данных о 8-ми измеренных расходах воды и хронологическом графике уровней.

Для условий зимнего режима была получена соответствующая кривая расходов воды, расположенная значительно левее кривых расходов воды для свободного русла. К сожалению, она обоснована данными только двух измерений, что безусловно не достаточно. Однако применение другого какого-либо метода, в частности $H=f(t)$, не представляется возможным, из-за недостатка исходной информации.

При низких уровнях кривые расходов воды и вспомогательные были детализированы, т.е построены в более крупном масштабе (рисунок 4.3), что позволило выполнить более точный подсчет стока.

Как видно на рисунке 3.4 при низких уровнях образуются две кривые расходов воды, имеющие различные периоды действия.

Измеренными расходами воды практически освещена вся амплитуда колебания уровней. Действительно, экстраполяция кривой расходов воды вверх

проводилась непосредственным ее продолжением на 2 см (1 %), при максимальном уровне, расход воды составлял 281 м³/с. В тоже время экстраполяция кривой расходов воды вниз, выполнена так же ее непосредственным продолжением всего лишь на 1 см (больше 1 %) до минимального уровня воды. Последнему соответствует минимальный расход 3.14 м³/с.

Следует отметить, что некоторую сложность вызвал подсчет стока методом интерполяции, так как для его получения было использовано только 10 расходов воды, причем 6 из них в период с 05.01 по 02.04.1991 года и 4 с 11.11 по 31.12.1992 года. Как уже указывалось, зимняя кривая расходов воды (рисунок 4.2) была построена по данным измерений всего двух расходов (3.04 и 05.04.1991 года) и использована для подсчета зимнего стока в период интенсивного ледохода.

При этом была выполнена экстраполяция вверх на 19 см (73 %). Соответствующий наибольшему для этой кривой уровню в 443 см расход воды равен 12.3 м³/с. Безусловно, сток за этот период следует признать ориентировочным. В тоже время при редком ледоходе, точки соответствующие измеренным расходам воды (9 октября), легли на кривую расхода 1, что позволило использовать ее для подсчета стока как при редком ледоходе, так и при открытом русле.

Для подсчета ежедневных расходов воды применялась стандартная методика, т.е. были составлены стандартные таблицы координат для всех кривых расходов воды. На их основе и по данным об уровнях воды, были подсчитаны ежедневные расходы воды.

Нами так же были получены сведения о методике подсчета ежедневных расходов воды и соответствующих кривых расходов воды, а так же вспомогательных кривых рассчитанных в Карагандинской ЦГМС. Анализ и сравнение этих методов и результатов расчетов в целом в ЦГМ и РГГМИ показал, что в ЦГМ было принято 3 кривых расходов воды за период открытого русла. Однако, с нашей точки зрения, это недостаточно обоснованно, так как

отсутствует четко выраженная группировка точек в полях координат [Q:H], [F:H], [V:H] и их отклонение от осредненных кривых не превышает допустимых пределов. Сравнение результатов расчетов показало, что величины среднегодового стока, подсчитанные нами и в ЦГМ, отличаются незначительно, на величину, не превышающую 2 %. В то же время расхождения среднемесячных величин более значительно, но так же не превышает допустимой величины.

4.3 Анализ полученных результатов р. Нура – с. Захаровка

Данный гидроствор является наиболее сложным, так как в нем происходят русловые деформации и он подвержен регулирующему влиянию выше расположенных водохранилищ (Самаркандское и Интумакское), что приводит к неустановившемуся движению воды при попусках из них и соответственно нарушает однозначность зависимости расходов, площадей поперечного сечения, скоростей течения от уровней воды. Поэтому измерения расходов воды в основном гидростворе производится только в паводочный период. Измерения же расходов воды при низких и средних уровнях выполняются на временных гидростворах, хотя в таблице «Измеренные расходы воды» указан только один гидроствор.

Для подсчета стока были использованы данные о 47 измеренных расходах воды, причем 15 из них при ледовых явлениях. Осложняющим фактором является наличие мертвого пространства при измерении расходов воды при ледоставе занимающего от 10 до 18 % площади поперечного сечения.

Анализ расположения точек, соответствующих, натуральным данным в полях координат [Q:H], [F:H], [V:H] в период открытого русла указал на необходимость проведения двух кривых расходов воды, при высоких уровнях и еще двух кривых при средних и низких уровнях, а так же кривой расходов воды для зимнего периода. Таким образом, для подсчета стока принято 5 кривых. Следует отметить, что все кривые расходов воды достаточно полно освещены

данными измерений, исключением является зимняя кривая расходов воды (Приложение А, рисунок 4.4).

В соответствии с этим, экстраполяция кривых расходов воды осуществлялась непосредственным их продолжением на величины, не превышающие 8 %. В то же время зимняя кривая расходов воды была экстраполирована вверх на 20 см (41 %). Расход воды соответствующий наивысшему уровню равен $331 \text{ м}^3/\text{с}$.

В поле координат $[F:H]$ для наивысших и средних уровней воды были приняты однозначные кривые зависимостей $F=f(H)$ (Приложение А, рисунок 4.4). По нашему мнению наличие двух кривых принятых в ЦГМ, неправомерно, так как точки соответствующие натуральным данным образуют довольно плотную полосу, и их разброс не превышает точности измерений. При минимальных и средних уровнях так же получены однозначные зависимости $F=f(H)$. Все это свидетельствует о том, что в периоды измерений на принятых гидростворах, деформации были незначительны, это так же подтверждается анализом расположения точек в поле координат $[B:H]$.

В поле координат $[V:H]$ группы точек соответствующих натуральным данным, так же как и в поле координат $[Q:H]$ позволяют провести 5 кривых зависимостей $V=f(H)$; одна из которых принята для зимнего режима.

Таким образом, для подсчета стока были использованы 5 кривых расходов воды. При переходе с одной кривой на другую применим метод интерполяции, для чего были использованы расходы воды измеренные с 31.12 по 05.03.1990 г, а так же с 28.08. по 10.10.1991 г и с 21.11. по 31.12.1991 г. Для подсчета стока применима стандартная методика, основанная на таблице координат и сведениях о ежедневных уровнях воды. Фактически применяемая нами методика почти полностью соответствует методике принятой ЦГМ. Поэтому расхождения среднегодовых и среднемесячных расходов воды определенных в ЦГМ и нами не превышают 1 – 2 %.

В целом сток по данному посту можно признать надежным, а погрешность его определений не превышают допустимых пределов за

исключением зимнего стока. В то же время целесообразно рекомендовать ЦГМ провести дополнительные исследования с целью выбора постоянного места расположения гидроствора, в котором воздействие пускового режима водохранилищ и русловые деформации были бы сведены к минимуму.

Заключение

Проведенный анализ методов построения кривых зависимостей $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ и подсчетов годового стока, выполнены на примере 3 постов р. Нура, позволяет сделать следующие выводы:

– река Нура является сложным объектом, так как на ней расположено несколько регулирующих водохранилищ и наблюдаются интенсивные русловые деформации. Поэтому при подсчетах стока необходимо учитывать пусковой режим работы гидротехнических сооружений и влияние деформации русла;

– для надежного подсчета годового стока в этих условиях необходимо большое количество измерений расходов воды, достигающие 40 – 50 в год, что свидетельствует о необходимости больших трудовых затрат;

– на всех трех постах, измеренными расходами воды освещено более 80 % амплитуды уровней воды, что позволило осуществлять экстраполяцию расходов воды непосредственным продолжением кривых $Q=f(H)$ с последующей увязкой значений Q_{max} , полученных по этим кривым с аналогично рассчитанным как $Q_{max}=F*VH_{max}$. Исключением является экстраполяция кривых расходов воды вверх при зимнем режиме на посту Сергиопольское на 19 см (73 % амплитуды уровней) и с. Захаровка на 20 см (41 % амплитуды уровней).

Следует отметить необходимость повышения точности подсчета межennaleго стока особенно при минимальных уровнях. С этой целью рекомендуется строительство различных мерных устройств (порогов-контролей, лотков и др.) с учетом местных условий;

– необходима организация наблюдений за уклонами водной поверхности на всех постах, и особенно на посту с. Захаровка, расположенных ниже регулирующих водохранилищ, что в условиях режима ппуска воды их работы позволит повысить точность подсчета стока;

– силами Карагандинской ЦГМ провести дополнительные изыскания с целью выбора места для переноса гидроствора из с. Захаровка, в котором отсутствовали бы или были бы минимальными русловые деформации, так как их воздействие в совокупности с влиянием пускового режима работы водохранилищ резко осложняет методику измерений расходов воды и подсчетов годового стока.

Список литературы

- 1 Карасев, И. Ф., Васильев, А. В., Субботина, Е. С. «Гидрометрия» [Текст] / И. Ф. Карасев, А. В. Васильев, Е. С. Субботина – Ленинград: Гидрометиздат, 1991.
- 2 Быков, В. Д., Васильев, А. В. «Гидрометрия» [Текст] / В. Д. Быков, А. В. Васильев – Ленинград: Гидрометиздат, 1972.
- 3 Лучшева, А. А. Практическая гидрометрия [Текст] / А. А. Лучшева – Ленинград: Гидрометиздат, 1972.
- 4 Ресурсы поверхностных вод суши СССР, том 13 Центральный и Южный Казахстан, выпуск 1 «Карагандинская область» [Текст] / Ленинград, 1992г.
- 5 Наставления гидрометстанциям и постам, выпуск 6, часть 1 и часть 3.

Приложение А

Рисунок 4.1 – Кривые $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ за 1991 год,
р. Нура – с. Пролетарское

Рисунок 4.2 – Кривые зависимости $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ за 1991 год,
р. Нура – с. Сериопольское

Рисунок 4.3 – Кривые зависимости $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ за 1991 год,
р. Нура – с. Сергиопольское

Рисунок 4.4 – Кривые зависимости $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ за 1991 год,
р. Нура – с. Захаровка