

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
(РГГМУ)

Допущена к защите

Зав. кафедрой к.г.н., доцент

Д.И. Исаев

06.06.2016



Кафедра
Гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)
Расчет стока влекомых наносов

Выполнил



Е.В. Карелина

гр. Г-54

Руководитель



к.г.н., доцент

Д.И. Исаев

Санкт-Петербург 2016

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
1 Задачи исследований движений наносов	5
1.1 Состояние и задачи исследований движения наносов и русловых процессов	5
1.2 Взвешенные и донные наносы, пойменные и русловые формы	8
2 Применяемые формулы для расчета донных наносов	12
3 Физико-географическое описание	13
3.1 Рельеф	14
3.2 Климат	14
3.3 Осадки	15
3.4 Снежный покров	17
3.5 Влажность воздуха	17
3.6 Ветер	21
3.7 Почвы	23
4 Общая характеристика гидрографической сети	26
4.1 Реки	27
4.2 Питание рек	29
4.3 Озера	44
4.4 Водный режим	50
4.5 Характеристика исходных данных	50
5 Анализ полученных данных	51
6 Заключение	53
7 Список использованных источников	
8 Приложение А – Сведения о содержании донных наносов в общем расходе наносов	
Приложение Б –Итоговые результаты	

ВВЕДЕНИЕ

Речными наносами называются твердые минеральные частицы, переносимые потоком и формирующие русловые и пойменные отложения. Наносы подразделяются на донные (влекомые) и взвешенные. Русловые наносы обычно являются влекомыми. Известно, что наносы перемещаются путем влечения, качения, то есть перекачиванием частиц, сальтации или в виде донных гряд. Перемещение наносов является сущностью русловых процессов. Характер перемещения наносов определяет сопротивление русла движению потока и в значительной степени величину их расхода. *Актуальность* изучения русловых процессов и конкретно расчета стока влекомых наносов определяется необходимостью решения ряда водохозяйственных задач и задач гидротехнического строительства, а также обеспечение судоходства. В большинстве случаев именно влекомые наносы определяют переформирования русел рек, поэтому оценка стока влекомых наносов одно из главных задач при изучении динамики речного русла. Но к сожалению методы расчета расходов донных наносов, несовершенны, так как основаны на данных натурных наблюдений, из которых были выявлены некоторые закономерности в последствии ставшие ядром многих эмпирических формул.

Целью работы является расчет стока влекомых наносов с применением ряда формул и анализа их. В частности одной из целей работы является проверка работоспособности этих формул расчета расходов наносов, а также получение на их основе базы данных.

Для осуществления вышеуказанных задач, была взята река Иртыш пост г. Омск. На нашем объекте исследования традиционно измеряют расход воды, расход влекомых наносов, гранулометрический состав, необходимые

для получения искомых величин. Гидрологическая информация в настоящее время не является общедоступной, поэтому расчет будет вестись по данным прошлых лет. Исходными данными для расчета взяты из гидрологических ежегодников.

1 Задачи исследований движений наносов

1.1 Состояние и задачи исследований движения наносов и русловых процессов

Развитие и изучение русловых процессов происходило в двух направлениях: геологам был интересен процесс формирования речных долин и развитие речной сети, тогда как для инженеров-гидрологов важны были законы формирования речных русел, механизмы, явления и элементы, формировавшие русловой процесс.

В середине девятнадцатого века, когда в значительной степени были улучшены судоходные условия и произошел рост ирригации, активно начал развиваться раздел инженерной гидрологии о движении наносов и жизни речных русел. К середине двадцатого века внимание уделяется изучению транспорта наносов потоками, условиям незаиляемости и неразмываемости каналов по закономерностям русловых форм и их изменений, а также данных о циркуляционных течениях и их влиянии на режим речных русел. Значительный вклад в развитие учения принадлежал советским гидротехникам.

К началу двадцатого века реки использовались в таких хозяйственных целях как судоходство, поливное земледелие, водоснабжение городов и промышленных предприятий. Речная сеть рассматривалась как дешевый источник энергии. Именно поэтому основным предметом исследования ученых стало речное русло и механизм его развития, а также решение вопроса о защите с инженерной точки зрения приречных территорий от затопления.

Возведение крупных гидроузлов на реках, протекающих по легкоподвижным грунтам подтолкнуло к изучению явлений, формирующих режим речных русел. В результате советскими учеными была

сформулирована теория русловых явлений, тогда как зарубежные ученые продолжали исследовать динамику речных русел.

В настоящее время определены типы русловых режимов и форм русел, установлены основные закономерности формирования русел и их элементов, выявлена природа образования гряд, их формы, динамика и роль в формировании речных русел. Теория движения наносов в турбулентном потоке значительно продвинулась. Выведены эмпирические и полуэмпирические формулы, позволяющие рассчитать взвешенные и донные наносы, сформулированы основы строгой теории взвесенесущих потоков.

В связи с постоянным развитием исследований в области русловых процессов, движения наносов и особенностей течения в реках стало возможно построение методов расчета русловых деформаций, которые происходят как в бытовых условиях, так и под влиянием регулирования стока реки и видоизменения течений инженерными сооружениями. Были разработаны методы изучения русловых явлений на размываемых безнапорных и напорных гидравлических моделях. Однако перед учеными встает вопрос об эффективности использования водных ресурсов в отдельных развитых в хозяйственном отношении районах, в связи с их дефицитом. Для устранения этой проблемы требуется значительные отборы воды, регулирование стока рек и перераспределение его по территории страны.

При разрешении подобных вопросов приходится считаться с тем, что нарушение режимов наносов приводит к серьезным нежелательным последствиям, которые вступают в противоречие с поставленными целями. В ходе забора воды в значительных количествах встает вопрос о судьбе наносов, которые из-за этого должны задерживаться или в бассейне реки, или в голове водозабора, или же возвращаться в ослабленную водоотбором реку. К примеру, 80% стока р. Амударья предполагается разбирать на орошение. По оросительным каналам на поле может транспортироваться не более 70% захваченных с водой наносов, остальные 30 % должны быть задержаны у

места водозабора. На Амударье при указанных размерах отбора воды объем задерживаемых наносов составит до 60 млн.м³ в год. Скопление из года в год объема излишних наносов представляет собой комплексную проблему. Задержанные наносы стараются вернуться к реке, не считаясь с тем, что при значительных водоотборах транспортирующая способность реки сильно уменьшается и речное течение может оказаться недостаточно мощным для перемещения возвращенных наносов. Именно вследствие этого у водозабора Каракумского канала в русле реки накопились огромные массы песка, которые не уносятся рекой даже в период половодий, паводков и разливов. В то же время отвалы в реке ежегодно растут.

Первостепенными задачами, состоящими перед исследователями в связи с судьбами наносов при больших водоотборах из рек, являются разработки методов регулирования наносов в бассейне рек и аналитическое изучение возможных перегрузок речных вод наносами.

При возведении водохранилищ, регулирующих сток, особенно важно сохранить емкость рек, уменьшающуюся в следствие осаждения наносов. Наиболее показательны темпы убывания емкости горных и предгорных участков. Примером необратимых явлений можно назвать следующие объекты: водохранилище Гергибель ГЭС на Северном Кавказе, которое было заполнено наносами за 14 лет; верхний бьеф строящейся гидроэлектростанции на горной р. Атбаши – его заполнение ожидается в течение всего семи лет; верхний бьеф головной гидроэлектростанции на р. Вахше, занесенный за один год.

Самым простым и в то же время эффективным приемом поддержания или восстановления емкостей водохранилищ является их промывка. К сожалению, широко применить этот прием не позволяет малая изученность как режима самой промывки, так и отвода наносов из нижнего бьефа. Среди первоочередных задач в области исследования движения наносов и деформации русел находится решение и этих вопросов. Актуальным становится создание искусственных рек из-за переброски стока из одних

районов в другие. Таким объектом является, например, Каракумский канал, несущий до 300 м³/с воды на расстоянии в несколько сот километров. Необходимо проанализировать устойчивость переработки воды русел создаваемых новых рек, режим выноса искусственными реками наносов, стабильность их пропускной способности, возможность разработки русел саморазмывом.

Решение перечисленных задач возможно только при условии дальнейшего активного развития учения о движении наносов. Важно уделить внимание исследованию обмена твердыми частицами между турбулентным потоком и дном, а также изучению поперечных перемещений твердых частиц в реках. Необходимо продолжить исследование в сфере формирования песчаных гряд, совершенствовать методы расчетов транспорта наносов, искать пути решения систем уравнений взвесенесущих потоков.

Новые задачи, поставленные перед исследователями, потребуют совершенствования методов расчета русловых деформаций в начальной стадии саморазмыва искусственных русел и при переходе их к режиму сформировавшегося речного русла. Необходимо исследовать и разработать методы расчета размывов русел в плотных грунтах, разрабатывать и применять электронные программы, анализирующие русловые деформации. Большое значение должно иметь лабораторные исследования на размываемых моделях. От характера поставленных задач на таких моделях зависят методы и приемы исследования.

1.2 Взвешенные и донные наносы, пойменные и русловые формы

Непосредственная связь между движением наносов и речными формами влечет за собой необходимость изучения формирования русла с изучением форм движения наносов. В речных наносах выделяют донные и

взвешенные. В вопросе о делении наносов на донные и взвешенные нет единой точки зрения, здесь внесу некоторую ясность в изучаемый вопрос.

Наносами признано считать твердые частицы, переносимые течениями и откладывающиеся в реках, озерах и водохранилищах. Перенос взвешенных наносов происходит со скоростью, окружающей эти частицы воды без контакта с дном, поддержание в толще водотока идет при определенных соотношениях гидравлической крупности частиц, продольных и вертикальных пульсационных скоростей воды и импульсов броуновского движения. Донные наносы отложившиеся, неподвижные, в основе своей неорганического происхождения, они образуют русла потоков и их пойм. Движение влекомых наносов происходит в придонном слое потока в периодическом констатировании с дном скольжением, качением и сальтацией с некоторым отставанием от окружающего потока, и крайне часто считают вместе с донными.

Деление на донные и взвешенные наносы по форме их движения определяет возможность перехода одних и тех же частиц с изменением гидравлического режима потока из вида донных в вид взвешенных и наоборот. Это несколько не снижает потребность в таком делении, потому как форма движения наносов определяет и речные формы, соответствующие этим формам движения, и расчетные методы.

Два главных вида речных форм соответствуют двум основным формам движения наносов. Из донных формируются различные гряды, входящие в состав русловых форм. Взвешенные наносы создают пойму с разнообразными пойменными формами. Эти различия в характере морфологических образований и в форме движения учитывается и на геологическом строении речного аллювия. Русловым формам и донным наносам принадлежит русловая фация. Взвешенным наносам и пойменным формам вхожа пойменная, охарактеризовать ее можно малой крупностью обычно суглинистых отложений, горизонтальной слоистостью, наличием

органических примесей и иловатых частиц и старичнаяфация отличающаяся обилием глинистых, иловатых и органических частиц.

Для того чтобы правильно оценить транспортирующую способность потока и работают над разделением наносов на донные и взвешенные. Такое разделение определяется законами движения наносов, они имеют отличие для донных и взвешенных, связанными с различными определяющими их факторами. В существующих теориях движения наносов фактически это деление и осуществилось. Диффузионная и гравитационная теории отнесены к теориям движения взвешенных наносов. В работах В. Н. Гончарова и Эйнштейна речь пойдет о донных наносах (руслообразующих). Для донных и взвешенных наносов способы изучения и измерения их расходов различны.

Наносы как живой организм способны менять форму движения при изменении гидравлических условий в потоке и переходить из группы взвешенных в группу донных или наоборот, что имеет большое практическое значение. Большинство исследователей этот процесс заполнения наносами вновь созданных водохранилищ подразделяют на заиление, то есть осаждение взвешенных наносов с образованием наилка в глубинных частях водохранилища, и на занесение зоны выклинивания подпора донными наносами с образованием русловых форм, встречающиеся в дельтах рек. Наблюдение за заполнением наносами Фархадского водохранилища показали, что основная масса оседающих наносов по типу отложений более всего соответствует донным, в то время как в реке в естественных условиях вся масса этих наносов перемещалась во взвешенном состоянии с образованием соответствующих форм.

2 Применяемые формулы для расчета донных наносов

Выработка методики измерения расходов донных наносов базировалась на основе трех подходов:

а) динамического – изучение сил, действующих на частицу, находящуюся на дне потока. Основы этого подхода были заложены французским исследователем Дюбуа и получили развитие в работах отечественных и зарубежных исследователей (В.Н. Гончарова, Г.И. Шамова, А. Шоклича и др.);

б) статистического - изучение вероятности срыва и перемещения донной частицы (Г.А. Эйнштейн, М.А. Великанов и др.);

в) метода анализа размерностей - этот подход фактически является вспомогательным и обычно используется только для анализа и систематизации экспериментальных данных (И.В. Егiazаров)

На данный момент существует около 200 формул для расчета расходов донных наносов, которые можно разделить на четыре группы, взяв за основу определяющий параметр. Данная классификация не является строгой, поскольку формулы гидравлики позволяют перейти от одного определяющего параметра к другому, но она значительно упрощает изложение материала.

В ходе анализа методов расчета расходов донных наносов, З.Д. Копалиани предложил разделить все известные формулы и методы не на четыре, а на девять групп [1]. По мнению ученого к основным группам следует добавить еще пять: мощность потока, расход воды, энергетический уклон, а также региональные формулы и формулы, основанные на учете структурных форм транспорта наносов. Стоит отметить, что большинство методов и формул для расчетов расходов донных наносов (перемещаемых в безгрядной фазе), применяемых в России, практически ограничиваются четырьмя первыми группами. Поэтому и возьмем их за основу при

изложении данного вопроса. К тому же формулы для расчета расходов донных наносов, перемещаемых в донногрядовой фазе, будут рассмотрены отдельно.

К первой группе отнесем формулы, в которых основным определяющим параметром является скорость потока. В качестве примера приведем формулы В.Н. Гончарова, И.И. Леви, Ван Рейн и К.В. Гришанина, основанные на лабораторных данных, и формулу Г.И. Шамова – на натуральных данных:

– формула Гончарова:

$$g_B = \frac{\rho_1 g (1 + \varphi)}{A} v_n k \left(\frac{v^3}{v_n^3} - 1 \right) \left(\frac{v}{v_n} - 1 \right); \quad (1.1)$$

где g_B – расход донных наносов на единицу ширины потока, м/с;

ρ_1 – плотность наносов

g – ускорение свободного падения м/с²

– формула Леви:

$$g_B = 0,002k \left(\frac{v}{\sqrt{gk}} \right)^3 (v - v_K) \left(\frac{k}{h} \right)^{0,25}; \quad (1.2)$$

– формула Шамова:

$$g_B = 0,95\sqrt{k} \frac{v^3}{v_K^3} (v - v_K) \left(\frac{k}{h} \right)^{0,25}; \quad (1.3)$$

– формула Гришанина:

$$g_B = 0,015k \left(\frac{v}{v_K} \right)^3 (v - v_K); \quad (1.4)$$

– формула Ван Рейна:

$$g_B = 0,0005vh \left[\frac{v - v_n}{\sqrt{\frac{\rho_1 - \rho}{\rho} gk}} \right]^{2.4} \left(\frac{k}{h} \right)^{1/2}, \quad (1.5)$$

где g_B – расход донных наносов на единицу ширины потока, ;
 φ – параметр турбулентности;
 g – Ускорение свободного падения;
 v_n и v_k – критические скорости, определяемые соответственно по формулам Гончарова, Леви, Шамова и Ван Рейна;
 k – средняя крупность частицы;
 A – постоянная, равная 880 для потоков плоского режима, и 500 – для пространственного;
 ρ_1 – плотность наносов;
 ρ – плотность воды.

Формула (1.1) может быть аппроксимирована в виде

$$g_B = 1,2(1 + \varphi)v_n k \left(\frac{v}{v_n} \right)^{4,33}. \quad (1.6)$$

ВСН 163 рекомендует применять для подсчета расходов песчаных наносов ($0,1\text{мм} \leq k \leq 2\text{мм}$) формулу (1.3), вычисляя значение k по формуле

$$k = 0,01 \sum_1^m \alpha_i k_i, \quad (1.7)$$

где

α_i – процентное содержание i -й фракции в составе донных отложений;

k_i – средняя крупность i -й фракции;

t – общее число фракций, на которые разделены наносы.

Формулу (1.6) рекомендуется применять для более крупных, гравелистых наносов ($0,2\text{мм} < k < 10\text{ мм}$).

Интересные результаты исследований формул этой группы доложил на III Всесоюзном гидрологическом съезде В.Е. Любимов. Основываясь на данных натуральных измерений расходов донных наносов, перемещавшихся в безгрядной и донногрядной фазах, были приведены расчеты по формулам с (1.1) по (1.3) и сформулированы следующие выводы:

– расчет расходов наносов по формулам (1.1) – (1.3) дает близкие натурным данным результаты. При этом формула (1.3) преуменьшает расход наносов. Формулы (1.1), (1.2), (1.6) для наносов крупностью $0,20 < k < 0,40\text{мм}$ дают вполне удовлетворительные результаты, но по формуле (1.2) нулевой расход наносов при малых скоростях получается тогда, когда уже наблюдается перемещение наносов, что объясняется несовершенством формулы Леви для расчета критических скоростей;

– для песков крупностью $k < 0,15\text{мм}$ формулы Шамова и Леви малопригодны, а формула Гончарова дает преувеличение.

Рассмотрим вывод формулы (1.1). В ее основу Гончаров положил уравнение:

$$g_B = (h' + \delta) \frac{S_c}{S_0} S_0 v' . \quad (1.8)$$

Здесь

- h' и δ – высоты области взвешивания и отрыва;
- S_c и S_o – средняя концентрация и концентрация наносов у дна;
- v' – групповая скорость перемещения наносов.

Деление потолка взвешивания ($h = h' + \delta$) на две составляющие автор осуществляет, исходя из следующих предпосылок. Область отрыва – та высота, на которую частицы наносов поднимаются сальтацией, т. е. под действием импульса силы, создаваемого за счет гидродинамических условий обтекания частицы. Область взвешивания – та наибольшая высота, на которую частицы наносов, совершившие прыжок и подхваченные вихрями, поднимаются вместе с возмущениями. В общем случае высота потолка взвешивания меньше или равна глубине потока.

Не останавливаясь на незначительных допущениях, которые автор сделал при выводе расчетной формулы отметим; лишь, что высота подъема частицы получается, исходя из условия, что $v_* = \omega$, т.е. частица перемещается вверх, против действия силы тяжести, до тех пор, пока ее гидравлическая крупность не станет равной вертикальной составляющей скорости (v_*) несущих ее возмущений. Исходя из этого условия, Гончаров получает

$$h = h' + \delta = (\alpha'_1 + \alpha \varphi) k \left(\frac{v}{v_n} - 1 \right). \quad (1.9)$$

Здесь

α и α'_1 – параметры, зависящие только от крупности частиц.

Среднюю концентрацию наносов Гончаров определяет на основе разработанной им структурной теории по формуле (1.9).

$$\bar{S} = \frac{S_0}{1 + \frac{\alpha v_n}{\varphi v}}, \quad (1.10)$$

где

S_0 – концентрация наносов у дна.

При ее выводе, исходя из уравнения баланса наносов, деление их на взвешенные и влекомые не осуществлялось. В формуле (1.10) основным расчетным параметром является концентрация наносов у дна (S_0), определение которой наиболее сложно. Это обусловлено как низкой точностью экспериментальных данных, так и сложностью и недостаточной изученностью механизма обтекания и срыва зерен на дне потока. Схематизация процессов приводит к необходимости введения некоторых дополнительных коэффициентов.

Концентрацию наносов у дна Гончаров рекомендует определять на основе ее зависимости от относительной скорости потока, учитывая при этом, что при $v = v_n$ срывчастиц наносов со дна не происходит

$$S_0 = f\left(\frac{v - v_n}{v_n}\right). \quad (1.11)$$

На основе анализа экспериментальных данных и ряда допущений Гончаров получает зависимость (1.11) в виде

$$S_0 = \alpha_2 \frac{v^2}{v_n^2} \left(1 + \alpha_3 \frac{v_n}{v}\right). \quad (1.12)$$

Групповую скорость перемещения наносов (v'), определяемую как скорость, с которой перемещались бы все частицы наносов от дна до

потолка взвешивания, если бы они двигались с одинаковой скоростью, Гончаров рекомендует рассчитывать, исходя из следующих граничных условий. При $v = v_n$ $v' = 0$, а при $v \gg v_n$ $v' \rightarrow v$. Эти условия получены на основе анализа данных экспериментов, выполненных в различных лабораториях, в частности, экспериментов М.А. Дементьева и М.В. Печенкина в напорном трубопроводе с помощью импульсной киносъемки. В процессе экспериментов изучалось движение частиц наносов относительно несущих масс жидкости и установлено, что при увеличении турбулизации потока относительные скорости движения частиц наносов (v_q/v) возрастают (где v_q – скорость движения частиц наносов). На основе этих граничных условий и данных экспериментов Гончаров подбирает и рекомендует для расчетов v' следующее уравнение:

$$v' = \alpha_k v \left(1 - \frac{v_n^3}{v^3} \right), \quad (1.13)$$

где

α_k – параметр, слабо зависящий от крупности частиц наносов.

Подставляя (1.10), (1.9), (1.12) и (1.13) в (1.8), после несложных преобразований получаем (1.1).

Таким образом, формулы для расчета расходов наносов первой группы получаются полуэмпирическим путем, а постоянные в них определяют на основе экспериментальных данных. Низкая точность исходной информации и различные допущения при выводе формул обусловили большое их количество. В первом приближении все эти формулы можно представить в виде:

$$g_B = \beta (v/v_n)^{m-1} (v/v_n - 1). \quad (1.14)$$

Здесь

$\beta = f(k, h)$ – обобщенный параметр;

τ – показатель степени, по данным различных авторов принимающий значения от 2 до 12, т.е. изменяющийся в очень широких пределах.

Анализ этих формул, проведенный Н.Н. Федоровым на основе обобщения экспериментальных данных, позволил ему рекомендовать значение $\tau = 3-4$.

В формулах второй группы в качестве основного расчетного параметра принята «влекущая сила потока» $\tau = \rho ghI$. Формулы этой группы широкого распространения в России не получили, хотя довольно часто применяются в ряде зарубежных стран. В качестве примера можно привести формулу И.В. Егiazарова:

$$g_B = \alpha \rho_1 g \sqrt{I} \left(\frac{\tau - \tau_0}{\tau_0} \right), \quad (1.15)$$

где

I – уклон водной поверхности;

α – постоянная;

τ_0 – влекущая сила потока, при которой начинается влечение наносов.

Третья группа формул основана на связи расходов наносов непосредственно с расходами воды и уклонами водной поверхности. Формулы этой группы широко распространены за рубежом, в частности, формулы Майер – Петера, Джилльберта, Чанга и других авторов. В качестве примера приведем формулы:

–А. Шоклича:

$$g_B = \frac{\alpha}{\sqrt{k}} I^{3/2} (q - q_0), \quad (1.16)$$

– Майер – Петера:

$$g_B = \alpha_1 I^{3/2} \left(q^{3/2} - \frac{bk}{I} \right). \quad (1.17)$$

Здесь

α, α_1, b – числовые параметры;

q и q_0 – расходы воды на единицу ширины потока – бытовой и при начале движения наносов.

В четвертой группе формул определение расхода наносов осуществляется на основе статистического анализа движения отдельных частиц.

Так, Г. Эйнштейн в 1940 и 1950 гг., используя некоторые положения теории вероятности и считая движение влекомых частиц случайными, предложил для определения расходов их наносов два расчетных метода, в которых исследуется плоский равномерный поток. Влекомые частицы считаются однородными.

В первом методе Эйнштейна рассмотрена вероятность отрыва произвольно взятой на дне частицы в течение расчетного отрезка времени Δt и перемещения ее на расстояние Δl . Для вывода расчетного выражения расхода влекомых наносов рассмотрим на дне потока полосу единичной ширины. Тогда число частиц N , сорванных с этой полосы и пересекающих расчетный створ за время Δt , можно выразить через их размеры k и вероятность отрыва (η) в виде

$$N = \frac{\Delta x}{\alpha_1 k^2} \frac{\eta}{1-\eta}, \quad (1.18)$$

где

α_1 – коэффициент, учитывающий форму частицы.

Число частиц N , пересекающих расчетный створ, связано с удельным расходом воды простым соотношением

$$g_B = \frac{N \alpha_2 k^3}{\Delta t}, \quad (1.19)$$

где

$\alpha_2 k^3$ – объем отдельной частицы.

Решая совместно (1.18) и (1.19), получаем

$$g_B = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \frac{\Delta x}{\Delta t} k \frac{\eta}{1-\eta}. \quad (1.20)$$

Допуская $\Delta x \approx k$ и $\Delta t \approx k[(\rho_1/\rho - 1)gk]^{-0.5}$ и подставляя эти значения в (1.20), получаем

$$g_B = \alpha_3 \left[\left(\frac{\rho_1}{\rho} - 1 \right) g k^3 \right]^{0.5} \frac{\eta}{1-\eta}. \quad (1.21)$$

Применяя гипотезу о том, что вероятность η должна быть функцией коэффициента устойчивости донных частиц $\eta = f(\psi)$, получаем

$$g_B = \varphi \left[\left(\frac{\rho_1}{\rho} - 1 \right) g k^3 \right]^{0,5}. \quad (1.22)$$

Подставляя эти выражения в (1.21), получаем

$$\varphi = \alpha_3 \frac{f(\psi)}{1 - f(\psi)}. \quad (2.23)$$

На основе обработки экспериментальных данных Эйнштейн получил значение $\alpha_3 = 2,17$, а $f(\psi) = e^{-0,39\psi}$. Тогда для расчета расхода наносов получим:

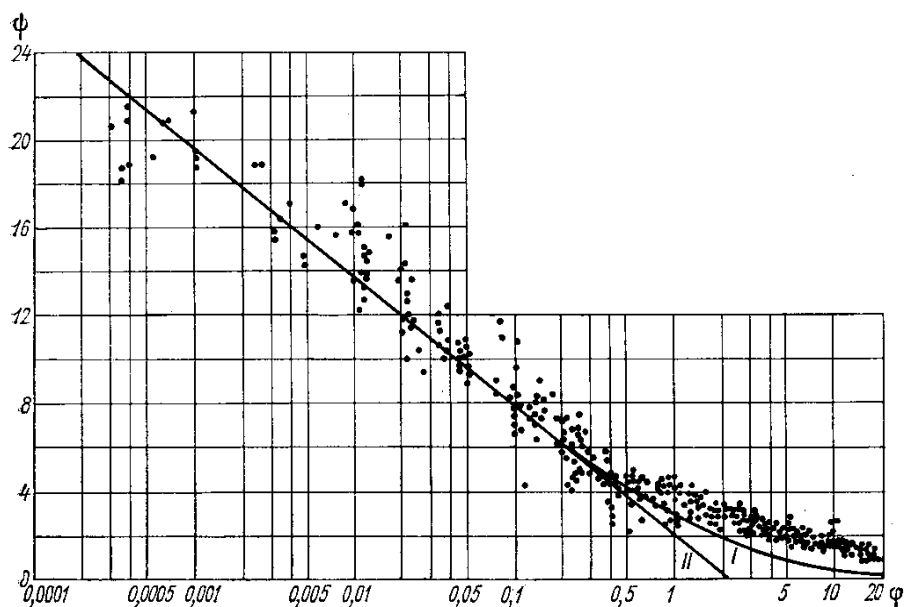
$$\varphi = \frac{2,17}{e^{0,39\psi} - 1}. \quad (1.24)$$

При больших значениях коэффициента устойчивости $e^{0,39\psi} \gg 1$ уравнение (1.24) может быть представлено в виде

$$\varphi = 2,17 e^{-0,39\psi}. \quad (1.25)$$

Графики уравнений (1.24) и (1.25) для однородных частиц приведены на рисунке 1.1.

В области значений $\psi > 4$ (см. рисунок 1.1) оба графика практически совпадают, а при значениях $\psi < 4$ (для мелких донных частиц) кривая, построенная на основе точной формулы (1.24), хотя и лучше соответствует экспериментальным данным, но все-таки существенно от них отклоняется.



I – по уравнению (1.24), II – по уравнению (1.25)

Рисунок 2.1 – График функций Эйнштейна $\varphi = \varphi(\psi)$ для однородных частиц

На графике нанесена исходная информация, полученная в различных лабораториях.

Второй метод Г. Эйнштейна основан на рассмотрении процесса обмена частицами между потоком и дном. Основные допущения метода следующие:

1. **наносы** однородные, дно не деформируется;
2. среднее число частиц, оседающих на дно N_1 и покидающих дно N_2 в единицу времени на единице площади, равны $N_1 = N_2$;
3. оба числа (N_1 и N_2) являются функциями вероятности (соответственно η_1 и η_2) того, что мгновенная подъемная сила превысит действующую на частицу избыточную силу тяжести. При этом принимается $N \approx (1 - \eta_1)$, $N_2 \approx \eta_2$;
4. отрезок времени Δt , в среднем необходимый для отрыва частицы от дна и замещения ее новой («время обмена»), определяется по формуле

$$\Delta t \sim k \left[\left(\frac{\rho_1}{\rho} - 1 \right) gk \right]^{-0,5}; \quad (1.26)$$

5. отклонения подъемной силы от ее среднего значения подчиняются закону нормального распределения.

В итоге формула для безразмерного расхода наносов с учетом значений постоянных, полученных Эйнштейном, имеет вид:

$$\varphi = 0,023 \frac{(1-\eta_1)}{\eta_1} = 0,023 \left[\frac{2}{\operatorname{erf} \frac{1}{\eta_2} (0,072\beta\psi - 1) + \operatorname{erf} \frac{1}{\eta_2} (0,072\beta\psi + 1)} - 1 \right], \quad (1.27)$$

где

$\operatorname{erf} x$ — интеграл ошибок;

β — функция отношения высоты выступов шероховатости к толщине вязкого подслоя;

η_1 и η_2 — вероятности отрыва частиц от дна потока.

Для гидравлически шероховатого дна $\beta = 1,25$. Если неоднородность грунта значительна, то расчет расхода наносов необходимо выполнять по фракциям.

М.А. Великанов, продолживший разработку этого направления, также ограничился рассмотрением плоского равномерного потока, переносящего наносы однородного состава. На основе анализа данных экспериментов он принял допущение о наличии прямой корреляционной зависимости между высотой и длиной скачка песчинки. Разделяя непрерывный временной процесс на короткие расчетные интервалы времени, Великанов допускает, что корреляция между двумя

соседними, осредненными за расчетный интервал времени величинами (пульсационными скоростями и др.) равна нулю, что не является строгим. С учетом этого допущения рассматриваются две вероятности.

Первая η – вероятность того, что произвольно взятая на дне частица в течение расчетного интервала времени будет сорвана со дна и унесена потоком, т.е. вероятность превышения силы (F) над весом частицы (P) $F \geq P$.

Вторая ε – вероятность того, что сорванная со дна в первый расчетный интервал времени частица в течение второго интервала времени не опустится на дно. М.А. Великанов считает, что ε отражает вероятность превышения вертикальной составляющей скорости (v) над гидравлической крупностью, т.е. $v > \omega$, хотя это условие, являясь недостаточным, может привести к завышению расхода наносов.

К сожалению, теория недоработана и не доведена Великановым до окончательных расчетных рекомендаций. Однако разработанные им положения, наряду с работами Эйнштейна, оказывают значительное влияние на исследования в этом направлении до настоящего времени.

В последующие годы отечественными и зарубежными авторами был предложен ряд расчетных формул, полученных на основе статистического анализа движения частиц.

В качестве примера приведем формулы:

– Доу-Го-Женя:

$$g_B = 0,048k(v - v_k) \frac{\omega}{v_k} \frac{v^2}{v_k}, \quad (1.28)$$

– К.И. Российского:

$$g_B = \beta \rho_1 k (\alpha_1 v_B + \alpha_2 v_c), \quad (1.29)$$

который учитывал наносы, перемещающиеся не только сальтацией, но и влечением по дну потока.

Здесь

- α_1, α_2 — коэффициенты, характеризующие сплошность движения частиц;
- v_B и v_c — скорости движения катящихся и сальтирующих частиц;
- $\beta \approx 0,2$ — коэффициент.

Анализ приведенных выше формул для расчета расходов наносов, полученных различными способами, показывает, что большинство из них может быть приведено к одному расчетному виду $g_B = f(v/v_k)$, что свидетельствует о достоверности предпосылок, положенных в основу их вывода.

1. Физико-географическое описание

1.1 Рельеф

Рассматриваемая территория находится в составе Западно-Сибирской равнины – одной из самых больших равнин на нашей планете. Она включает в себя бассейн реки Иртыш ниже города Семипалатинска (исключая бассейн реки Тобол), бассейн реки Обь ниже устья реки Иртыш, а так же бассейны рек западной части Карского моря.

Западно-Сибирская равнина состоит из сочетания самостоятельных низменностей и возвышенностей, на этой территории высота точек достигает до 250 – 285 м. Широтным повышениям, начинающимся от предгорий Урала в области в области Тоболо-Сосьвинского водораздела через Сибирские увалы, равнина поделена на две котловины: Нижнеобскую и Среднеобскую. Расположена на них низменная равнина с преобладающими падениями на север, только на северо-западе есть склоны Уральских гор. Эти котловины присоединены широкими понижениями, где протекает река Обь. Более пониженные части Нижнеобской котловины прикреплены к устьевому участку Оби и к концу Обской губы. Реки Таз, Пур, Надым, Обь направлены туда. Местность здесь имеет повышения до 200-220 м.

Повышенные участки (материки) представляют собой плоские массивы, разделенные долинами рек и заболоченные понижениями «материков». Они отделены от Урала цепью депрессий, протягивающихся почти непрерывной полосой вдоль гор от устья Оби до верховья Сев. Сосьвы, которые, в свою очередь, разжижены заболоченными депрессиями с огромным количеством маленьких озерков, спокойно протекающих в болотистых берегах сильно меандрирующие рек (Ляпин, Сев. Сосьва и др). Сибирские увалы представляют собой плоские возвышенности со средней высотой в 160-180 м; в верховьях реки Пура увалы понижаются до 90-95 м.

На востоке цепь таких материков достигает высот 170-190 м, в отдельных местах превышают 200 м и образуют Тазовско-Енисейский водораздел.

С севера Нижнеобскую котловину замыкают возвышенности Гыдана и Ямала, разделяющиеся Обской губой. Возвышенности центральной части Ямала достигают высоты 70-75 м и тянутся до северной оконечности Полярного Урала, сохраняя высоты 70-80 м, и лишь местами прерываются речными долинами (Эр. Юрибей и др.).

Более пониженные (около 20 м над уровнем моря) части Среднеобской котловины расположены в среднем течении Оби в районе устья реки Иртыш. Возвышенные равнины располагаются по окраинам котловины и окружают ее с запада, востока и юга. Во внутренней части существует ряд приподнятых участков (например Ишимская, Кондинская, Ишимо-Иртышская возвышенности), которые чередуются со впадинами (например Барабинская, Обь-Иртышская). Рельеф в северной части обусловлен микроформами, которые сформированы мерзлотно-солифлюкционными процессами, в частности такими, как бугры и пучение. В южной части территории микрорельеф обусловлен карстово-суффозионными процессами (множество мелких впадин).

1.2 Климат

Западно-Сибирская равнина равноудалена как от Атлантического океана, так и от центра Азиатского материка. В общих чертах ей присущ умеренно-континентальный климат, который формируется под воздействием двух центров погоды (Атлантика и континентальный Азиатский материк). Территория имеет значительную протяженность с севера на юг, что позволяет наблюдать четко выраженную зональность распределения тепла и влаги. Это обстоятельство предопределяет чередование с севера на юг

природных зон, которое имеет широтный характер. Равнинность территории, доступность для воздушных масс как с севера так и с юга обуславливает возможные резкие изменения погоды, в том числе резкие колебания температуры воздуха от месяца к месяцу, а также в течение суток.

Для рассматриваемой территории характерна продолжительная холодная зима, жаркое, но относительно короткое лето, а также короткие весна и осень с ранними осенними заморозками. Наиболее теплыми считаются юго-западные районы, наиболее холодными северо-восточные. Самый холодный месяц обычно январь, средние температуры колеблются от **-17 до -25 °С**. В отдельные дни возможно понижение температуры до величин от -36 до -42 °С в южной части территории и до **-42-48°С** центральной и северных частях. Изредка зимой возможны оттепели с максимальной температурой до +2 +3 тепла, они носят кратковременный характер. Средняя суточная температура воздуха становится плюсовой к середине или концу апреля, а на севере территории в конце мая. Переход средней температуры воздуха за отметку+5(начало периода вегетации) происходит в южной части территории с конца апреля до середины мая, в северной части территории в начале июня. Июль – самый теплый месяц в году. Средние температуры колеблются от+19 на юге территории до +6 на севере. Температурный режим этих месяцев в основном зависит от формирования континентального воздуха Западной Сибири, в частности от прогревания и увлажнения воздушных масс попадающих на территорию с севера. При резких вторжениях арктических холодных масс возможны очень резкие понижения температуры даже в летние месяцы до +2 градусов.

Некоторое исключение представляет собой северо-восточная часть Омской области, где период устойчивых плюсовых температур начинается в начале июня, а первые заморозки возможны в конце августа. Это обусловлено тем, что данный район более продолжительное время находится под влиянием арктического воздуха.

В целом по территории холодный период (переход через 0) наступает в южной части с середины октября, а в северной части в конце сентября начале октября.

3.3 Осадки

Количество и распределение осадков на территории Западно-Сибирской равнины определяется, главным образом, деятельностью западных циклонов и общей циркуляцией атмосферы на данной территории. Увлажненность атмосферы почти полностью зависит от количества влаги, приносимой западными циклонами. Арктические массы с севера, при их частом вторжении, не дают больших осадков. Наибольшее годовое количество осадков 500-600 мм. приходится на лесную зону и связано с циклонической деятельностью. К северу количество осадков убывает (до 350 мм) в связи с малой насыщенностью влагой преобладающего арктического воздуха. К югу количество осадков также уменьшается, что связано с ослаблением циклонической деятельности, повышением температуры. Так, в степной зоне, на юге территории количество осадков не превышает 400 мм.

Уральские горы также влияют на уменьшение осадков в западной части территории вследствие уменьшения влагосодержания воздушных масс из-за оседания большей части влаги на их западных склонах.

В таежной зоне восточной части территории количество осадков определяется циклонической деятельностью и общей лесистостью территории.

В целом, на территории основное количество осадков выпадает с мая по октябрь. На большей части территории месячные суммы осадков

превышают 60-70 мм (в июле) в лесной зоне 75-90 мм (в июле). Осадки в августе несколько меньше июльских.

Самым сухим местом является Южное Прииртышье: в среднем выпадает менее 70 мм осадков (в июле). Время наступления годового максимума осадков постепенно смещается с юга на север. В степной и лесостепной зонах это июль, в лесной зоне это август, а на севере территории наибольшие месячные суммы осадков наблюдаются в августе, сентябре. Имеет место значительное колебание годового количества осадков, в дождливые годы может выпасть на 200-250 мм осадков больше, а в сухие на 250 мм меньше по сравнению с годовой нормой. Число дней с осадками для большей части территории составляет около половины всех дней в году. Преобладают дни с осадками слоем менее 5 мм в сутки. Осадки со слоем более 20 мм в сутки редки, наблюдаются только в летний период.

3.4 Снежный покров

В связи со значительной протяженностью территории с юга на север даты появления снежного покрова на севере и юге резко отличаются. Ранее всего снежный покров появляется в заполярных районах Тюменской области (конец сентября). На остальной территории Омской области первое появление снежного покрова приходится на конец октября. Устойчивый снежный покров образуется на севере территории в середине октября, а в южных районах появляется к середине ноября. Ежегодные сроки установления снежного покрова сильно колеблются. Рост высоты снежного покрова происходит со второй половины ноября и до начала января и связан с наибольшей повторяемостью циклонической погоды. Средняя высота снежного покрова в таежной зоне составляет от 85-90 см (северо-восток) до 70-80 см (северо-запад), в лесостепной зоне от 60 до 45 см (убывает с севера

на юг). На открытых пространствах лесостепной зоны (Омская, Новосибирская области) средняя высота покрова может составить 20-40 см. Тундровые районы на севере и степные районы на юге характеризуются неравномерным залеганием снежного покрова. Наряду со значительной толщиной снежного покрова, который образуются в понижениях рельефа, в лесополосах и кустарниках также имеются места и с очень тонким слоем снега. Наибольшие величины снегозапасы достигают на севере территории (160-180 мм) и убывают к югу. В пределах Омской области снегозапасы составляют 50-60 мм. Максимум снегозапасов достигается в северных районах в конце марта - начале апреля, в южных районах в середине марта, в таежной зоне в конце марта. Интенсивность схода снежного покрова зависит от местных условий: на пониженных местах и в лесах сход происходит медленней, тогда как на возвышенностях и открытых местах быстрее. На юге территории поля освобождаются от снежного покрова в начале апреля, на севере территории с середины мая, приполярные районы с середины июня.

3.5 Влажность воздуха

Так же как происходит ход температуры воздуха, изменяется и распределение хода упругости водяного пара. Меньшие значения наблюдаются зимой в январе и феврале (на севере в феврале и марте), большие в июле (север в августе). Учитывая влияния циркуляционных условий зимнего периода, влагосодержание убывает с юго-запада на северо-восток.

Средняя месячная влажность воздуха в зимний период (январь, февраль) на юго-западе равна 1,5-1,7 мб, а на северо-востоке спадает до 0,7-1,0 мб. В июле упругость водяного пара колеблется в пределах 8-12 мбв северных районах, 13-15 мб в южных. Относительная влажность воздуха, что

является главным в понимании насыщения воздуха водяными парами, практически не меняется в холодное время года. Высокая относительная влажность в октябре-ноябре в Заполярье (примерно 85-90%), в декабре вся остальная территория (80-84%). Относительная влажность имеет маленькие значения в июле на севере и Заполярье (60-80%), в июне-июле к югу от северных районов (55-60%), на оставшейся части региона в мае (40-50%).

Дефицит влажности воздуха менее заметен в зимний период при низких температурах и высокой относительной влажности, средняя величина 0,1-0,2 мб на севере и 0,3-0,4 на юге. Резко заметен недостаток насыщения воздуха водяным паром в июне.

3.6 Ветер

Самые большие средние годовые скорости ветра 6-7 м/с наблюдаются в Заполярье, в степной и лесостепной области 4-5 м/с, самые маленькие в таежной полосе 2-4 м/с.

Зимой в Заполярье господствуют южные ветра, к югу от полярного круга – юго-западные и южные ветра. Скорость ветра зимой в Заполярье 6-8 м/с, в лесостепях и степях 4-6 м/с, в тайге 2-4 м/с.

В рассматриваемом районе явно преобладают муссонообразные ветра: зимой с холодного материка на океан, летом с теплого моря на сушу.

Станция Омск – АМСГ (авиационная метеорологическая станция гражданская) расположена на юге Западно-Сибирской низменности на открытом ровном месте. Суточный ход направления ветра здесь выражен очень слабо. Зимой и в переходные сезоны преобладают ветры юго-западного и западного направления, тогда как летом – северо-западного направления. На большей территории сильные ветры бывают сравнительно

редко, но они причиняют значительный материальный ущерб сельскому хозяйству. Число дней с сильными ветрами (более 15 м/сек) колеблется от 2 до 70 дней в году.

3.7 Почвы

Почвенный покров на Западно-Сибирской равнине имеет зональное распределение. Практически широтно изменяются природные зоны – тундра, лесотундра, лесная, лесостепная и степная. Внутри зон распределение почвы подчинено микрорельефу и дренированию местности. На относительно небольших территориях располагаются различные типы почв, и каждая зона имеет свой характер. Это очень хорошо прослеживается в лесостепной и степной зонах, так как в микрорельефе имеется множество плоских понижений, называемых западинами.

На севере больше всего грубых и неразвитых почв, также здесь встречаются скрыто-подзолистые и поверхностно-глеевые. Учитывая степень холода, в северных районах развита многолетняя мерзлота и постоянное переувлажнение почвы. К тому же в этом районе имеет место малое накопление торфа и скудного гумуса, которое находится только в поверхностных горизонтах.

В тундре к югу от 70° северной широты почвы торфянисто-поверхностно-глеевые, суглинистые. В сухих местах имеются подзолистые почвы. В лесотундровой зоне почвы торфяно-глеевые и подзолисто-глеевые.

Лесная зона имеет обширное распространение к югу. Север этой зоны занят почвами торфяно-болотистого типа, в южной части подзолистые почвы, которые развиваются на суглинках, и в самом южном районе зоны расположены дерново-подзолистые почвы.

В Западно-Сибирской лесостепи имеются понижения рельефа – западины, здесь распространены соланчаковые почвы и местами болотные. Южнее идет выщелачивание почвы солончаками, которые преобразуют почву в солонцы, имеющие слабую засоленность при четкой окраске почвы. В западинах находятся осолодевающие и столбчатые черноземовидные солонцы. Почвы в южной лесостепи - средние черноземы.

В степях на юге Омской области черноземные почвы. На восточных склонах Уральских гор имеется несколько природных зон, со сменой друг друга с севера на юг существует вертикальная зональность почвенного покрова. На севере Уральских гор распространены горно-тундровые почвы, с переходом их в тундровые на равнине. Горно-тундровые почвы чередуются с полями каменистых россыпей, где нет никакой растительности. В приполярном Урале глеево-подзолистые почвы тайги. Здесь пояса горно-тундровых и горно-лесных почв.

2. Общая характеристика гидрографической сети

4.1 Реки

Рассматриваемая территория входит в бассейн Карского моря и имеет большое количество рек и речек. Самыми значимыми для этого региона считаются Иртыш и его притоки Ишим, Вагай, Омь, Тара, Демьянка, Конда, притоки Оби Сев. Сосьва и Полуй, реки Обской и Тазовской губ - Надым, Пур и Таз. Здесь имеется более 70 тысяч водотоков. Малые водотоки длиной до 10 км составляют практически 90% общего количества. Рек с протяженностью более 100 км здесь 330, более 500 км всего 14, ну а 1000 км всего лишь 7.

Редкая гидрографическая сеть наблюдается в южной части и в лесостепях левобережья Иртыша. Густая сеть расположена на севере, преимущественно на возвышенностях.

Большинство рек имеют широкие долины, двусторонние поймы, извилистые русла и малые уклоны. Горные реки имеют узкие долины, изрезанные овраги, поймы узкие, русла врезанные и большие уклоны.

Река Иртыш –самый большой приток реки Оби. Начинается она в Китае и впадает в реку Обь на расстоянии 11620 км от устья. В рассматриваемом регионе протяженность Иртыша составляет 2848 км. Площадь водосбора равна 1 136 000 км². Основные притоки здесь – Омь, Тара, Ишим, Конда. До города Омск Иртыш не имеет частых делений русла на рукава, с островами и мелями. Ширина долины меняется от 5 до 19 км, а рядом с г. Омск сужается до 2 км. В пойме имеются озера и старицы в большом количестве. Русло Иртыша извилисто. Ширина меняется при движении к Омску от 200 до 900 м, глубины на плесах 3-6 м, а в маловодные годы минимум 1 м. Участок от Омска до Тобольска интересен тем, что Иртыш здесь принимает притоки: Омь, Тара, Уй, Шиш, Туй, Оша, Ишим,

Вагай, что делает реку более многоводной, меняется вид долины. Справа имеется ограничение яром 20-40 м высотой, который в некоторых участках располагается прямо у реки, в некоторых удален от нее даже на несколько километров. На востоке за бровкой коренного берега царствуют леса, местами сильно заболоченные. Слева долина переходит в равнину. Пойма у реки до 6-8 км.

Русло реки очень переменчиво. Грунт ложа – песок, местами глина, глубина на перекатах не меньше 2 м даже когда идет межень. Но есть исключения: Захламинский, Харинский, Николаевский перекаты. В маловодье глубина 1,4-1,7 м, на плесах глубины 6-15 м, а в отдельных ямках 35 м (Усть-Тамак). Ширина реки 500-1000 м, скорость течения на этом участке 0,45-1,10 м/с. Переименование в Нижний Иртыш происходит от г. Тобольска, в 6 км выше г. Тобольск в Иртыш впадает один из его крупных притоков Тобол, также здесь в Иртыш впадает Туртас, Демьянка, Носка, Алымка, Конда. Ширина Иртыша здесь составляет 600-800 м., глубина 6-10 км.

Севернее г. Тобольск течение происходит в широкой долине с увалами с двух сторон. Увалы расходятся на 10-20 км, но имеются сближения на 2-3 км. С правой стороны увал идет вплотную с рекой несколько километров. Высота увалов здесь до 60 м с явными обрывами. Увалы сползают в реку, образуя мели.

На пути Иртыша к Оби долина его становится шире (до 30-35 км) и переходит в долину Оби. Нижний Иртыш разбит на рукава с островами. В периоды весеннего половодья река часто меняет свое русло, и в пойме имеется много стариц. Из-за подобного перемещения русла Иртыш значительно разрушает правый берег. Глубина реки на плесах 8-12 м, в некоторых частях 20-25 м (45 м у Надцинских юрт). Ширина русла от 200 до 1200 м., на перекатах глубина 2,5 м. Общее падение реки от Тобола 19,1 м, уклон 0,000028, скорость течения в половодье 1 м/с, в межень 0,28-0,85 м/с.

Река Омь берет свое начало в оз. Омское, которое находится среди Васюганских болот, впадая в Иртыш на 1831-м км от устья у г. Омск. Длина реки 1091 км, площадь водосбора 52 600 км². В Омь впадают: Ича Омская, Уругманка, Узакла, Кама, Тартас. В верхнем течении долина сливается с близлежащей местностью. Трапециидальный и ассиметричный вид долина имеет в среднем и нижнем течении. Ширина ее от 0,2 км до 18 км. Долина имеет как пологие, так и обрывистые.

Пойма реки двусторонняя, изредка имеет заболоченность, внизу односторонняя наименьшая ее ширина 250 м, максимум 16,5 км. От истока на протяжении 5 км русло реки выглядит как ряд озеровидных расширений, которые соединены между собой. Чуть ниже русло становится извилистым, неразветвленным. Ширина реки меняется на верху в пределах 15-25 м, в среднем течении 150-180 м, внизу составляет около 220 м., глубина 0,2-5,5 м. скорость течения 0,1-1,0 м/с.

4.2 Питание рек

Питание рек рассматриваемого региона происходит за счет талых вод, снежного покрова, осадков и подземных вод. Основные составляющие годового стока приняты с помощью гидрографа за последние 15-20 лет. Главным источником питания является снежный покров, зимние осадки. Они составляют 40-70% всего годового стока. Дождевые воды в питании принимают очень разнообразное участие по всей рассматриваемой территории. Дождевой сток в основном преобладает на реках Сев. Сосьва и Соби. Менее значим дождевой сток для рек междуречья Ишима и Тобола (10-15%). В годовой сток он либо совсем не входит, либо составляет его малую часть. Грунтовые воды также формируют годовой сток. Например,

реки Тара и Уй имеют грунтовый сток 25-30%, реки лесотундры мало участвуют в формировании грунтового стока лишь 7-15%.

4.3 Озера

Рассматриваемая территория имеет огромное изобилие озер. Всего их более 450, но они достаточно небольшие. Средняя площадь зеркала озер составляет 1,0 км² и глубины в них 2-5 м., но имеются и большие озера. Например, рассмотрим озеро Шурышкарский Сор в районе Нижней Оби. Площадь его зеркала составляет 203 км², а озеро Большое Щучье в некоторых местах имеет глубину до 136 метров. Северная часть территории имеет огромное количество пресных озер, многие озера лесостепной и степной зоны в Ишим-Иртышском междуречье и бассейне р. Омихарактеризуются соленостью разной минерализации.

4.4 Водный режим

Водный режим в рассматриваемом регионе можно поделить на две группы:

- реки с весенним половодьем, паводки в теплое время,
- реки с весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года.

К первой относятся реки левобережья Иртыша, ко второй реки правобережья. Хотя реки и имеют разный режим питания и формирования стока, основной фазой водного режима всех рассматриваемых рек считается половодье (в это время и формируется значительная часть годового стока, максимальные расходы, и большие уровни воды).

У рек Иртыш, Ишим водный режим очень разнообразен ввиду того, что они протекают через зоны с разнообразными режимами. Иртыш на своем пути пересекает много природных зон, отсюда и разнообразие. На формирование режима Иртыша оказывает самое непосредственное влияние Бухтарминская и Усть-Каменогорская ГЭС.

В верхней горной части Иртыша возникает половодье, но это за пределами исследуемого района. Начинается оно обычно в конце мая, начале июня, заканчивается в конце июля в г. Омске, в конце августа в г. Тобольске. Продолжительность половодья составляет примерно 120 дней, объем стока - 60-70% годового.

Затем идет период межени, который длится лето и осень (приблизительно 50-70 дней). Модуль стока в межень составляет 1,0 л/сек на км². Во время межени идут паводки от одного до четырех. Однако отмечались и годы без паводков - 1943, 1946 годы. Зимняя межень устойчивая и длится 140-160 дней, модуль стока составляет 0,30-0,40 л/сек, 1 км². Усть-Каменогорская ГЭС, главным образом, контролирует режим Иртыша в зимний период.

Главная фаза водного режима реки Ишим –весеннее половодье, которое начинается в середине апреля, имея свой максимум в конце апреля-начале мая. В первой половине июля завершается половодье. Его продолжительность 80-120 дней, объем стока имеет 75-80% годового. Затем идет очередь межени, начало ее происходит в конце июля и устойчиво держится до конца октября, длительностью 90-100 дней. Средний модуль стока во время межени 0,071-0,12 л/сек на км². Дождевые паводки практически не происходят, изредка наблюдаются во время спада половодья. Зимой межень продолжается примерно 170 дней с устойчивым ледоставом. Ишим во время ледохода часто имеет крупные заторы.

4.5 Характеристики исходных данных

В приложении 1 и 2 приведены сведения об измерении расходов воды в м³/сек, отнесенные к уровню воды на данном водпосте (г. Омск- р. Иртыш), и даны гидравлические элементы этих расходов. Все расчетные уровни приведены по этому водпосту. В случаях, когда важным было указать уровень и на гидростворе, в таблице, он указан через дробь. Площадь водного сечения дана через дробь, где второе значение - сечение по уровню воды в лунках.

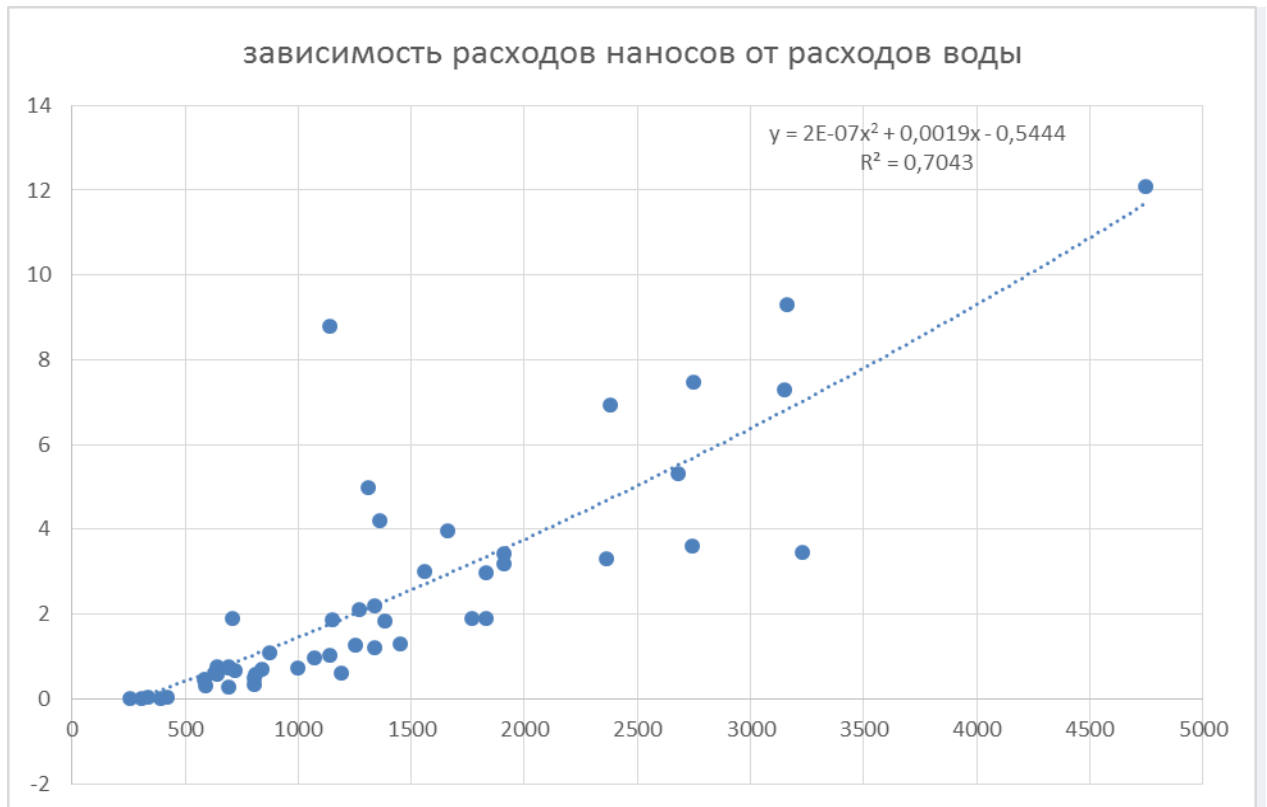
Приведены измерения расходов влекомых наносов и соответствующие им расходы воды. Расходы взвешенных и влекомых наносов по всем постам приведены в кг/сек. Расходы влекомых наносов измерены батометром Полякова и батометром «Дон». По посту р.Иртыш – г.Омск измерения проводились батометром «Дон». Период проведения измерений с 1956 г. по 1965г. Для анализа данных использованы таблицы, размещенные в приложении 1 и 2.

Крупность взвешенных наносов и донных отложений представлена в виде процентного распределения составляющих их групп частиц по шкале, принятой в Гидрометеослужбе. Фракции (частицы) выделены гранулометрическим анализом с использованием соответствующего метода. Для каждой категории наносов отдельные подграфы по фракциям: частицы, входящие во фракции крупнее 1мм и от 0,5 мм до 1 мм. Измерения проводятся: батометр-бутылка в грузе, батометр бутылка на штанге, батометр вакуумный, дночерпатель, щуп Аполлова, батометр Жуковского с дополнительным приспособлением. Цифра, стоящая после условного обозначения прибора для взятия проб взвешенных наносов, указывает его емкость в литрах, а цифра, стоящая перед обозначением прибора, указывает повторность взятия проб. Над чертой показывается количество вертикалей,

под чертой – общее количество точек в сечении, в которых брались пробы воды со взвешенными наносами на определение их крупности. «Интерг» – стоящая под чертой указывает, что пробы брались интеграционным способом по вертикали. Буква «С» свидетельствует о том, что пробы слиты вместе по всему сечению. Цифра, стоящая после обозначения прибора для взятия проб, указывает расстояние вертикалей от постоянного начала в метрах.

3. Анализ полученных данных

В работе были использованы данные по р. Иртыш - г. Омск, за 1956-1965 года. Всего проанализировано 660 данных об измерении расходов влекомых наносов. Расчет выполнялся по четырем формулам: Леви, Шамова, Ван Рейна, Гончарова. Результаты расчета приведены в таблице

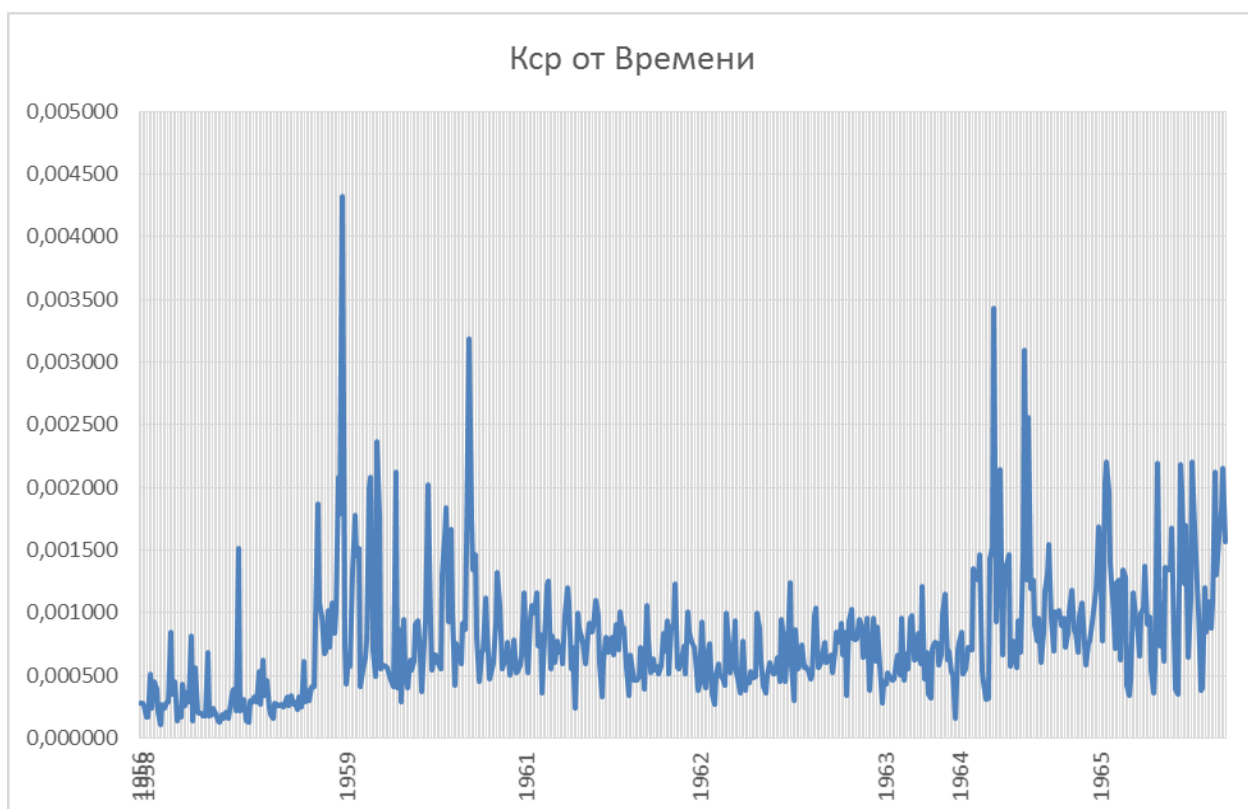


Анализ таблицы показывает, что не одна и приведенных формул не удовлетворяет практическим запросам, потому что максимальные погрешности превышают 100 %. Обращает на себя внимание факт, что разброс значений по формулам Леви и Гончарова минимальный, а это значит для этих формул существует система погрешностей, которая может быть определена дальнейшими исследованиями.

Интересные результаты получены по формуле Ван Рейна, которую активно используют за рубежом. Примерно 50% случаев погрешностей расчета по этой формуле вполне приемлемо и укладывается в 20% (график распределение...), о отдельные выбросы достигают нескольких тысяч процентов.



Мы проанализировали измерения гранулометрического состава влекаемых наносов во времени (график Кср) хронологический график хода среднего диаметра частиц по времени представлен на графике.



Из анализа графика видно, что в большинстве случаев средний диаметр наносов колеблется в пределах 0.5 - 1.5 мм, но есть выбросы многократно превышающие среднее значение, вероятно это можно объяснить движением мезоформ по руслу реки. Возможно также именно с этим связаны значительные погрешности приведенными формул.

Мы построили график зависимости расхода влекомых наносов от расхода воды приведенный на графике. Его анализ показал наличие достаточно надежной связи между этими величинами. Коэффициент корреляции между этими величинами составил 0,84.

Заключение

В ходе дипломного исследования стока влекомых наносов на р.Иртыш пост г.Омск проводился анализ статистического материала, собранного в период с 1956 по 1965г. До настоящего времени в качестве исходных данных использовались некие абстрактные величины. После предварительного анализа данных, имеющихся в библиотеке РГГМУ, объектом исследования был выбран указанный регион. Была использована информация по бассейнам рек Иртыш, Обь, Кама и др. В качестве исходных данных использовались сведения об измеренных расходах воды и гранулометрическом составе наносов.

По данным гранулометрического состава были определены характерные диаметры k_{cp} , k_5 и k_{10} . Рассчитали расходы донных наносов по формулам В.Н.Гончарова, И.И.Леви, Г.И.Шамова и Ван Рейна.

К сожалению, сравнить с натурной информацией не получается, поэтому результаты были посчитаны по отношению к формуле Гончарова. Построили в графическом виде полученные погрешности. Из анализа графика, мы установили, что преобладает почти двухкратное занижение расходов влекомых наносов по формулам Шамова, Леви и Ван Рейна. В ряде случаев отмечено завышение. К сожалению, выявить какую либо закономерность не представилось возможным. Возможно, это связано с ошибками измерений.

Про анализируя гранулометрический состав, выделили несколько рек, где происходит разброс диаметров частиц по месту взятию пробы. Выполнили анализ характера распределения нормированных средних диаметров частиц по ширине реки. Удалось выделить 2 типа рек. К 1 группе относятся реки те, в которой строжневая фракция преобладает к прибрежной. Ко 2 группе относятся реки с преобладанием прибрежной фракцией. По нашему мнению во вторую группу попали участки рек с поворотом, а, как

известно на изгибе движение наносов значительно активизируется, а именно на таких участках следует ожидать наибольшей погрешности расчетов по эмпирическим формулам. С другой стороны, одна и та же река может со временем переместиться из одной группы рек в другую. Мы связываем это с активным движением мезоформ в русле.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ресурсы поверхностных вод СССР[Текст].Алтай и Западная Сибирь.Т.15/Под ред. канд. техн. наук В.Е.Водогрещкого.– Л.:Гидрометиздат,1973.–422 с.

2

1

2 Барышников,Н.Б. Русловые процессы[Текст]/ Н.Б.Барышников, Д.И. Исаев.–СПб.:Изд. РГГМУ,2014.–503 с.

3 Гидрологический ежегодник[Текст].Бассейн Карского моря (западная часть).Т.6,вып.4 – 9,1956/Под ред. О.А.Кулик.– Л.:Гидрометиздат,1960.–336 с.

4 Гидрологический ежегодник[Текст]. Бассейн Карского моря (западная часть).Т.6,вып.4-9, 1957/Под ред. О.А.Кулик.– Л.:Гидрометиздат,1962.–502 с.

5 Гидрологический ежегодник[Текст]. Бассейн Карского моря (западная часть).Т.6,вып.4-9, 1958/Под ред. О.А.Кулик.–Л.: Гидрометиздат,1962.–472 с.

6 Гидрологический ежегодник[Текст]. Бассейн Карского моря (западная часть).Т.6,вып.4-9, 1959/Под ред. О.А.Кулик.–Л.:Гидрометиздат,1963. –374 с.

7 Гидрологический ежегодник[Текст]. Бассейн Карского моря (западная часть).Т.6,вып.4-9, 1961/Под ред. В.С.Померанцева– Л.:Гидрометиздат,1964. –423 с.

8 Гидрологический ежегодник[Текст]. Бассейн Карского моря (западная часть).Т.6,вып.4-9, 1962/Под ред. В.С.Померанцева– Л.:Гидрометиздат,1965. –496 с.

- 9 Гидрологический ежегодник[Текст]. Бассейн Карского моря (западная часть). Т.6, вып.4-9, 1963/Под ред. В.С.Померанцева.– Л.:Гидрометиздат,1965. –486 с.
Гидрологический ежегодник
- 10 Барышников, Н.Б. Руководство к лабораторным работам по динамике русловых потоков и русловым процессам [Текст]/ Н.Б.Барышников.– Л.:Гидрометиздат,1991.–223 с.
- 11 ГОСТ 7.1–2003[Текст]. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.–М.:Изд. стандартов,2004.–166 с.
- 12 ГОСТ 7.82–2001[Текст]. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления.–Минск:Изд. стандартов,2001. –23 с.
- 13 ГОСТ 7.83–2001[Текст]. Электронные издания. Основные виды и выходные сведения.–Минск:Изд. стандартов,2001. –15 с.