ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»

СТАНДАРТ ПРЕДПРИЯТИЯ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

СТП ВНИИГ 210. 01.НТ*-2010

Санкт-Петербург
2010

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»

Е.Н.Белландир

20 декабря 2010 г.

СТАНДАРТ ПРЕДПРИЯТИЯ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

СТП ВНИИГ 210. 01.НТ*-2010

Срок действия стандарта – 31 декабря 2015 г.

ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»

Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий / Под ред. *Сольского С.В.* СПб.: ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». 2010.

Настоящая Методика разработана в ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» на основе обобщения модифицированных методов расчета гидрологических характеристик естественных ландшафтов и урбанизированных территорий и их адаптации к расчетам гидрологических характеристик сложных композиций стокоформирующих комплексов, свойственных техногенно-нагруженным территориям.

Методика позволяет получать гидрологические характеристики, необходимые для обоснования схем водообустройства, расчетов параметров водопроводящей и водорегулирующей сети, проведения воднобалансовых расчетов, расчетов качества стока, получения исходных данных для фильтрационных расчетов и др.

Методика используется для расчетов на территориях, где рельеф, виды покрытий (в том числе растительный покров), экспозиции поверхностей, естественная и искусственная канализованность и др. в ряде случаев сформированы под воздействием многовековой антропогенной деятельности и обладают одновременно как чертами природных ландшафтов, так и урбанизированных территорий.

Методика предназначена для специалистов, занимающихся вопросами обоснования, проектирования и эксплуатации систем инженерно-экологического обустройства территорий, подвергающихся воздействию экологически опасных видов загрязнений, в том числе мест временного и постоянного размещения отходов производства и потребления.

Рецензенты:

Марков М.Л. – канд. геогр. наук, зав. отделом экспериментальных гидрологических исследований и математического моделирования гидрологических процессов,
ГУ «Государственный гидрологический институт»;

Сикан А.В. – канд. геогр. наук, доцент кафедры гидрологии суши
Российский государственный гидрометеорологический университет

© ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2010.

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий» (ТНТ) предназначена для расчета гидрологических характеристик этих территорий-- территорий, подвергшихся существенному антропогенному воздействию, приведшему к значительным изменениям естественного ландшафта и, как правило, к негативному влиянию на элементы окружающей природной среды. Эти изменения, с одной стороны, приводят к приданию естественным ландшафтам азональных черт, а с другой стороны, делают эти территории урбанизированными, то есть со значительной частью площадей с искусственными покрытиями, сильно канализованными, с полностью или частично организованным поверхностным и подземным стоком.

Техногенно-нагруженные территории в целом не имеют ярко выраженных черт ни естественных ландшафтов (в том числе азональных), ни урбанизированных территорий, представляя собой их мозаику, тем не менее, объединенную в систему конкретных водосборов. Эта система обуславливает сложное сочетание комплекса природных, административных, производственных, социальных и других факторов, под воздействием которых формируются границы водосборов, водоразделы и тальвеги, соотношение поверхностного, подземного, дренажного стоков и инфильтрационной составляющей стока, качество стока, определяются положения расчетных створов. Все эти факторы оказывают непосредственное влияние на условия формирования и трансформации поверхностного и подземного стоков.

С учетом изложенного понятна необходимость получения достоверных результатов расчета гидрологических характеристик таких территорий, от которых зависят параметры водопропускных и водорегулирующих сооружений, очистных сооружений, размеры платежей за водопользование и сбросы, размеры платежей энергетикам и водоканалу и др.

Настоящая Методика является вторым, исправленным изданием «Методики расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий» (СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05. СПб: ОАО ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2005 г.)

В первом издании Методики на основе обобщения были адаптированы ранее разработанные многочисленные аналитические и эмпирические модифицированные методы расчета гидрологических характеристик естественных ландшафтов и урбанизированных территорий к расчету гидрологических характеристик сложных композиций стокоформирующих комплексов, свойственных техногенно-нагруженным территориям. Настоящая Методика позволяет для выделенных в пределах определенной водосборной площади ряда типовых стокоформирующих комплексов рассчитать гидрологические характеристики, получить обобщенные гидрологические характеристики для каждого заданного расчетного створа, а соответственно, и для конкретной площади и конкретной территории в пределах выделенных границ.

В Методике приведены примеры расчета стока для некоторых техногенно-нагруженных территорий с существенно отличающимися друг от друга параметрами, влияющими на гидрологические характеристики, содержится ряд справочных данных, достаточных для расчета большинства гидрологических характеристик для объектов, расположенных на территории Российской Федерации.

В результате расчетов по предложенной Методике можно получить: гидрологические характеристики годового стока; гидрологические характеристики внутригодового стока; характеристики максимального стока.

Методика может быть использована для расчетов гидрологических характеристик промышленных площадок комплексного назначения, зон жилой застройки, мест временного и постоянного размещения отходов производства и потребления.

Методика апробирована с 1995 г. на ряде объектов, обладающих всеми чертами техногенно-нагруженных территорий – полигонах промышленных токсичных отходов, площадках размещения радиоактивных отходов, полигонах твердых бытовых отходов, накопителях осадков сточных вод, золошлакоотвалах тепловых электростанций, хвостохранилищах и шламонакопителях, на территориях, загрязненных токсичными веществами, вовлекаемых во вторичный оборот, на промплощадках энергетических объектов и объектов размещения сельскохозяйственных отходов и др.

Методика широко использовалась как в производственном процессе в лаборатории фильтрационных исследований им. академика Н.Н. Павловского (ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»), так и в учебном – на кафедре «Водохозяйственное и ландшафтное строительство» инженерно-строительного факультета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета и на кафедре «Гидротехнических сооружений, конструкций и гидравлики» Санкт-Петербургского государственного универ-

ситета водных коммуникаций. На базе расчетов, полученных по настоящей Методике, реализовано строительством несколько проектов, включая как объекты муниципального назначения (несколько полигонов твердых бытовых отходов), так и объекты газовой промышленности и военно-промышленного комплекса.

В процессе применения Методики (1-е издание) были учтены поступившие замечания и пожелания. В результате дальнейших изысканий и практического использования Методики были откорректированы значения и установлены пределы изменений коэффициентов поверхностного стока для некоторых видов поверхностей техногенно-нагруженных территорий. Методика стала более простой и удобной в применении.

Настоящая Методика (2-е издание) предназначена для широкого круга специалистов, использующих в практической деятельности аппарат расчета гидрологических характеристик применительно к техногенно-нагруженным территориям; студентов и аспирантов соответствующих специальностей, научных работников, проектировщиков; специалистов природоохранных предприятий; экологов; специалистов надзорных органов и органов исполнительной власти, участвующих в разработке и реализации комплексов мероприятий по водообустройству техногенно-нагруженных территорий и в управлении качеством стока с этих территорий.

Предложения, отзывы и замечания направлять по адресу:
195220, Санкт-Петербург, Гжатская ул., 21,
ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева».
Контактный телефон: (812) 493-93-47. Факс: (812) 493-93-22
E-mail: solskiysv@vniig.ru

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Назначение Методики

Настоящая Методика предназначена для расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий (ТНТ) – территорий подвергшихся существенному антропогенному воздействию, которое привело к значительным изменениям естественного ландшафта и, как правило, к негативному влиянию на элементы окружающей природной среды.

В результате расчетов по предложенной Методике для объектов, расположенных на территории Российской Федерации, можно получить:

гидрологические характеристики годового стока;

гидрологические характеристики внутригодового стока;

гидрологические характеристики максимального стока.

1.2. Область применения

Методика может быть использована для расчета гидрологических характеристик территорий, обладающих чертами как естественных ландшафтов, нарушенных ландшафтов, так и урбанизированных территорий.

Для естественных ландшафтов учитываются: лесистость, озерность, заболоченность территории, вид растительного покрова, уклоны поверхности и их экспозиции, гидрогеологические условия территории, вид грунтов, слагающих толщу зоны аэрации, ветровой перенос снега и другие природно-климатические характеристики местности.

Для нарушенных ландшафтов (кроме параметров, характеризующих естественные ландшафты) могут учитываться: площадь, вид и характер искусственно обрабатываемых поверхностей (пашня, луг и др.); характеристики открытых выработок (карьеров) – площадь, форма, глубина, ориентация относительно сторон света, крутизна откосов, виды поверхностей и др.; характеристики искусственных насыпей (отвалы, терриконы, дорожные насыпи, дамбы обвалования и др.) – площадь, форма, размеры, крутизна откосов, ориентация относительно сторон света. Так же могут быть учтены дренированность и канализованность территории с учетом гидравлических характеристик проводящей сети и др.

Для урбанизированных территорий учитываются: вид, тип и характер застройки; вид и тип поверхностей, характерных для техногенно освоенных территорий (кровли и асфальтобетонные покрытия дорог; откосы дна и бортов каналов; щебеночные или гравийные дороги; дороги с грунтовым покрытием; спланированные уплотненные поверхности; газоны; неспланированные неуплотненные отвалы; откосы насыпей, отвалов, дамб; площади, покрытые лугами, кустарниками, лесом с нарушенной и ненарушенной естественной поверхностью; обвалованные бессточные территории; акватории отстойников; водотоки – кюветы, канавы, каналы – и другие виды поверхностей). Кроме дренированности и канализованности территории учитываются также положительные техногенные элементы водного баланса территории: поливы газонов и зеленых зон, мойка территории, утечки из водотранспортирующих коммуникаций (водопровод, водопровод системы пожаротушения, теплотрассы, паропроводы, ливневая, общесплавная, фекальная, хозяйственно-бытовая и специальные канализации; дренажи и дренажные коллекторы; подземные емкости) и т.д., кроме того, помимо ветрового переноса снега учитывается его уборка и вывоз с территории, а также организация снежных свалок при завозе снега и др.

Таким образом, при применении Методики может быть учтено все многообразие условий, влияющих на формирование и трансформацию поверхностного стока в широком диапазоне – от условий, характерных для естественных ландшафтов (в том числе азональных), до условий крайне техногенно-насыщенных урбанизированных территорий.

Особенность Методики в возможности ее использования для прогнозирования изменений гидрологических характеристик под воздействием факторов, изменяющих характеристики территории.

Методика рекомендуется для определения гидрологических характеристик территорий в диапазоне от крайне малых водосборов (единичных площадок от 100 м^2) до малых водосборов (в пределах крупных промышленных зон площадью до 10 км^2); в случае необходимости детальной проработки вопросов формирования и трансформации поверхностного и подземного стоков для конкретных площадок с целью его регулирования, а также при решении таких задач как: водообустройство территории; организация поверхностного и подземного стоков; расчет расходов и объемов ливневого стока; прогноз гидрологических характеристик в случае реализации намечаемой деятельности; анализ условий формирования качества стока как на всей водосборной площади ТНТ, так и на отдельных стокоформирующих комплексах; разработка проектов рекультивации нарушенных земель; построения гидрогеодинамических моделей ТНТ и широкого круга задач, в которых в качестве исходных данных используются расчетные гидрологические характеристики.

Методика так же может использоваться для расчетов гидрологических характеристик малых водосборов естественных ландшафтов, на территории которых намечается хозяйственная деятельность, ведущая к нарушению их гидрологического режима; малых водосборов нарушенных ландшафтов при планировании дальнейших воздействий – будь то увеличение техногенной нагрузки либо мероприятия по их рекультивации; техногенно-нагруженных территорий – населенных пунктов, территорий промышленных и сельскохозяйственных предприятий и др. В особую группу ТНТ следует выделить места постоянного или временного размещения отходов производства и потребления, такие как: полигоны по обезвреживанию и захоронению промышленных и бытовых отходов; санкционированные свалки; шламонакопители, хвостохранилища; отвалы, терриконы, шлакозолоотвалы и т.п.; котлованы, карьеры; могильники отходов; места размещения на длительный срок на территориях предприятий; временное накопление на промплощадках; несанкционированные места размещения отходов, специальные места размещения радиоактивных отходов; скотомогильники; кладбища; склады просроченных и непригодных к использованию лекарственных препаратов и пестицидов; интенсивно загрязненные территории; снежные свалки; территории вдоль крупных автомагистралей, подверженных аэротехнической эмиссии на поверхность (в том числе на акватории), а также для различных природно-технических систем, для которых актуальна проблема получения расчетных гидрологических характеристик, в том числе в связи с решением задачи управления качеством стока.

1.3. Нормативные ссылки

Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоиздат. 1989.

Методика расчета объемов организованного и неорганизованного дождевого и талого стока в системы коммунальной канализации. СПб.: Экология и право. 2000.

Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоиздат. 1984.

СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения.

СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М.: Госстрой России. 2004.

1.4. Термины и определения

Биологический коэффициент испаряемости – коэффициент, полученный эмпирически по соотношению измеренной для конкретных культур испаряемости и дефицита влажности воздуха.

Весенниее половодье – фаза водного режима водотока, характеризующаяся наибольшей в году водностью и длительным подъемом уровня, вызываемыми весенним снеготаянием.

Влажность завядания (влажность устойчивого завядания растений) – влажность почвы, при которой проявляются первые признаки увядания растений с хорошо развитой корневой системой, не исчезающие при помещении растений на 12 ч в атмосферу, насыщенную водяным паром.

Водосбор – выделенная на территории часть земной поверхности, включая толщу почво-грунтов, откуда происходит сток вод в отдельный водоток.

Водоаккумулирующая емкость почвы – способность слоя почвы вместить (накопить) определенное количество влаги. Выражается разностью между полной влагоемкостью почвы и запасом влаги в почве в данный момент времени; обусловлена водоудерживающей способностью почвы, вызываемой силами взаимодействия между молекулами воды и почвы.

Водоток – водный объект (в местах размещения отходов – канал, канава и т.д.), характеризующийся движением воды.

Время добегания – время, за которое массы воды с разноудаленных частей бассейна достигают замыкающего створа.

Гидравлический радиус – отношение площади поперечного сечения потока к смоченному периметру русла.

Дождевой паводок – быстрый, сравнительно кратковременный подъем уровня воды в каком-либо фиксированном створе водотока, завершающийся столь же быстрым спадом и, в отличие от половодья, возникающий нерегулярно.

Испаряемость – максимально возможное испарение при данных метеорологических условиях с достаточно увлажненной подстилающей поверхности (при сколь угодно большой скорости подвода воды к испаряющей поверхности).

Коэффициент поверхностного стока – отношение величины поверхностного стока к величине выпавших на площадь водосбора осадков, обусловивших возникновение этой порции стока.

Коэффициент стока – отношение величины стока (суммарного, поверхностного и подземного) к величине выпавших на площадь водосбора осадков, обусловивших возникновение этой порции стока.

Коэффициент Шези – коэффициент, учитывающий влияние шероховатости русла и его геометрические размеры на скорость течения.

Критическая влажность грунта – критическое значение продуктивной влажности почвы, при котором и выше которого испарение равно испаряемости.

Ландшафт естественный (природный) – территориальная система, состоящая из взаимодействующих природных компонентов и формирующаяся или сформировавшаяся под влиянием природных процессов.

Ландшафт нарушенный – ландшафт, испытавший или испытывающий антропогенные воздействия, приводящие к критическому (неустойчивому) состоянию, при котором последующее изменение при продолжении воздействия может привести к смене структуры или прекращению выполнения ландшафтом социально-экономических функций

Ливневой сток – сток, возникающий в результате выпадения интенсивных дождей (ливней).

Максимальная интенсивность снеготаяния – максимальное количество воды (в *мм* слоя), образующейся в процессе таяния снега в единицу времени.

Места размещения отходов (объекты размещения отходов) – территории, специально отведенные для размещения отходов производства и потребления (полигоны захоронения промышленных токсичных и твердых бытовых отходов, хвостохранилища, шламонакопители, отстойники сточных вод, хранилища радиоактивных отходов и др), а также химически загрязненные территории промышленных зон, территории со стихийно возникшими свалками промышленных и бытовых отходов.

Наименьшая продуктивная (полевая) влагоемкость (НВ) – наибольшее количество подвешенной воды, которое (независимо от механизма удержания влаги) может содержаться в верхней части толщи почвы (грунта) после свободного стекания воды, при глубоком залегании грунтовых вод.

Начальная водоаккумулирующая емкость грунтов – водоаккумулирующая емкость грунтов на момент начала расчетов.

Отходы производства и потребления – отходы промышленного производства и твердые бытовые отходы.

Поверхностный сток – весь сток вод, попадающий в русло водотока поверхностным путем (без просачивания в почво-грунты).

Подземный сток (в местах размещения отходов) – перемещение воды в толще отходов и почво-грунтов под действием гидравлического уклона или пьезометрического напора от области питания к области разгрузки.

Продуктивные запасы влаги (продуктивная влажность) в метровом слое грунта – разность между наименьшей полевой влагоемкостью НВ и влажностью завядания ВЗ.

Снегозапасы (запас воды в снежном покрове) – общее количество воды в твердом и жидком виде, содержащееся в рассматриваемый момент времени в снежном покрове.

Склоновый сток – сток воды, формирующийся в пределах склона.

Слой осадков – количество осадков, выпадающих в виде отдельного дождя или за какой-либо период времени, выраженное в виде слоя (в мм), равномерно распределенного по площади.

Слой стока (поверхностного, грунтового, весеннего, дождевого, ливневого) – суммарное количество воды, стекающей с водосбора за какой-либо промежуток времени, выраженное в виде слоя (в мм), равномерно распределенного по площади.

Стокоформирующие комплексы (СФК) – виды поверхностей, выделяемые на основе сходства условий формирования поверхностного и подземного стоков.

Техногенно-нагруженные территории (ТНТ) – территории, подвергшиеся существенному антропогенному воздействию, которое привело к значительным изменениям естественного ландшафта и, как правило, к негативному влиянию на элементы окружающей среды.

Твердые бытовые отходы (ТБО) – отходы хозяйственной деятельности населения: от приготовления пищи, уборки, текущего ремонта квартир и др., включая отходы отопительных устройств местного отопления, крупногабаритные предметы домашнего обихода, упаковки, мусор с дворовых территорий, отходы ухода за зелеными насаждениями и т. д.

Урбанизированные территории – территории, на которых созданы искусственные слабопроницаемые и относительно непроницаемые поверхности.

Фильтрат – жидкость (вода), образующаяся при фильтрации поверхностных (подземных) вод сквозь массы загрязненного грунта (отходов) и, как правило, не соответствующая показателям вредности по химическому, токсикологическому и санитарно-гигиеническому составу.

1.5. Принятые условные обозначения

$Y_{пов}$ – слой годового поверхностного стока (средний многолетний или заданной обеспеченности), мм;

$\alpha_{ср}$ – среднее значение коэффициента годового поверхностного стока с водосбора внутри территории объекта или со всего объекта;

P – сумма осадков за год, месяц или за выделенный период (средняя многолетняя или заданной обеспеченности), мм;

α_1, α_2,... α_n – коэффициенты годового поверхностного стока с различных видов поверхностей техногенно-нагруженной территории;

f_1, f_2,...f_n – площади различных видов поверхностей (стокоформирующих комплексов) рассматриваемой территории, км^2 (га);

F – общая площадь выделенного внутреннего водосбора или всей ТНТ, км^2 (га);

$Y_л$ – слой летнее-осеннего поверхностного стока, мм;

$\alpha_{ср.л}$ – среднее значение коэффициента летнее-осеннего поверхностного стока с водосбора внутри территории объекта или со всего объекта;

$P_л$ – сумма осадков за летнее-осенний период, мм;

$\alpha_{1л}$, $\alpha_{2л}$,... $\alpha_{nл}$ – коэффициенты летнее-осеннего поверхностного стока с различных видов поверхностей техногенно-нагруженной территории;

$Y_{пов.ф}$ – поверхностный сток в местах размещения отходов в результате поднятия уровня фильтрата до поверхности отходов, мм;

$P_{рп}$ – атмосферные осадки, выпавшие за расчетный период, мм;

$E_{рп}$ – суммарное испарение за расчетный период, мм;

μ – коэффициент водоотдачи;

$H_н$ – уровень подземных вод на начало выпадения дождя, м;

$\Delta M_г$ – начальная водоаккумулирующая емкость грунтов, мм;

$\Delta M_п$ – водоаккумулирующая емкость поверхности в зависимости от ее состояния, мм;

Y – слой стока (суммарного – поверхностного и подземного), (средний многолетний или заданной обеспеченности), мм;

K_x – коэффициент перехода от средних многолетних годовых величин осадков к осадкам различной обеспеченности для территории Российской Федерации;

E – испарение за год, месяц или за выделенный период (среднее многолетнее или заданной обеспеченности), мм;

ΔS – изменение снегозапасов за счет ветрового переноса снега с территории и на территорию объекта (при наличии снежного покрова) или завезенного (вывезенного) извне, мм;

E_0 – испаряемость, мм;

$M_к$ – величина критической влажности метрового слоя почвы, мм;

M_1, M_2 – продуктивные влагозапасы почвы, соответственно, на начало и конец месяца, мм;

$\sum d$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха (по данным наблюдений на ближайших метеостанциях) за расчетный период, мб;

K – биологический коэффициент испаряемости;

K' – биологический коэффициент испаряемости для Северо-Запада России;

$d_{ср}$ – среднесуточный дефицит влажности воздуха за n суток, мб;

$M_п$ – наименьшая продуктивная влагоемкость, мм;

$E_{0\,ВП}$ – средняя многолетняя испаряемость для различных видов поверхностей (стокоформирующих комплексов) техногенно-нагруженной территории, мм;

$K_{ВП}$ – поправочный коэффициент к средней многолетней испаряемости, принятой по данным ближайшей метеорологической станции;

E_1, E_2,... E_n – испарение с отдельных видов поверхностей техногенно-нагруженной территории;

K_E – коэффициент перехода от средней многолетней годовой испаряемости с ТНТ к испаряемости различной вероятности превышения;

P_x – сумма осадков за холодный период, мм;

E_x – испарение за холодный период года, мм;

$K_{сн}$ – коэффициент, учитывающий ветровой перенос снега с территории или на территорию объекта, в зависимости от его конструкции (террикон, котлован и др.), а также от метелеобразности зимы;

A_i – запас воды в снеге (снегозапасы) i-го месяца, мм;

P_i – месячная сумма осадков, мм;

$E_{0\,i}$ – месячная сумма испаряемости, мм;

W – объем годового (внутригодового) стока, тыс.м^3;

$Y_в$ – средний слой весеннего половодья, мм;

$Y_{0\,в}$ – средний многолетний слой весеннего половодья (без срезки грунтового питания), мм;

δ_Y – поправочный коэффициент к среднему слою стока (объему) весеннего половодья, учитывающий влияние урбанизированной территории;

$f_{ут\%}$ – площадь урбанизированной территории в процентах от общей площади водосбора;

$Y_{в.пов}$ – слой поверхностного стока весеннего половодья, мм;

$\alpha_{ср.в}$ – среднее значение коэффициента весеннего поверхностного стока с водосбора на техногенно-нагруженной территории или со всей территории в целом;

$\alpha_{1в}$, $\alpha_{2в}$,... $\alpha_{nв}$ – средние коэффициенты поверхностного весеннего стока с различных видов поверхностей (стокоформирующих комплексов) территории;

$W_в$ – объем весеннего половодья для всей техногенно-нагруженной территории или внутреннего водосбора, тыс. м^3;

$Q_{max\,в\,\%}$ – максимальный расход весеннего половодья заданной вероятности превышения $P\%$ в замыкающем створе внутреннего водосбора, м^3/с;

$q_{max\,в\,\%}$ – максимальный модуль стока весеннего половодья с единичной площади вероятности превышения $P\%$, м^3/с;

$k_р$ – коэффициент размерности (для часовой единицы времени добегания равный 0,28);

$A_{max\,с\,\%}$ – максимальная интенсивность снеготаяния вероятности превышения $P\%$, мм/ч;

$\delta_{УТ}$ – коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода весеннего половодья в результате большого разнообразия стокоформирующих поверхностей техногенно-нагруженной территории;

$\tau_в$ – время добегания максимального расхода воды весеннего половодья до замыкающего створа, ч;

$\tau_р$ – время добегания по руслу, ч;

$L_р$ – длина русла, м;

$V_р$ – скорость потока в русле, м/ч;

C – коэффициент Шези;

R – гидравлический радиус, м;

i – уклон дна водотока;

$\tau_{ск}$ – время добегания по склонам, ч;

$L_{ск}$ – наибольшая средняя длина склона, м;

$V_{ск}$ – скорость добегания по склонам;

$Q_{д\,\%}$ – максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков, м^3/с;

$q'_{1\%}$ – относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятностью превышения 1%;

$\Phi_р$ – гидроморфометрическая характеристика русла;

$H_{1\%}$ – максимальный суточный слой осадков вероятностью превышения 1%, мм; определяется по данным ближайших метеорологических станций;

δ – коэффициент, учитывающий влияние озерности на водосборе;

λ_p – коэффициент перехода от максимальных мгновенных расходов воды ежегодной вероятностью превышения 1% к максимальным расходам воды с другой вероятностью превышения;

$\alpha_{ср.л}$ – сборный коэффициент ливневого стока техногенно-нагруженной территории или выделенного на ней водосбора;

$\alpha_{лс\ 1}$, $\alpha_{лс\ 2}$,... $\alpha_{лс\ n}$ – коэффициенты ливневого стока с различных видов поверхностей техногенно-нагруженной территории.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

2.1. Исходные данные

Для проведения комплекса расчетов по настоящей Методике необходимы две группы исходных данных. Первая – данные о природно-климатических характеристиках территории, определяющие естественные факторы и условия формирования и трансформации поверхностного и подземного стоков, вторая – данные о характеристиках рассматриваемой техногенно-нагруженной территории, влияющих на значения гидрологических характеристик.

2.1.1. Природно-климатические характеристики. Природно-климатические характеристики местности требуются, как правило, в объеме не превышающем стандартных требований к виду, составу и характеру комплекса инженерных изысканий в строительстве, таких как топографические, гидрометеорологические, инженерно-гидрологические, инженерно-геологические, инженерно-гидрогеологические, инженерно-экологические. Некоторые природно-климатические характеристики, мало изменяющиеся во времени, могут приниматься по фондовым данным и, в первую очередь, по предшествующим проектам объектов, попадающим в границы ТНТ. Как правило, после сбора первичной информации и рекогносцировочного обследования территории принимается решение о достаточности имеющихся данных и необходимых объемах дополнительных изысканий.

2.1.2. Характеристики техногенно-нагруженной территории. Характеристики ТНТ принимаются, в первую очередь, на основании имеющихся проектов и исполнительной документации по объектам, попадающим в границы ТНТ. Требуются генеральные планы площадок и экспликации территории, сводные планы инженерных сетей, основные разрезы по зданиям и сооружениям, планы землеотвода, схемы водоохранных зон. После сбора первичной информации проводится специализированное обследование территории для уточнения типовых признаков СФК, после чего принимается решение о достаточности имеющихся данных по характеристикам ТНТ и необходимости проведения дополнительных изысканий.

2.2. Порядок выполнения расчетов

2.2.1. Установление границ техногенно-нагруженной территории. Границы ТНТ устанавливаются по следующей совокупности данных:

границы промышленной или селитебной территории в пределах границ их землеотвода по генеральному плану;

границы санитарно-защитных зон отдельных производственных объектов, в том числе поверхностных и подземных водозаборов и мест размещения отходов;

границы водоохранных зон водных объектов – рек, берегов озер и водохранилищ, обособленных водных объектов и др;

границы естественных и искусственных водосборов с учетом существующей и проектируемой гидрографической сети;

границы водосборов районов канализационных сетей и точки подключения к ним;

установленные точки сбросов в водные объекты.

По этим данным предварительно оценивается характер техногенного воздействия на условия формирования и трансформации поверхностного стока на ТНТ и на схему наносятся контуры обобщающей границы, поглощающие площади, образованные приведенными выше границами. Если границы решаемой в каком-либо конкретном случае задачи выходят за пределы такой обобщающей границы ТНТ, она соответствующим образом корректируется.

2.2.2. Анализ условий формирования и трансформации стока. Анализ природно-климатических условий выполняется для оценки естественных метеорологических, инженерно-гидрологичских, инженерно-геологических, почвенных условий территории, особенностей рельефа местности и характера растительного покрова, других природных особенностей местности в формировании зональных характеристик поверхностного стока. На этой стадии выделяются основные природные факторы, оказываю-

щие решающее влияние на режим стока и его количественные параметры. Также устанавливаются количественные значения параметров природно-климатических условий, необходимых при дальнейших расчетах.

Анализ характеристик ТНТ выполняется для оценки возможного воздействия техногенных нагрузок на исходные природно-климатические условия территории, способного повлиять на количественные и качественные характеристики стока. Оцениваются и уточняются параметры новых элементов рельефа местности и соответствующие изменения границ внутренних водосборов, соответственно оцениваются изменения естественных гидрологических характеристик территории, гидрографической сети, канализованности территории, видов поверхностей, уточняются гидравлические характеристики проводящей сети. Анализируется схема инженерных водотранспортирующих коммуникаций и уточняется их конструкция и расчетные значения утечек из линейных объектов; уточняется местоположение площадных и сосредоточенных источников техногенной инфильтрации и водовыпусков, количественные значения интенсивности инфильтрации и ее режим.

Прорабатывается схема формирования качества стока, определяются источники потенциального загрязнения поверхностных вод, характер загрязнения, возможности управления качеством стока – локализация, разбавление, направление на очистные сооружения и др.

Определяются количественные значения всех параметров, характеризующих элементы ТНТ, используемые в расчетах характеристик поверхностного стока.

2.2.3. Назначение перечня расчетных характеристик. Перечень расчетных гидрологических характеристик поверхностного стока и их обеспеченности назначаются в соответствии с проектным заданием, а также в соответствии с нормами Российской Федерации, исходя из уровня ответственности техногенно-нагруженной территории, а также в соответствии с задачами, поставленными при решении конкретных проблем для ТНТ.

2.2.4. Декомпозиция техногенно-нагруженной территории на стокоформирующие комплексы. На схеме ТНТ, в пределах ее обобщенных границ, на основе предварительных данных уточняются условия формирования стока на территории. Выделяются однородные по условиям формирования стока площадки, определяются границы элементарных водосборов. По этим данным назначаются границы стокоформирующих комплексов, составляется их реестр с соответствующей нумерацией и таблицы конкретных параметров СФК (площади, виды поверхностей и т. п.). На декомпозиционную схему наносится схема склонового стока, микроручейковой и ручейковой сети, гидрографическая сеть более высоких поряд-

ков, после соответствующей нумерации уточняются гидравлические характеристики проводящей сети и оформляются в табличной форме.

2.2.5. Назначение расчетных створов. В зависимости от поставленных задач, на основе комплексного анализа исходных данных, условий формирования стока, системы расположения СФК и внутренних водосборов на ТНТ, схемы гидрографической сети, точек сосредоточенных сбросов, местоположения контрольных створов на водоприемниках назначаются расчетные створы. Как правило, их местоположение приурочено к системе замыкающих створов внутренних водосборов ТНТ, точкам подключения к открытым или закрытым сетям канализации, точкам сосредоточенных сбросов и контрольным створам.

2.2.6. Расчеты характеристик стока с ТНТ. Расчеты характеристик стока выполняются для каждого стокоформирующего комплекса в соответствии с пп. 3 – 5 настоящей Методики. Затем проводится расчет гидрологических характеристик внутренних водосборов различных порядков с учетом русловой трансформации стока.

Следует отметить, что результаты расчетов должны подвергаться экспертной оценке или сопоставлению с аналогами. При значительных расхождениях необходимы корректировка и дополнительная проверка исходных данных, так как результаты расчетов по Методике в значительной степени зависят от исходных данных.

2.2.7. Требования к оформлению результатов расчетов. Результаты расчетов должны быть обоснованы и оформлены таким образом, чтобы выполненные оценки, расчеты и выводы могли быть использованы как в виде самостоятельной работы, так и служить исходными данными для дальнейших исследований.

Состав и объем документации, фиксирующей результаты расчетов, определяется целями и задачами выполняемых исследований.

3. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОДОВОГО СТОКА

3.1. Средний многолетний слой годового поверхностного стока

Средний многолетний слой годового поверхностного стока с водосбора внутри территории объекта или со всего объекта определяется по формуле

$$Y_{\text{пов}} = \alpha_{\text{ср}} P, \qquad (1)$$

где $\alpha_{ср}$ – среднее значение коэффициента годового поверхностного стока с водосбора на ТНТ; P – средняя многолетняя годовая сумма осадков, мм, которая определяется по данным наблюдений на ближайших метеостанциях (с введением поправок на смачивание, выдувание и др.) или по карте (Приложение 2, рис. П2.1).

Среднее значение коэффициента годового поверхностного стока с водосбора внутри территории объекта или со всего объекта $\alpha_{ср}$ рассчитывается по формуле, приведенной в работах [4, 12],

$$\alpha_{ср} = (\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2 + ... + \alpha_n f_n)\frac{1}{F}, \quad (2)$$

где α_1, α_2,... α_n – коэффициенты годового поверхностного стока с различных видов поверхностей территории (выбираются из табл.1); f_1, f_2, ...f_n – площади различных видов поверхностей (стокоформирующих комплексов) рассматриваемой территории, км^2 (га), которые определяются по плану местности масштабом от 1:500 до 1: 5 000; F – общая площадь выделенного внутреннего водосбора или всей ТНТ, км^2 (га).

Для отдельных площадей и стокоформирующих комплексов, представляющих собой естественные, еще не измененные поверхности, или поверхностей, близких по формированию поверхностного стока к естественным, коэффициенты годового поверхностного стока принимаются по аналогии с естественными ландшафтами соответствующей природной зоны или соответствующего речного бассейна (табл. 2) [3].

Коэффициенты поверхностного стока для лесной зоны Европейской территории Российской Федерации [5] в зависимости от процента урбанизированных территорий для всей рассматриваемой территории или для выделенного внутри нее водосбора определяются по графику (рисунок).

3.2. Годовой слой поверхностного стока заданной обеспеченности

Годовой слой поверхностного стока заданной обеспеченности рассчитывается аналогично годовому среднемноголетнему стоку по формуле

$$Y_{пов\%} = \alpha_{ср} P_{\%}, \quad (3)$$

где $P_{\%}$ – годовая сумма осадков заданной обеспеченности, мм.

Годовые суммы осадков заданной обеспеченности определяются через коэффициенты перехода (K_x) от средних многолетних годовых величин осадков к осадкам различной обеспеченности для территории Российской Федерации (Приложение 1) по зависимости

$$P_{\%} = PK_x. \quad (4)$$

Обеспеченности стока соответствуют обеспеченностям осадков [1].

Таблица 1

Осредненные значения коэффициентов годового поверхностного стока α для различных видов поверхностей

№ п/п	Вид поверхности	α	Примечание
1	Кровли	0,80–0,95	Для почти плоских кровель $\alpha = 0,80$
2	Асфальтобетонные покрытия	0,80–0,90	В зависимости от состояния покрытия для старых, разрушенных покрытий $\alpha = 0,80$
3	Акватории водотоков (кюветы, канавы, каналы и др.).	0,60–0,70	Для заросших русел водотоков $\alpha = 0,60$
4	Откосы насыпей, отвалов, дамб	0,50–0,65	В зависимости от механического состава материала поверхности выбирать для более пористых материалов $\alpha = 0,50$
5	Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,50–0,60	Для щебеночных пористых покрытий $\alpha = 0,50$
6	Булыжные мостовые	0,45–0,50	Для слабоуклонных мостовых $\alpha = 0,45$
7	Щебеночные покрытия, необработанные вяжущими материалами	0,40–0,45	Для слабоуклонных поверхностей $\alpha = 0,40$
8	Гравийные покрытия	0,30–0,40	Для слабоуклонных поверхностей $\alpha = 0,30$
9	Грунтовые поверхности (спланированные)	0,20–0,30	Для слабоуклонных поверхностей $\alpha = 0,20$
10	Неспланированные, неуплотненные отвалы	0,15–0,25	Для слабоуклонных поверхностей $\alpha = 0,15$
11	Захламленные насыпные поверхности, покрытые травянистой растительностью	0,10–0,15	Для слабоуклонных поверхностей $\alpha = 0,10$
12	Газоны	0,10–0,12	Для слабоуклонных поверхностей $\alpha = 0,10$

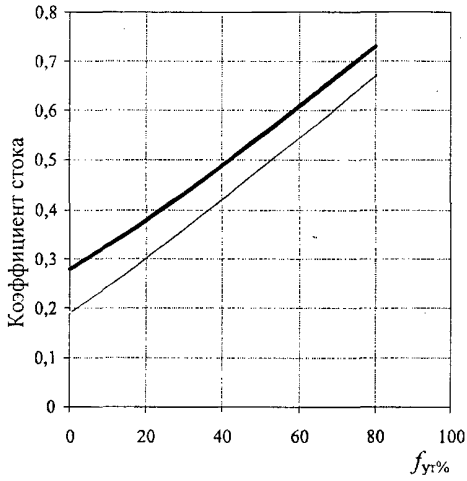
Таблица 2

Коэффициенты поверхностного стока некоторых речных бассейнов Российской Федерации

№ пп	Река – пункт	α	№ пп	Река – пункт	α
1	Печора – устье	0,47	33	Урал – устье	0,09
2	Мезень – устье	0,41	34	Обь – устье	0,17
3	Северная Двина – устье	0,33	35	Бия – устье	0,45
4	Сухона – устье	0,27	36	Катунь – устье	0,30
5	Вычегда – устье	0,33	37	Томь – устье	0,49
6	Поной – устье	0,58	38	Чулым – устье	0,22
7	Тулома – устье	0,58	39	Кеть – устье	0,20
8	Воронья – устье	0,62	40	Иртыш – устье	0,07
9	Варзуга – устье	0,49	41	Тура – устье	0,12
10	Кемь – устье	0.38	42	Тавда – устье	0,21
11	Нева – устье	0,30	43	Надым – устье	0,33
12	Луга – устье	0,20	44	Северная Сосьва – устье	0,39
13	Ловать – устье	0,21	45	Пур – устье	0,37
14	Западная Двина – устье	0,19	46	Таз – устье	0,40
15	Неман – устье	0,15	47	Енисей – устье	0,36
16	Днепр – устье	0,11	48	Ангара – устье	0,22
17	Сейм – устье	0,10	49	Подкаменная Тунгуска – устье	0,34
18	Псел – устье	0,07	50	Нижняя Тунгуска – устье	0,42

Продолжение табл. 2

№ пп	Река – пункт	α	№ пп	Река – пункт	α
19	Дон – устье	0,09	51	Хатанга – устье	0,51
20	Хопер – устье	0,13	52	Оленек – устье	0,44
21	Воронеж – устье	0,12	53	Лена – устье	0,38
22	Волга – г. Волгоград	0,19	54	Витим – устье	0,50
23	Волга – Горьковский г/у	0,21	55	Олекма – устье	0,43
24	Ока – устье	0,15	56	Алдан – устье	0,40
25	Мокша – устье	0,08	57	Вилюй – устье	0,27
26	Сура – устье	0,14	58	Яна – устье	0,29
27	Ветлуга – устье	0,23	59	Индигирка – устье	0,37
28	Кама – устье	0,22	60	Колыма – устье	0,40
29	Вятка – устье	0,21	61	Амгуэма – устье	0,56
30	Чусовая – устье	0,26	62	Анадырь – устье	0,55
31	Уфа – устье	0,20	63	Камчатка – устье	0,25
32	Большой Иргиз – устье	0.08	64	Амур – устье	0,26



Зависимость коэффициентов годового стока (поверхностного и подземного) и поверхностного стока от площади урбанизированных территорий:
——— – коэффициент суммарного стока, ——— – коэффициент поверхностного стока

3.3. Слой годового стока (средний многолетний и заданной обеспеченности)

Величина стока без срезки грунтового питания на ТНТ рассчитывается, если сеть внутренних водотоков более чем на 90% дренирует всю толщу исследуемого массива.

3.3.1 Средний многолетний слой годового стока определяется по формуле

$$Y = P - E \pm \Delta S, \qquad (5)$$

где P – сумма осадков за год средняя многолетняя, мм; E – испарение за год среднее многолетнее, мм; ΔS – изменение снегозапасов на рассматриваемой территории, которое определяется за счет природных факторов (количество твердых осадков, ветровой перенос) и за счет привоза (вывоза) дополнительных объемов снежных масс, мм.

Сумма осадков P определяется по данным наблюдений на ближайших метеостанциях (с введением необходимых поправок) или по карте (Приложение 2, рис. П2.1).

Величину испарения E за год для всей территории Российской Федерации можно получить

$$E = E_o \frac{E}{E_o}, \quad (6)$$

где E_0 – годовая испаряемость средняя многолетняя или за конкретный год, мм (Приложение 2, рис. П2.2); E/E_0– относительное испарение (Приложение 2, рис. П2.3).

Изменение снегозапасов за счет ветрового переноса снега ΔS рассчитывается по формуле

$$\Delta S = K_{сн}(P_x - E_x), \quad (7)$$

где P_x – сумма твердых осадков за холодный период, определяемая по данным ближайшей метеостанции, мм; E_x – испарение за период выпадения твердых осадков, порядок расчета которого изложен в п. 3.2.3., мм.

Для объекта, представляющего собой террикон, учитывая его крутизну и высоту, $K_{сн}$ принимается приблизительно равным 0,20 – 0,40 (для более высоких и крутых терриконов – меньшие значения) [20]. Для объекта, представляющего собой котлован $K_{сн}$ приблизительно равен 0,10 – 1,10 (в зависимости от ширины, глубины котлована, крутизны и экспозиции склонов; например, для неглубоких котлованов с пологими откосами и большой площадью принимается меньшее значение коэффициента) [2, 28].

3.3.2. Слой годового стока заданной обеспеченности рассчитывается по формуле

$$Y_{\%} = YK_x, \quad (8)$$

где Y – средний многолетний слой стока, рассчитывается по формуле (4); K_x – коэффициент перехода от средних многолетних годовых величин осадков к осадкам различной обеспеченности для территории Российской Федерации [25] (см. Приложение 1).

3.3.3. Расчет испарения с рассматриваемой территории (среднемноголетнего и заданной обеспеченности). Средняя многолетняя величина испарения E для поверхностей близких к естественным за отдельный месяц рассчитывается по следующим формулам [7; 16]:

$$E = E_0 \quad \text{при} \quad \frac{M_1 + M_2}{2} \geq M_к; \quad (9)$$

$$E = E_0 \frac{M_1 + M_2}{2M_к} \quad \text{при} \quad \frac{M_1 + M_2}{2} < M_к, \quad (10)$$

где E, E_0 – соответственно испарение и испаряемость, мм; $M_к$ – величина критической влажности метрового слоя почвы, мм; M_1, M_2 – продуктивные влагозапасы почвы, соответственно, на начало и конец месяца, мм.

Испаряемость определяется по формуле

$$E_0 = K\sum d, \qquad (11)$$

где $\sum d$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха (по данным наблюдений на ближайших метеостанциях) за расчетный период в n суток, мм; K – биологический коэффициент испаряемости, зависит от времени года и вида поверхности (для мест размещения отходов коэффициент K принимается для "черного" пара или луговой растительности).

Испаряемость можно также определить по графикам зависимости испаряемости от дефицита влажности воздуха в отдельные месяцы для различных природных зон Российской Федерации [7] (Приложение 2, рис. П2.4).

Для условий теплого периода Северо-Запада России применяется формула [17]

$$E_0 = K' d_{ср}^{\,0,75} n, \qquad (12)$$

где K' – биологический коэффициент испаряемости, изменяющийся в зависимости от нарастания суммы положительных температур, начиная от перехода температуры через 0° С, определяется по табл. 3 [17]; $d_{ср}$ – среднесуточный дефицит влажности воздуха, мм; n – расчетный период, сут.

Таблица 3

Значения биологических коэффициентов испаряемости K'

Сумма среднесуточных температур воздуха	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	2000	2400
K'	0,60	0,70	0,90	1,10	1,10	1,00	0,95	0,80	0,90	0,80	0,60

За холодный период года в условиях отсутствия снежного покрова испаряемость на указанной территории рассчитывается по зависимости

$$E_0 = 0{,}55 d_{ср} n, \qquad (13)$$

где n – продолжительность холодного периода, сут.

При наличии снежного покрова испаряемость за холодный период года на территории Северо-Запада Российской Федерации определяется по формуле

$$E_0 = 0{,}37 d_{ср} n . \quad (14)$$

Критическую влажность для естественных грунтов можно найти по зависимости

$$M_К = 0{,}8 M_н , \quad (15)$$

где $M_н$ – наименьшая продуктивная влагоемкость.

Продуктивная влагоемкость (продуктивные запасы влаги в метровом слое грунта НВ – ВЗ) для различных зон Российской Федерации с учетом механического состава изолирующих слоев принимается по табл. 4 [22], а в зависимости от сезона года – по табл. 5 [7].

Среднюю многолетнюю испаряемость для различных видов поверхностей на ТНТ $E_{0\,ВП}$, мм, можно рассчитать по формуле

$$E_{0ВП} = K_{ВП} E_0 , \quad (16)$$

где $K_{ВП}$ – поправочный коэффициент к средней многолетней испаряемости, принятой по данным ближайшей метеорологической станции или по Приложению 2 (рис. П2.2), определяется по табл. 6.

При отсутствии исходных данных для предварительных расчетов величины среднего многолетнего годового и месячного испарения для всей территории Российской Федерации можно получить из произведения

Таблица 4

Величина НВ – ВЗ метрового слоя почвы в различных природных зонах Российской Федерации (мм)

Механический состав почвы	Продуктивные влагозапасы, мм		
	зона тундры, лесотундры, зоны распространения вечной мерзлоты	лесная зона	лесостепная и степная зоны
Супесчаные, средне- и легкосуглинистые	250 – 210*)	190 – 160	140 – 120
Средне- и легкосуглинистые пылевато-иловатые	220 – 210	170 – 160	130 – 120
Глинистые и тяжелосуглинистые	210 – 180	160 – 140	120 – 105
Супесчаные	180 – 160	140 – 120	105 – 90
Песчаные	130 – 100	100 – 80	75 – 60

*) Большее значение принимается для грунтов более тяжелого механического состава.

средней многолетней годовой и месячной испаряемости на относительное испарение E/E_0 за те же периоды.

Средняя многолетняя годовая и месячная (март – ноябрь) испаряемость определяется по картам (Приложение 2, рис. П2.5 – П2.13).

Величины среднего годового и месячного (май – октябрь) относительного испарения находятся по картам (Приложение 2, рис. П2.14 – П2.19).

Таблица 5

Средние месячные значения критических продуктивных влагозапасов метрового слоя почвы (мм)

Природные зоны	При t весной $< 10°C$	В первом месяце с t $>10°C$	Во втором месяце с t $>10°C$	В последующие месяцы с $t>10°C$	В первом месяце с t осенью $< 3°C$	Во втором и последующих месяцах с $t < 3°C$
Тундры, лесотундры, а также лиственные леса, лесостепи и степи Сибири и при наличии вечной мерзлоты	200	200	200	200	200	200
Тундры, лесотундры, хвойные, смешанные и лиственные леса	200	170	150	150	170	200
Лесостепи, степи, полупустыни внетропической зоны	170	170	120	100	120	170

Таблица 6

Поправочные коэффициенты ($K_{ВП}$) к среднему многолетнему испарению с естественных ландшафтов для различных видов поверхностей

Виды поверхностей	$K_{ВП}$
Металлические крыши с уклоном	0,20
Металлические крыши плоские	0,30
Дороги бетонные, асфальт	0,40
Поверхность жидких отходов в картах	0,30 –0,70*
Дороги грунтовые	0,50
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,56
Щебеночные покрытия	0,58
Откосы насыпей, отвалов, дамб	0,60
Неспланированные неуплотненные отвалы без растительного покрова	0,90
Акватории отстойников со слабозагрязненной поверхностью	0,90
Насыпные поверхности, покрытые травянистой и редкой кустарниковой растительностью	0,95

* Меньшие значения принимаются, когда поверхность отходов покрыта естественной непроницаемой пленкой [10; 26].

Величины годовой испаряемости заданной обеспеченности определяются путем умножения средней многолетней годовой испаряемости на соответствующий переходный коэффициент [1] (табл. 7).

Для расчетов принимается следующее соотношение обеспеченностей осадков (P_P) и испарения (P_E): в многоводные годы (обеспеченность осадков выше 25%) и в средние по водности годы (обеспеченность осадков 50 – 75%) P_E = 50%; в маловодные годы (обеспеченность осадков ниже 75%) и в средние по водности годы: при обеспеченности осадков 25 – 50% $P_E = 100 - P_P$ [1].

Таблица 7

Коэффициенты перехода (K_E) от средней многолетней годовой испаряемости с ТНТ к испаряемости различной вероятности превышения (P, %)

P, %	2	5	10	25	75	80	90	95
K_E	1,142	1,113	1,088	1,046	0,952	0,940	0,910	0,887

Расчет испарения со всей территории производится по формуле

$$E = (E_1 f_1 + E_2 f_2 + ... + E_n f_n)\frac{1}{F}, \qquad (17)$$

где E_1, E_2 ... E_n – испарение с отдельных видов поверхностей, мм.

3.3.4. Величина снегозапасов (запас воды в снежном покрове) рассчитывается по формуле [21]

$$\sum_{i=XI}^{i=IV} A_i = (1 - K_{сн}) \sum_{i=XI}^{i=IV} P_i - \sum_{i=XI}^{i=IV} E_{0i}, \qquad (18)$$

где A_i – запас воды в снеге (снегозапасы) i-го месяца, мм; P_i – месячная сумма осадков, мм (определяются по данным ближайшей метеостанции); $E_{0\,i}$ – месячная сумма испаряемости, мм (определяется по формулам (11) – (14) или по картам (Приложение 2, рис. П2.5 – П2.13)).

3.3.5. Объем годового стока и годового поверхностного стока (средний многолетний и заданной обеспеченности) с техногенно-нагруженной территории определяется по формуле

$$W = YF, \qquad (19)$$

где W – объем годового стока или годового поверхностного стока, тыс.м^3; Y – слой годового стока или годового поверхностного стока (средний многолетний и заданной обеспеченности), мм; F – площадь стокоформирующего комплекса, внутреннего водосбора или всей техногенно-нагруженной территории, км^2.

4. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНУТРИГОДОВОГО СТОКА

4.1. Слой поверхностного стока за летне-осенний период года

Слой поверхностного стока за летне-осенний период года определяется по формуле:

$$Y_л = \alpha_{ср.л} P_л, \qquad (20)$$

где $\alpha_{ср.л}$ – среднее значение коэффициента летне-осеннего поверхностного стока с водосбора внутри территории или со всей территории; $P_л$ – сумма осадков за летне-осенний период, мм.

Среднее значение коэффициента летне-осеннего поверхностного стока с водосбора внутри территории объекта или со всего объекта $\alpha_{ср\ л.}$ рассчитывается по формуле

$$\alpha_{ср.л} = (\alpha_{1л} f_1 + \alpha_{2л} f_2 + ... + \alpha_{nл} f_n) \frac{1}{F}, \qquad (21)$$

где $\alpha_{1л}$, $\alpha_{2л}$,... $\alpha_{nл}$ – коэффициенты летне-осеннего поверхностного стока с различных видов поверхностей техногенно-нагруженной территории; f_1, f_2, ...f_n, F – общая площадь выделяемого внутреннего водосбора или всей ТНТ, км^2 (га). (2).

Коэффициенты летне-осеннего поверхностного стока $\alpha_л$ для различных видов поверхностей (стокоформирующих комплексов) техногенно-нагруженной территории выбираются по табл. 8 [14].

Поверхностный сток на территории в результате поднятия уровня фильтрата до дневной поверхности $Y_{пов.ф}$, мм, рассчитывается по формуле

$$Y_{пов.ф} = P_{рп} - E_{рп} - 10^3 \mu H_Н - \Delta M_Г - \Delta M_П, \qquad (22)$$

где $P_{р.п}$ – атмосферные осадки, выпавшие за расчетный период, мм; $E_{р.п}$ – суммарное испарение за расчетный период, мм; μ – коэффициент водоотдачи; $H_н$ – уровень подземных вод на начало выпадения дождя, м; $\Delta M_г$ – начальная водоаакумулирующая емкость грунтов (масс отходов), мм; $\Delta M_п$ – водоаккумулирующая емкость поверхности в зависимости от ее состояния, мм.

4.2. Слой стока за отдельный месяц или выделенный внутригодовой период (средний многолетний и заданной обеспеченности)

Слой стока за отдельный месяц или выделенный внутригодовой период (средний многолетний и заданной обеспеченности) определяется по формуле:

$$Y = P - E \pm \Delta S, \qquad (23)$$

где P – сумма осадков за месяц или за выделенный период (средняя многолетняя или заданной обеспеченности), мм; E – испарение за месяц или за выделенный период (среднее многолетнее или заданной обеспеченности)

Таблица 8

Осредненные значения коэффициентов летне-осеннего поверхностного стока $\alpha_л$ для различных видов поверхностей ТНТ

Поверхность	$\alpha_л$	Примечание
Кровли	0,60 – 0,80	Для кровли с меньшим уклоном принимается меньшее значение $\alpha_л$
Асфальтобетонные покрытия	0,60 – 0,75	В зависимости от состояния покрытия: для старых, разрушенных покрытий рекомендуется $\alpha_л = 0,60$
Водотоки (кюветы, канавы, каналы)	0,90	–
Брусчатые мостовые	0,40 – 0,45	–
Грунтовые плохо спланированные поверхности	0,02 – 0,16	Для сильно захламленных неспланированных слабоуклонных поверхностей рекомендуется $\alpha_л = 0,02$
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,18 – 0,22	Для слабоуклонных поверхностей рекомендуется $\alpha_л = 0,18$
Закустаренные захламленные и покрытые травянистой растительностью поверхности	0,05 – 0,10	Для слабоуклонных поверхностей рекомендуется $\alpha_л = 0,05$
Газоны	0,05 – 0,10	Для слабоуклонных поверхностей рекомендуется $\alpha_л = 0,05$

рассчитывается согласно п. 3.3.3, мм; ΔS – изменение снегозапасов за счет ветрового переноса снега с территории и на территорию (при наличии снежного покрова) или завезенного (вывезенного) извне, мм.

Средняя многолетняя месячная или внутригодовая сумма осадков P определяется по данным наблюдений на ближайших метеостанциях (с введением необходимых поправок) по карте или с использованием справочной литературы.

Месячная или внутригодовая сумма осадков заданной обеспеченности находятся с использованием коэффициентов K_λ (Приложение 1).

5. МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК

5.1. Гидрологические характеристики весеннего половодья

5.1.1. Средний многолетний слой стока весеннего половодья для рассматриваемой территории или выделенного внутри нее водосбора (при условии, что урбанизированные территории занимают не более 35% общей площади) определяется по формуле

$$Y_{в} = Y_{0в}\delta_Y \text{, мм}, \qquad (24)$$

где $Y_{0в}$ – средний многолетний слой стока весеннего половодья (без срезки грунтового питания), мм; δ_Y – поправочный коэффициент к среднему слою (объему) стока весеннего половодья, учитывающий влияние урбанизированной территории.

Средний многолетний слой стока весеннего половодья определяется по картам, приведенным в Приложении 2 (рис. П2.20 и П2.21).

Величина поправочного коэффициента δ_Y к среднему слою (объему) стока весеннего половодья рассчитывается по формуле [4]

$$\delta_Y = 1 + 0{,}02 f_{УТ\%}, \qquad (25)$$

где $f_{УТ\%}$ – площадь урбанизированной территории в процентах от общей площади водосбора.

5.1.2. Слой поверхностного стока весеннего половодья для техногенно-нагруженных территорий определяется по формуле

$$Y_{впов} = \alpha_{ср\,в} P_{х}, \qquad (26)$$

где $\alpha_{ср\,в}$ – среднее значение коэффициента весеннего поверхностного стока с отдельного водосбора или со всей территории; $P_{х}$ – сумма твердых осадков за холодный период года, мм.

Среднее значение коэффициента весеннего поверхностного стока с водосбора внутри территории объекта или со всего объекта $\alpha_{ср\,в}$ рассчитывается по формуле

$$\alpha_{ср.в} = (\alpha_{1в} f_1 + \alpha_{2в} f_2 + ... + \alpha_{nв} f_n)\frac{1}{F}, \qquad (27)$$

где $\alpha_{1в}$, $\alpha_{2в}$,... $\alpha_{nв}$ – средние коэффициенты поверхностного весеннего стока с различных видов поверхностей (стокоформирующих комплексов), выделенных в рамках рассматриваемой территории или водосбора; f_1, f_2, ...f_n – площади различных видов выделенных поверхностей; F – общая площадь выделенного водосбора или всей территории.

Для отдельного стокоформирующего комплекса слой поверхностного стока весеннего половодья рассчитывается по зависимости

$$Y_{\text{впов}} = \alpha_{\text{в}} P_{\text{х}} . \quad (28)$$

Коэффициенты весеннего поверхностного стока $\alpha_{\text{в}}$ для различных видов поверхностей (стокоформирующих комплексов) находятся по табл. 9 – 11 [4; 9; 22].

Таблица 9

Осредненные значения коэффициентов весеннего поверхностного стока для различных видов поверхностей

Поверхности	$\alpha_{\text{в}}$	Примечание
Кровли и асфальтобетонные покрытия дорог	0,95	–
Водотоки (кюветы, канавы, каналы и др.).	0,95	–
Закустаренные, захламленные и покрытые травянистой растительностью поверхности	0,40 –0,60	В зависимости от уклона поверхности (при уклоне < 2° рекомендуется принимать $\alpha_{\text{в}}$=0,40)
Газоны	0,20–0,70	В зависимости от уклона поверхности (при уклоне <2° рекомендуется принимать $\alpha_{\text{в}}$= 0,20)
Щебеночные покрытия, необработанные вяжущими материалами	0,50 – 0,55	В зависимости от уклона поверхности (при уклоне <2° рекомендуется принимать $\alpha_{\text{в}}$= 0,50)
Гравийные покрытия	0,50 – 0,55	В зависимости от уклона поверхности (при уклоне <2° рекомендуется принимать $\alpha_{\text{в}}$= 0,50)
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,50 – 0,70	В зависимости от уклона поверхности (при уклоне <2° рекомендуется принимать $\alpha_{\text{в}}$= 0,50)
Грунтовые плохо спланированные поверхности	0,40 – 0,50	В зависимости от уклона поверхности (при уклоне <2° рекомендуется принимать $\alpha_{\text{в}}$= 0,40)

Таблица 10

Коэффициенты весеннего поверхностного стока в зависимости от формы сооружений*

Условия стекания	Грунты	$\alpha_в$
Террикон с заложением откосов менее 4	Тяжелый суглинок	0,60
	Легкий суглинок	0,55
	Супесь	0,50
Террикон с заложением откосов более 4	Тяжелый суглинок	0,65
	Легкий суглинок	0,60
	Супесь	0,55
Полигон в выемке	Тяжелый суглинок	0,75
	Легкий суглинок	0,70
	Супесь	0,65

* С учетом ветрового переноса снега с территории и на территорию.

Таблица 11

Коэффициенты весеннего поверхностного стока для естественных поверхностей

Почвогрунты	Уклоны		
	< 0,01	0,01 – 0,05	> 0,05
Хорошо водопроницаемые	0,10 – 0,20	0,15 – 0,25	0,20 – 0,30
Средне водопроницаемые	0,15 – 0,25	0,20 – 0,30	0,25 – 0,40
Ниже средней проницаемости	0,20 – 0,30	0,25 – 0,45	0,35 – 0,60
Слабо водопроницаемые	0,25 – 0,40	0,30 – 0,60	0,50 – 0,75
Мерзлые	0,35 – 0,60	0,40 – 0,75	0,80 – 0,95

Примечание. Меньшие значения принимаются для меньших уклонов поверхности, бóльшие – для больших.

5.1.3. Объем весеннего половодья для всей техногенно-нагруженной территории или внутреннего водосбора (при условии, что урбанизированные территории занимают не более 35% общей площади) определяется по формуле

$$W_в = Y_{0в} F \delta_Y \ , \qquad (29)$$

где $W_в$ – объем весеннего половодья для территории объекта размещения отходов или внутреннего водосбора, тыс. м^3; F – площадь всей территории или внутреннего водосбора ТНТ; δ_Y – поправочный коэффициент к среднему слою стока (объему) весеннего половодья (см. формулу (25).

5.1.4. Максимальный расход весеннего половодья вероятности превышения P% в замыкающем створе внутреннего водосбора техногенно-нагруженной территории (для площадей водосборов < 1 км^2) рассчитывается по формуле

$$Q_{\max в\%} = q_{\max в\%} \delta_{УТ} F \ , \qquad (30)$$

где $q_{\max в P\%}$ – максимальный модуль стока весеннего половодья с единичной площади вероятности превышения P%, м^3/с, определяемый на основании формулы редукции максимальных модулей стока [5; 15]:

$$q_{\max в\%} = k_р A_{\max с\%} \ , \qquad (31)$$

где $k_р$ – коэффициент размерности (для часовой единицы времени добегания талых вод равный 0,28); $\delta_{УТ}$ – коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода весеннего половодья в результате большого разнообразия стокоформирующих поверхностей на ТНТ, равный 0,6 – 0,9 ; $A_{\max с\%}$ – максимальная интенсивность снеготаяния вероятности превышения $P_{\%}$, мм/ч.

Максимальная интенсивность снеготаяния вероятности превышения P= 1% может быть определена по карте изолиний [19] (Приложение 2, рис. П2.22).

Модули максимального стока 1%; 10% и 25% вероятности превышения определяются по табл. 12 [6].

Максимальный расход весеннего половодья вероятности превышения P% в замыкающем створе внутреннего водосбора (для площадей водосборов от 1 до 10 км^2) рассчитывается по формуле

$$Q_{\max в\%} = \frac{0,28 Y_{в\%} k_{\max} \delta_{УТ} F}{\tau_в + 3} \ , \qquad (32)$$

где $Y_{в\%}$ – полный слой стока весеннего половодья заданной вероятности превышения, мм, определяется в зависимости от коэффициента вариации среднего многолетнего слоя стока весеннего половодья, соотношения C_s/C_v

[15], а также среднего многолетнего слоя весеннего половодья (24) ; k_{max} – коэффициент дружности половодья, представляющий собой отношение максимального суточного слоя ко всему слою половодья заданной вероятности превышения (значения k_{max} для дружных весен определяются по табл. 13); $\delta_{ут}$ – то же, что в формуле (32); F – общая площадь выделенного внутреннего водосбора, км^2; $\tau_в$ – время добегания максимального расхода воды весеннего половодья до замыкающего створа, ч (см. формулу (33)).

Таблица 12

Максимальная интенсивность снеготаяния $A_{max\,с}$ и модули максимального весеннего стока расчетной вероятности превышения

Район	Обеспеченность, %	$A_{max\,с}$, мм/час	Коэффициент стока	$q_в$, м^3/с
Северный	1	10,0	1,0	2,80
	10	8,8	1,0	2,46
	25	7,2	1,0	2,04
Карельский озерный	1	6,8	1,0	1,90
	10	5,3	0,9	1,34
	25	4,6	0,8	1,03
Центральный	1	8,0	1,0	2,24
	10	6,2	0,9	1,56
	25	5,5	0,8	1,23
Западные склоны Урала	1	8,5	1,0	2,38
	10	7,2	0,9	1,81
	25	6,4	0,8	1,43
Восточные склоны Урала	1	7,1	1,0	1,99
	10	5,9	0,9	1,49

Таблица 13

Коэффициенты дружности половодья [18]

Природная зона	Лесная	Лесостепная	Степная
k_{max}	0,2	0,3 – 0,5	0,5 – 0,6

5.1.5. Время добегания максимального расхода воды весеннего половодья заданной обеспеченности до замыкающего створа определяется по формуле:

$$\tau_в = \tau_р + \tau_{ск} \ , \qquad (33)$$

где $\tau_в$ - время добегания максимального расхода воды весеннего половодья до замыкающего створа, ч, $\tau_р$ – время добегания по руслу, ч, $\tau_р = L_р / V_р$, $L_р$ – длина русла, м; $V_р$ – скорость потока в русле, м/ч, которая рассчитывается по формуле Шези для открытого русла.

$$V_р = C\sqrt{Ri} \ , \qquad (34)$$

где C – коэффициент Шези; R – гидравлический радиус, м; i – уклон дна водотока.

Описание определения параметров формулы (33) приводится в [8, 24]: $\tau_{ск}$ – время добегания по склонам, ч, $\tau_{ск} = L_{ск} / V_{ск}$ (где $L_{ск}$ – наибольшая длина склона), м; Скорость добегания по склонам в первый период снеготаяния (при движении талых вод под снегом) $V_{ск}$ в пределах 0,001–0,005 м/с (3,60 – 18 м/ч). При ручейковом стекании (после обнажения части почвы от снега) $V_{ск}$ увеличивается до 0,1 – 0,2 м/с (360 – 720 м/ч) и далее – до 0,5 м/с (1800 м/ч) [27].

5.2. Максимальный расход дождевого паводка заданной обеспеченности

Максимальный расход дождевого паводка заданной обеспеченности в замыкающем створе внутреннего водосбора определяется по формуле предельной интенсивности стока [13 – 15; 23]:

$$Q_{д\,\%} = q'_{1\%} \alpha_{лс} H_{1\%} \delta \lambda_р F \ , \qquad (35)$$

где $Q_{д\,\%}$ – максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков заданной обеспеченности $P\%$, м^3/с; $q'_{1\%}$ – максимальный модуль стока ежегодной вероятностью превышения $P = 1\%$, определяется для исследуемого района в зависимости от гидроморфометрической характеристики русла $Ф_р$ и продолжительности склонового добегания $\tau_{д\,ск}$, по карте П5.2 и табл. П5.3 Приложения 5; $\alpha_{л\,с}$ – сборный коэффициент ливнёвого стока, определяется по формуле (44); $H_{1\%}$ – максимальный суточный слой осадков вероятностью превышения 1%, мм, вычисляется по данным ближайших метеорологических станций или по карте (Приложение 5, рис. П5.1);

δ – коэффициент, учитывающий влияние проточных озер на внутреннем водосборе ТНТ, определяется по формуле

$$\delta = \frac{1}{1 + Cf'_{оз}}, \tag{36}$$

где $f'_{оз}$ – средневзвешенная озерность водосбора, %, определяется по формуле

$$f'_{оз} = \frac{f_{оз} - 2}{2{,}8}, \tag{37}$$

где $f_{оз}$ – относительная озерность, %

$$f_{оз} = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i 100}{F}, \tag{38}$$

где S_i – площадь зеркала озера, км^2; C – коэффициент, принимаемый равным 0,2 для лесной и лесостепной зон, 0,4 – для степной зоны.

Если озера на водосборе расположены вне русла и основных притоков, то δ принимается равным 0,8 независимо от степени озерности. В формуле (35) $\lambda_р$ – коэффициент перехода от максимальных мгновенных расходов воды ежегодной вероятностью превышения 1% к максимальным расходам воды с другой вероятностью превышения (определяется по карте П5.4 и табл. П5.4 Приложения 5); F – площадь внутреннего водосбора ТНТ, км^2.

Максимальный модуль стока $q'_{1\%}$ можно рассчитать с учетом гидроморфометрической характеристики русла внутреннего водотока ТНТ ($\Phi_р$) и общей продолжительности добегания дождевого стока до расчетного створа $\tau_д$ по формуле

$$\Phi_р = \frac{L_р}{m_р i_р^m F^{0,25} (\alpha_{л.с} H_{1\%})^{0,25}}, \tag{39}$$

где $L_р$ – длина русла водотока, м; $m_р$ – гидравлический параметр русла определяемый по табл.14; $i_р$ – средневзвешенный уклон русла, ‰; F – площадь внутреннего водосбора ТНТ; $\alpha_{л.с}$, $H_{1\%}$ – то же, что в формуле (35).

Общая продолжительность добегания дождевого стока до расчетного створа находится по формуле

$$\tau_д = \tau_{д.с} + \tau_{д.л} + \tau_{д.тр}, \tag{40}$$

где $\tau_{д.л}$, $\tau_{д.тр}$ – соответственно, время добегания дождевых вод по лоткам, трубам до расчетного створа, мин, определяемое по следующим формулам:

$$\tau_{д.л} = 1{,}25 \frac{L_л}{V_л}, \tag{41}$$

$$\tau_{д.тр} = r\sum\frac{L_{тр}}{V_{тр}}, \qquad (42)$$

где $L_л$ – длина лотка, м; $L_{тр}$ – длина расчетного участка коллектора, м; $V_л$, $V_{тр}$ – соответственно, скорость движения дождевых вод в конце лотка и по коллекторам, м/мин, рассчитываются по методам, приведенным в [8]; r – коэффициент, зависящий от климатических условий и рельефа (при уклонах поверхности менее 0,03‰ r = 2,0, при уклонах более 0,03‰ r = 1,2); $\tau_{д.с}$ – время добегания дождевых вод по склонам, определяется по табл. 15 [11] или по [15] в зависимости от гидроморфометрической характеристики склонов ($Ф_с$):

$$Ф_с = \frac{\overline{L_с^{0,5}}}{m_с i_с^{0,25}(\alpha_{л.с} H_{1\%})^{0,5}}, \qquad (43)$$

где $\overline{L}_с$ – средняя длина склонов водосбора, м; $m_с$ – коэффициент, зависящий от шероховатости склонов водосбора, определяется по табл. 16 [15]; $i_с$ – средний уклон склонов водотока, ‰; $\alpha_{л.с}$, $H_{1\%}$ – то же, что в формуле (35).

Таблица 14

Значения параметров m и $m_р$ [15]

Характеристика русла	m	$m_р$
Чистые русла постоянных водотоков или русла периодически пересыхающих водотоков (сухих логов)	1/3	11
Извилистые, частично заросшие русла, периодически пересыхающие водотоки, несущие во время паводка большое количество наносов	1/3	9
Сильно засоренные и извилистые русла периодически пересыхающих водотоков	1/3	7
Водотоки со средними уклонами русла $i \geq 35‰$	1/7	10

Таблица 15

Значения $\tau_{д.с}$ (мин) в зависимости от гидроморфометрической характеристики склонов водосбора $Ф_с$

$Ф_с$	Номера районов типовых кривых редукции осадков		
	3, 3а, 6, 13а, 23, 28	2, 9, 13, 20, 24, 26	1, 8, 14, 18, 27
0,5	2,7	2,7	3,2
1	5,3	5,5	6,7
2	12	14	17
3	22	24	30
4	34	37	45
5	47	52	62
6	62	70	82
8	100	110	130
10	150	160	180
12	200	220	250
15	300	300	360

Таблица 16

Коэффициенты m_c для склонов

Характеристика поверхности	Характеристика травяного покрова		
	редкий или отсутствует	обычный	густой
Гладкая (асфальт, бетон)	0,50	–	–
Укатанная спланированная грунтовая	0,40	0,30	0,25
Хорошо обработанная вспашкой и боронованием; невспаханная, неспланированная без кочек; булыжная мостовая; с площадью застройки < 20%	0,30	0,25	0,20
Грубо обработанная вспашкой; таежные завалы; кочковатая, захламленная; с площадью застройки > 20%	0,20	0,15	0,10

Сборный коэффициент ливневого стока $\alpha_{ср.д}$ территории или выделенного на ней водосбора определяется по формуле

$$\alpha_{ср.д} = (\alpha_{л.с1} f_1 + \alpha_{л.с2} f_2 + ... + \alpha_{л.с.n} f_n) \frac{1}{F}, \quad (44)$$

где $\alpha_{л.с.1}$, $\alpha_{л.с.2}$,... $\alpha_{л.с.n}$ – коэффициенты ливневого стока с различных видов поверхностей территории. Коэффициенты стока $\alpha_{л.с}$ для отдельных видов водонепроницаемых и водопроницаемых поверхностей на территории рекомендуется выбирать по табл. 17.

Таблица 17

Коэффициенты ливневого стока $\alpha_{л.с}$ для различных поверхностей в зависимости от суточного слоя осадков (для расчета максимальных расходов вероятностью превышения $P = 1\%$

Род поверхности	$\alpha_{л.с}$ в зависимости от суточного слоя осадков		
	≤ 80	81 – 150	> 150
Водотоки (кюветы, канавы, каналы и др.).	1,00	1,00	1,00
Кровли с уклоном	0,98	1,00	1,00
Кровли плоские	0,95	0,97	0,98
Асфальтобетонные покрытия дорог	0,90	0,92	0,95
Щебеночные покрытия, необработанные вяжущими материалами	0,70	0,80	0,85
Гравийные покрытия	0,60	0,70	0,85
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,60	0, 70	0,80
Неспланированные, неуплотненные отвалы	0,25 – 0,55*	0,55	0,75
Откосы насыпей, отвалов, дамб	0,25 – 0,55*	0,55	0,75
Газоны	0,45	0,55	0,75
Захламленные насыпные, покрытые травянистой растительностью	0,40	0,50	0,70

* Для грунтов более тяжелого механического состава принимаются бо́льшие значения коэффициента.

6. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ОСНОВНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

С помощью настоящей Методики можно получить следующие основные гидрологические характеристики техногенно-нагруженной территории:

характеристики годового стока, включающие:

слой годового поверхностного стока (средний многолетний и заданной обеспеченности);

слой годового стока (средний многолетний и заданной обеспеченности);

испарение с рассматриваемой территории (среднемноголетнее и заданной обеспеченности);

величину снегозапасов;

объем годового стока и годового поверхностного стока (средний многолетний и заданной обеспеченности);

характеристики внутригодового стока:

слой поверхностного стока за летне-осенний период года;

слой стока за отдельный месяц или выделенный внутригодовой период (среднемноголетнее или заданной обеспеченности);

характеристики максимального стока, в том числе:

средний многолетний слой весеннего половодья;

слой поверхностного стока весеннего половодья;

объем весеннего половодья;

максимальный расход весеннего половодья заданной обеспеченности в замыкающем створе;

время добегания максимального расхода воды весеннего половодья заданной обеспеченности до замыкающего створа;

максимальный расход дождевого паводка заданной обеспеченности в замыкающем створе.

Указанные характеристики могут быть использованы в качестве исходных данных как при дальнейших водохозяйственных расчетах, разработке комплексов мероприятий по рациональному водообустройству техногенно-нагруженной территории, разработке комплексной гидрологогидрогеодинамической модели территории, так и при создании или оптимизации системы инженерной защиты природных вод от загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бавина Л.Г.** Испарение и сток с неосушенных болот в годы с различной увлажненностью // Труды ГГИ. 1979. Вып. 261. С. 61-73.

2. **Вершинина Л.К.** Характеристики распределения снежного покрова и весеннего снеготаяния на территории Кустанайской области // Труды ГГИ. 1963. Вып. 104. С. 3-14.

3. **Водные** ресурсы и водный баланс территории Советского Союза. Л.: Гидрометеоиздат. 1967.

4. **Водогрецкий В.Е.** Антропогенное изменение стока малых рек. Л.: Гидрометеоиздат. 1990.

5. **Гидрологическая** роль урбанизации (на примере г. Москвы) // Вопросы географии. Сб. 102. М.: Мысль. 1976. С. 179-184.

6. **Гидрологические** расчеты при осушении болот и заболоченных земель / Под ред. К.Е. Иванова. Л.: Гидрометеоидат. 1957.

7. **Зубенок Л.И.** Испарение на континентах. Л.: Гидрометеоиздат. 1976.

8. **Киселев П.Г.** Справочник по гидравлическим расчетам. М.-Л.: Госэнергоздат. 1957.

9. **Костяков П.Н.** Основы мелиорации. М: Сельхозгиз. 1960.

10. **Кузнецов В.И.** Особенности испарения с промышленных стоков // Труды ГГИ. 1970. Вып. 181. С. 33-57.

11. **Кузник И.А., Луконин Е.И., Пилипенко В.Я.** Гидрология и гидрометрия. Л.: Гидрометеоиздат. 1974.

12. **Куприянов В.В.** Гидрологические аспекты урбанизации. Л.: Гидрометеоиздат. 1977.

13. **Международное** руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоидат. 1989.

14. **Методика** расчета объемов организованного и неорганизованного дождевого и талого стока в системы коммунальной канализации. СПб.: «Экология и право». 2000.

15. **Пособие** по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоиздат. 1984.

16. **Рекомендации** по расчету испарения с поверхности суши. Л.: Гидрометеоидат. 1976.

17. **Самофалов Д.П.** Обоснование оптимальной интенсивности осушения на основе воднобалансовых расчетов. Автореф. ... канд. техн. наук. Минск. 1980.

18. **Семлянская Л.П.** Условия формирования и методика расчета максимальных расходов весеннего половодья на малых водосборах // Труды ГГИ. Вып. 61. 1957.

19. **Соколовский Д.Л.** Речной сток (основы теории и методики расчетов). Л.: Гидрометеоиздат. 1968.

20. **Сольский С.В., Гордиенко С.Г. и др**. Методические основы разработки технических решений по защите природных вод от загрязнения при проектировании, эксплуатации и консервации накопителей и хранилищ жидких, твердых и пастообразных отходов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. Т.235. СПб. 1999. С. 123-137.

21. **Сольский С.В., Кветная И.А., Самофалов Д.П., Хайтов Р.Д.** Обеспечение защиты природных вод в районах размещения полигонов твердых бытовых отходов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. Т.239. СПб. 2001. С. 225-236.

22. **Сольский С.В., Самофалов Д.П**. Обоснование замкнутых водооборотных систем при обустройстве полигонов твердых бытовых отходов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. Т. 242. СПб. 2003. С. 175-185.

23. **СП 33-101-2003.** Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Госстрой России. М. 2004.

24. **Мелиорация** и водное хозяйство. Справочник / Под ред. П.А. Полад-Заде. М.: Агропромиздат. 1987.

25. **Справочник** по климату СССР. Ч. 4. Л.: Гидрометеоиздат. 1965 – 1968.

26. **Указания** по расчету испарения с поверхности водоемов. Л.: Гидрометеоидат. 1969.

27. **Харченко С.И.** Исследование потерь и добегания талых вод // Труды ГГИ. Вып. 57. 1956.

28. **Харченко С.И.** Формирование весенних половодий в условиях степей Нижнего Дона // Труды ГГИ. 1959. Вып. 71. С. 5-35.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Коэффициенты перехода от средних многолетних годовых величин осадков к осадкам различной обеспеченности (K_x) для территории Российской Федерации

Среднее количество осадков за год, мм	Обеспеченность, %									
	5	10	20	30	40	60	70	80	90	95
Архангельская, Вологодская области; Республика Коми										
150	1,64	1,46	1,34	1,19	1,06	0,84	0,80	0,68	0,57	0,46
200	1,51	1,38	1,27	1,15	1,06	0,89	0,84	0,74	0,65	0,55
250	1,41	1,30	1,19	1,10	1,03	0,89	0,84	0,76	0,68	0,59
300	1,41	1,31	1,21	1,13	1,07	0,94	0,89	0,81	0,74	0,65
350	1,37	1,28	1,18	1,11	1,06	0,94	0,90	0,83	0,76	0,67
400	1,34	1,25	1,16	1,10	1,05	0,95	0,90	0,84	0,77	0,69
450	1,32	1,24	1,15	1,09	1,05	0,96	0,91	0,85	0,78	0,71
500	1,31	1,23	1,15	1,09	1,05	0,96	0,91	0,86	0,80	0,72
550	1,30	1,23	1,14	1,09	1,04	0,96	0,92	0,87	0,81	0,73
600	1,29	1,22	1,13	1,08	1,04	0,96	0,92	0,88	0,82	0,74
650	1,29	1,22	1,13	1,08	1,04	0,96	0,93	0,88	0,83	0,75
700	1,28	1,21	1,13	1,09	1,05	0,97	0,93	0,89	0,84	0,76
750	1,28	1,21	1,13	1,09	1,05	0,97	0,94	0,90	0,85	0,77
800	1,27	1,20	1,13	1,09	1,05	0,97	0,94	0,90	0,85	0,78
850	1,27	1,20	1,13	1,09	1,05	0,97	0,94	0,91	0,86	0,79
900	1,26	1,20	1,12	1,09	1,05	0,97	0,94	0,91	0,87	0,79
Мурманская область										
300	1,36	1,24	1,16	1,08	1,04	0,95	0,86	0,80	0,71	0,59
350	1,37	1,25	1,16	1,09	1,04	0,96	0,91	0,83	0,73	0,63

Продолжение

Среднее количество осадков за год, мм	Обеспеченность, %									
	5	10	20	30	40	60	70	80	90	95
400	1,34	1,23	1,15	1,09	1,04	0,96	0,88	0,84	0,75	0,64
450	1,33	1,22	1,14	1,09	1,04	0,96	0,90	0,84	0,75	0,65
500	1,30	1,21	1,14	1,08	1,03	0,95	0,90	0,84	0,75	0,66
550	1,29	1,20	1,13	1,07	1,03	0,96	0,90	0,84	0,75	0,67
600	1,28	1,20	1,13	1,07	1,03	0,96	0,90	0,84	0,76	0,69
650	1,27	1,19	1,12	1,07	1,03	0,96	0,91	0,85	0,77	0,69
700	1,27	1,19	1,12	1,07	1,03	0,97	0,91	0,85	0,77	0,69
750	1,27	1,18	1,12	1,07	1,03	0,96	0,91	0,86	0,77	0,70
800	1,27	1,19	1,12	1,07	1,03	0,97	0,91	0,86	0,78	0,71
850	1,27	1,19	1,12	1,07	1,03	0,96	0,90	0,86	0,78	0,71
900	1,25	1,18	1,12	1,06	1,02	0,96	0,89	0,85	0,78	0,71
Ленинградская, Новгородская, Псковская области; Республика Карелия										
400	1,39	1,27	1,20	1,12	1,05	0,95	0,91	0,84	0,76	0,68
450	1,38	1,26	1,18	1,11	1,05	0,96	0,91	0,85	0,78	0,70
500	1,37	1,25	1,18	1,11	1,05	0,96	0,92	0,86	0,80	0,73
550	1,36	1,24	1,17	1,10	1,05	0,96	0,92	0,87	0,81	0,75
600	1,35	1,23	1,16	1,10	1,05	0,96	0,92	0,87	0,82	0,76
650	1,34	1,22	1,16	1,10	1,05	0,96	0,92	0,88	0,83	0,77
700	1,34	1,22	1,15	1,10	1,05	0,96	0,93	0,89	0,84	0,78
Калининградская область										
500	1,27	1,20	1,14	1,09	1,04	0,96	0,89	0,83	0,76	0,68
550	1,28	1,21	1,14	1,09	1,04	0,96	0,90	0,84	0,77	0,70

600	1,29	1,21	1,14	1,09	1,04	0,96	0,91	0,85	0,79	0,71
650	1,30	1,22	1,14	1,09	1,04	0,96	0,91	0,86	0,80	0,73
700	1,31	1,22	1,14	1,08	1,04	0,97	0,92	0,87	0,81	0,74
750	1,31	1,22	1,15	1,09	1,04	0,97	0,92	0,88	0,81	0,75
800	1,31	1,22	1,15	1,09	1,04	0,97	0,93	0,89	0,82	0,75
850	1,32	1,22	1,15	1,08	1,04	0,97	0,93	0,89	0,83	0,76
Ярославская, Тверская, Московская, Владимирская, Смоленская, Калужская, Рязанская, Тульская области										
410	1,31	1,22	1,14	1,09	1,04	0,94	0,89	0,83	0,81	0,76
420	1,32	1,23	1,14	1,09	1,04	0,94	0,89	0,83	0,81	0,75
430	1,33	1,23	1,14	1,09	1,04	0,94	0,89	0,83	0,80	0,75
440	1,33	1,24	1,15	1,09	1,04	0,94	0,89	0,84	0,80	0,74
450	1,35	1,25	1,16	1,10	1,05	0,95	0,90	0,84	0,80	0,74
460	1,35	1,24	1,16	1,10	1,04	0,94	0,89	0,84	0,79	0,73
470	1,35	1,25	1,16	1,10	1,04	0,94	0,89	0,84	0,79	0,72
480	1,36	1,25	1,16	1,10	1,05	0,94	0,89	0,84	0,79	0,72
490	1,36	1,26	1,17	1,11	1,05	0,94	0,89	0,84	0,79	0,71
500	1,37	1,26	1,17	1,11	1,05	0,95	0,89	0,84	0,79	0,71
510	1,37	1,26	1,17	1,11	1,05	0,95	0,89	0,84	0,78	0,71
520	1,38	1,27	1,17	1,11	1,05	0,95	0,89	0,84	0,78	0,70
530	1,38	1,27	1,17	1,11	1,05	0,95	0,89	0,84	0,78	0,70
540	1,39	1,27	1,18	1,11	1,05	0,95	0,89	0,84	0,78	0,70
550	1,40	1,28	1,18	1,11	1,05	0,95	0,89	0,84	0,77	0,69
560	1,40	1,28	1,18	1,11	1,05	0,95	0,89	0,84	0,77	0,69
570	1,41	1,29	1,18	1,12	1,05	0,95	0,89	0,84	0,77	0,69
580	1,41	1,29	1,18	1,12	1,05	0,95	0,89	0,84	0,77	0,68
590	1,41	1,29	1,19	1,12	1,05	0,95	0,89	0,84	0,77	0,68

Продолжение

Среднее количество осадков за год, мм	Обеспеченность, %									
	5	10	20	30	40	60	70	80	90	95
600	1,42	1,30	1,19	1,12	1,05	0,95	0,89	0,84	0,76	0,68
610	1,42	1,30	1,19	1,12	1,06	0,95	0,89	0,84	0,76	0,68
620	1,43	1,30	1,19	1,12	1,06	0,95	0,89	0,84	0,76	0,67
630	1,43	1,31	1,19	1,12	1,06	0,95	0,89	0,84	0,76	0,67
640	1,44	1,31	1,20	1,12	1,06	0,95	0,89	0,84	0,76	0,67
650	1,44	1,31	1,20	1,12	1,06	0,95	0,89	0,84	0,76	0,67
660	1,44	1,31	1,20	1,12	1,06	0,95	0,89	0,84	0,76	0,66
670	1,45	1,31	1,20	1,12	1,06	0,95	0,89	0,84	0,75	0,66
680	1,45	1,32	1,20	1,12	1,06	0,95	0,89	0,83	0,75	0,66
690	1,46	1,32	1,20	1,12	1,06	0,95	0,89	0,83	0,75	0,65
700	1,46	1,32	1,20	1,12	1,06	0,95	0,89	0,83	0,74	0,65
710	1,46	1,32	1,21	1,12	1,06	0,95	0,89	0,83	0,74	0,65
720	1,47	1,32	1,21	1,12	1,06	0,95	0,89	0,83	0,74	0,65
730	1,47	1,32	1,21	1,12	1,06	0,95	0,89	0,83	0,74	0,64
Тамбовская, Брянская, Липецкая, Орловская, Курская, Воронежская, Белгородская области										
440	1,37	1,23	1,16	1,10	1,05	0,97	0,92	0,86	0,81	0,74
450	1,38	1,24	1,16	1,10	1,05	0,96	0,92	0,85	0,80	0,73
460	1,39	1,24	1,17	1,10	1,05	0,96	0,91	0,85	0,79	0,71
470	1,40	1,25	1,17	1,11	1,05	0,96	0,91	0,85	0,79	0,70
480	1,40	1,26	1,18	1,11	1,05	0,95	0,90	0,84	0,78	0,69
490	1,42	1,27	1,18	1,11	1,05	0,95	0,90	0,84	0,78	0,68
500	1,42	1,27	1,18	1,11	1,05	0,95	0,90	0,83	0,77	0,67
510	1,43	1,28	1,18	1,11	1,05	0,96	0,89	0,83	0,76	0,66

520	1,44	1,28	1,19	1,11	1,05	0,95	0,89	0,83	0,76	0,65
530	1,44	1,29	1,19	1,11	1,05	0,94	0,89	0,82	0,75	0,64
540	1,45	1,29	1,19	1,11	1,05	0,94	0,89	0,82	0,75	0,63
550	1,46	1,30	1,20	1,11	1,05	0,94	0,88	0,82	0,74	0,63
560	1,47	1,31	1,20	1,12	1,05	0,94	0,88	0,82	0,74	0,62
570	1,47	1,31	1,20	1,12	1,05	0,94	0,88	0,82	0,74	0,61
580	1,48	1,32	1,20	1,12	1,05	0,94	0,88	0,81	0,73	0,60
590	1,48	1,32	1,20	1,12	1,05	0,94	0,87	0,81	0,73	0,60
600	1,49	1,33	1,21	1,13	1,05	0,93	0,87	0,81	0,72	0,59
610	1,49	1,33	1,21	1,13	1,06	0,93	0,87	0,81	0,72	0,58
620	1,50	1,33	1,21	1,13	1,05	0,93	0,86	0,80	0,71	0,58
630	1,51	1,34	1,21	1,13	1,06	0,93	0,86	0,80	0,71	0,57
640	1,51	1,34	1,21	1,13	1,06	0,93	0,86	0,80	0,71	0,56
650	1,51	1,34	1,22	1,13	1,06	0,93	0,86	0,80	0,70	0,56
Ивановская, Костромская, Кировская, Нижегородская области; Республика Марий Эл, Удмуртская Республика, Республика Чувашия, Республика Мордовия										
350	1,30	1,22	1,16	1,09	1,04	0,96	0,91	0,87	0,82	0,77
400	1,31	1,23	1,16	1,09	1,04	0,96	0,91	0,87	0,81	0,75
450	1,32	1,24	1,16	1,10	1,04	0,96	0,91	0,86	0,80	0,73
500	1,33	1,24	1,16	1,10	1,04	0,96	0,91	0,86	0,80	0,72
550	1,33	1,24	1,17	1,11	1,04	0,96	0,91	0,86	0,79	0,70
600	1,34	1,25	1,17	1,11	1,04	0,96	0,91	0,85	0,79	0,70
650	1,34	1,25	1,17	1,11	1,05	0,96	0,91	0,85	0,78	0,69
Ульяновская, Самарская, Пензенская, Оренбургская, Саратовская обл., Республика Татарстан										
250	1,67	1,48	1,27	1,17	1,07	0,92	0,84	0,76	0,68	0,60
300	1,57	1,41	1,25	1,15	1,06	0,93	0,86	0,78	0,70	0,62

Продолжение

Среднее количество осадков за год, мм	Обеспеченность, %									
	5	10	20	30	40	60	70	80	90	95
350	1,52	1,37	1,24	1,15	1,07	0,94	0,87	0,80	0,72	0,64
400	1,47	1,34	1,22	1,14	1,06	0,94	0,88	0,81	0,73	0,64
450	1,44	1,31	1,22	1,14	1,07	0,94	0,88	0,81	0,74	0,66
500	1,42	1,30	1,22	1,14	1,07	0,95	0,89	0,82	0,74	0,66
550	1,40	1,28	1,21	1,14	1,07	0,95	0,89	0,83	0,75	0,66
600	1,37	1,27	1,20	1,13	1,07	0,95	0,90	0,83	0,75	0,67
650	1,36	1,26	1,20	1,13	1,06	0,95	0,90	0,83	0,75	0,67
700	1,35	1,25	1,20	1,13	1,06	0,95	0,90	0,84	0,75	0,68
Волгоградская, Ростовская, Астраханская области; Краснодарский, Ставропольский края; Республика Калмыкия, Кабардино-Балкарская Республика, Чеченская Республика, Республика Ингушетия, Республика Северная Осетия-Алания										
130	1,89	1,65	1,43	1,26	1,14	0,93	0,81	0,72	0,54	0,39
150	1,78	1,56	1,37	1,22	1,10	0,93	0,82	0,74	0,57	0,45
200	1,65	1,46	1,30	1,18	1,09	0,93	0,85	0,76	0,62	0,51
250	1,58	1,40	1,26	1,15	1,07	0,93	0,86	0,77	0,65	0,55
300	1,52	1,37	1,23	1,14	1,07	0,94	0,87	0,78	0,67	0,57
350	1,49	1,35	1,22	1,13	1,06	0,95	0,87	0,79	0,68	0,59
400	1,45	1,32	1,20	1,12	1,06	0,94	0,87	0,79	0,69	0,60
450	1,44	1,31	1,20	1,12	1,05	0,95	0,87	0,80	0,70	0,61
500	1,43	1,30	1,19	1,11	1,05	0,95	0,88	0,80	0,71	0,62
550	1,41	1,29	1,26	1,11	1,05	0,95	0,88	0,80	0,71	0,62
600	1,40	1,28	1,18	1,10	1,05	0,95	0,88	0,80	0,72	0,63
650	1,39	1,27	1,17	1,10	1,05	0,95	0,88	0,80	0,72	0,63

700	1,38	1,27	1,17	1,10	1,05	0,95	0,88	0,81	0,72	0,64
750	1,37	1,26	1,16	1,09	1,03	0,95	0,88	0,80	0,72	0,64
800	1,37	1,25	1,16	1,09	1,04	0,95	0,88	0,81	0,73	0,64
850	1,35	1,24	1,15	1,08	1,03	0,94	0,87	0,80	0,72	0,64
900	1,36	1,25	1,16	1,09	1,04	0,95	0,88	0,81	0,73	0,64
950	1,35	1,23	1,15	1,09	1,04	0,95	0,88	0,81	0,73	0,65
1000	1,36	1,24	1,15	1,09	1,04	0,95	0,88	0,81	0,73	0,65
1050	1,34	1,23	1,15	1,08	1,04	0,95	0,88	0,81	0,73	0,65
1100	1,34	1,23	1,15	1,08	1,04	0,95	0,88	0,81	0,74	0,65
1150	1,34	1,23	1,15	1,08	1,04	0,95	0,88	0,81	0,74	0,65
1200	1,34	1,22	1,15	1,08	1,04	0,95	0,89	0,81	0,74	0,66
1250	1,34	1,22	1,15	1,08	1,04	0,95	0,89	0,81	0,74	0,66
1300	1,34	1,21	1,14	1,08	1,05	0,95	0,88	0,81	0,74	0,66
1350	1,34	1,21	1,14	1,08	1,05	0,95	0,88	0,81	0,75	0,66
1400	1,33	1,21	1,14	1,07	1,05	0,95	0,88	0,81	0,75	0,66
1450	1,33	1,21	1,14	1,07	1,05	0,95	0,88	0,81	0,75	0,66
1500	1,33	1,20	1,14	1,07	1,05	0,95	0,88	0,81	0,75	0,67
1600	1,32	1,20	1,14	1,07	1,04	0,95	0,88	0,81	0,76	0,67
1700	1,32	1,20	1,14	1,06	1,04	0,94	0,88	0,82	0,76	0,67
1800	1,32	1,19	1,13	1,06	1,04	0,94	0,88	0,81	0,76	0,67
1900	1,32	1,19	1,12	1,06	1,04	0,95	0,88	0,81	0,76	0,68
2000	1,32	1,18	1,12	1,05	1,03	0,94	0,88	0,81	0,77	0,68
2100	1,33	1,19	1,13	1,06	1,04	0,95	0,88	0,82	0,78	0,69
2200	1,32	1,18	1,11	1,05	1,03	0,94	0,88	0,81	0,77	0,68
2300	1,33	1,18	1,11	1,05	1,03	0,94	0,88	0,81	0,77	0,69
2400	1,33	1,18	1,11	1,05	1,03	0,94	0,88	0,82	0,78	0,69
2500	1,34	1,18	1,11	1,05	1,03	0,94	0,88	0,82	0,78	0,69

Продолжение

Среднее количество осадков за год, мм	Обеспеченность, %									
	5	10	20	30	40	60	70	80	90	95
2600	1,34	1,19	1,11	1,05	1,04	0,96	0,88	0,82	0,78	0,70
2700	1,34	1,19	1,12	1,05	1,04	0,94	0,88	0,82	0,79	0,70
2800	1,34	1,18	1,12	1,05	1,04	0,94	0,88	0,82	0,79	0,70
2900	1,34	1,18	1,11	1,05	1,04	0,94	0,88	0,82	0,79	0,71
3000	1,34	1,18	1,11	1,05	1,04	0,94	0,88	0,82	0,79	0,71
3100	1,34	1,18	1,11	1,06	1,04	0,94	0,88	0,82	0,79	0,71
3200	1,34	1,18	1,11	1,06	1,04	0,94	0,88	0,83	0,79	0,71
Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области, Республика Башкортостан										
250	1,62	1,48	1,30	1,20	1,09	0,91	0,84	0,76	0,67	0,58
300	1,53	1,42	1,26	1,17	1,08	0,93	0,87	0,79	0,70	0,62
350	1,47	1,36	1,23	1,15	1,07	0,93	0,88	0,80	0,72	0,64
400	1,42	1,33	1,21	1,13	1,06	0,94	0,89	0,82	0,74	0,65
450	1,38	1,30	1,19	1,12	1,06	0,95	0,90	0,83	0,75	0,67
500	1,35	1,27	1,18	1,11	1,05	0,95	0,90	0,84	0,76	0,68
550	1,33	1,26	1,17	1,11	1,05	0,95	0,91	0,84	0,77	0,68
600	1,34	1,26	1,18	1,12	1,07	0,97	0,93	0,86	0,79	0,70
650	1,30	1,23	1,15	1,10	1,05	0,96	0,90	0,85	0,78	0,70
700	1,28	1,22	1,14	1,09	1,04	0,96	0,92	0,86	0,78	0,70
750	1,27	1,21	1,14	1,09	1,04	0,96	0,92	0,86	0,78	0,70
800	1,26	1,20	1,14	1,09	1,05	0,97	0,93	0,87	0,80	0,71
850	1,25	1,19	1,13	1,08	1,04	0,97	0,93	0,87	0,80	0,71
900	1,24	1,19	1,13	1,08	1,04	0,97	0,93	0,87	0,80	0,71
950	1,22	1,18	1,12	1,07	1,04	0,97	0,93	0,87	0,80	0,69

1000	1,22	1,18	1,12	1,07	1,03	0,97	0,92	0,87	0,80	0,72
1050	1,22	1,17	1,11	1,06	1,03	0,97	0,92	0,87	0,80	0,72
Омская, Тюменская области										
250	1,58	1,36	1,21	1,10	1,04	0,96	0,91	0,85	0,77	0,66
300	1,60	1,39	1,24	1,13	1,05	0,94	0,89	0,82	0,73	0,63
350	1,63	1,41	1,26	1,14	1,06	0,94	0,87	0,80	0,71	0,59
400	1,64	1,42	1,27	1,15	1,06	0,93	0,86	0,79	0,69	0,57
450	1,66	1,43	1,29	1,17	1,07	0,92	0,86	0,78	0,67	0,56
500	1,67	1,45	1,30	1,18	1,07	0,92	0,85	0,77	0,67	0,54
550	1,68	1,45	1,30	1,18	1,07	0,92	0,84	0,76	0,65	0,53
600	1,69	1,46	1,31	1,19	1,08	0,92	0,84	0,75	0,65	0,53
Томская, Новосибирская, Кемеровская области; Алтайский край; Республика Алтай										
100	1,45	1,30	1,20	1,10	1,05	0,95	0,90	0,80	0,70	0,65
150	1,45	1,31	1,21	1,14	1,07	0,97	0,90	0,83	0,76	0,69
200	1,38	1,28	1,19	1,13	1,05	0,95	0,90	0,85	0,77	0,72
250	1,37	1,27	1,18	1,12	1,06	0,96	0,92	0,86	0,78	0,71
300	1,35	1,25	1,16	1,11	1,04	0,94	0,91	0,86	0,79	0,71
350	1,33	1,25	1,17	1,12	1,06	0,96	0,91	0,86	0,80	0,72
400	1,33	1,23	1,16	1,11	1,05	0,95	0,91	0,86	0,80	0,72
450	1,31	1,22	1,16	1,10	1,06	0,97	0,92	0,87	0,80	0,72
500	1,31	1,22	1,16	1,10	1,05	0,96	0,92	0,87	0,81	0,73
550	1,30	1,21	1,16	1,10	1,06	0,96	0,92	0,87	0,81	0,72
600	1,30	1,21	1,15	1,10	1,05	0,97	0,92	0,87	0,81	0,72
650	1,29	1,21	1,16	1,10	1,05	0,96	0,92	0,87	0,81	0,73
700	1,29	1,20	1,14	1,09	1,04	0,96	0,91	0,86	0,80	0,72
750	1,29	1,21	1,15	1,10	1,05	0,97	0,93	0,87	0,81	0,72

Продолжение

Среднее количество осадков за год, мм	Обеспеченность, %									
	5	10	20	30	40	60	70	80	90	95
800	1,28	1,20	1,14	1,09	1,04	0,96	0,92	0,87	0,80	0,73
850	1,28	1,20	1,14	1,09	1,04	0,96	0,92	0,87	0,81	0,72
900	1,28	1,20	1,14	1,09	1,04	0,96	0,92	0,87	0,81	0,72
950	1,27	1,19	1,14	1,09	1,05	0,96	0,92	0,87	0,81	0,73
1000	1,28	1,19	1,14	1,09	1,05	0,96	0,92	0,87	0,81	0,73
1050	1,27	1,19	1,14	1,09	1,05	0,96	0,92	0,87	0,81	0,73
1100	1,27	1,19	1,14	1,09	1,05	0,96	0,92	0,87	0,81	0,73
1150	1,27	1,19	1,14	1,09	1,05	0,96	0,92	0,87	0,81	0,73
1200	1,27	1,19	1,14	1,09	1,05	0,96	0,92	0,87	0,81	0,73
1250	1,27	1,19	1,14	1,09	1,05	0,96	0,92	0,87	0,82	0,73
1300	1,27	1,18	1,13	1,09	1,05	0,96	0,92	0,87	0,82	0,73
1350	1,27	1,18	1,14	1,09	1,05	0,96	0,92	0,87	0,82	0,73
Красноярский край, Республика Тыва, Республика Хакасия										
150	1,64	1,32	1,25	1,15	1,08	0,95	0,86	0,76	0,58	0,20
160	1,53	1,29	1,22	1,13	1,06	0,95	0,89	0,78	0,65	0,37
200	1,46	1,27	1,19	1,11	1,06	0,95	0,89	0,80	0,69	0,46
240	1,43	1,26	1,18	1,10	1,05	0,95	0,90	0,82	0,71	0,53
280	1,40	1,25	1,17	1,09	1,04	0,95	0,90	0,83	0,73	0,57
320	1,38	1,24	1,16	1,09	1,05	0,95	0,91	0,84	0,75	0,60
360	1,36	1,23	1,15	1,09	1,04	0,95	0,91	0,84	0,77	0,63
400	1,35	1,23	1,15	1,09	1,05	0,95	0,91	0,85	0,77	0,65
440	1,35	1,23	1,15	1,09	1,05	0,95	0,92	0,86	0,78	0,67
480	1,34	1,23	1,15	1,10	1,05	0,96	0,92	0,86	0,79	0,69

520	1,33	1,23	1,15	1,09	1,05	0,95	0,92	0,87	0,80	0,70
560	1,31	1,22	1,14	1,09	1,04	0,95	0,92	0,87	0,80	0,71
600	1,31	1,22	1,14	1,09	1,04	0,96	0,92	0,87	0,80	0,71
640	1,30	1,22	1,14	1,08	1,04	0,96	0,92	0,87	0,81	0,72
680	1,29	1,21	1,14	1,08	1,04	0,96	0,92	0,87	0,81	0,73
720	1,28	1,20	1,13	1,08	1,04	0,96	0,92	0,87	0,81	0,73
760	1,27	1,20	1,13	1,08	1,04	0,96	0,92	0,87	0,81	0,74
800	1,27	1,19	1,13	1,08	1,04	0,96	0,93	0,88	0,81	0,74
840	1,26	1,18	1,12	1,07	1,04	0,96	0,93	0,88	0,82	0,75
880	1,25	1,18	1,12	1,07	1,03	0,97	0,93	0,88	0,82	0,75
920	1,25	1,18	1,12	1,07	1,03	0,97	0,93	0,88	0,82	0,76
960	1,24	1,17	1,11	1,07	1,03	0,97	0,93	0,88	0,82	0,76
1000	1,24	1,16	1,11	1,07	1,03	0,97	0,93	0,88	0,82	0,76
1040	1,23	1,17	1,11	1,07	1,03	0,97	0,93	0,88	0,83	0,77
1080	1,23	1,17	1,11	1,07	1,03	0,97	0,93	0,89	0,83	0,77
1120	1,22	1,16	1,11	1,06	1,03	0,97	0,93	0,88	0,83	0,77
1160	1,22	1,16	1,10	1,07	1,03	0,97	0,93	0,89	0,83	0,77
1200	1,22	1,16	1,10	1,06	1,03	0,97	0,93	0,89	0,83	0,78
1240	1,21	1,16	1,10	1,06	1,03	0,97	0,93	0,89	0,83	0,78
Иркутская область										
150	1,98	1,71	1,46	1,25	1,13	0,84	0,71	0,60	0,54	0,43
200	1,74	1,53	1,34	1,20	1,10	0,89	0,80	0,70	0,63	0,52
250	1,60	1,43	1,27	1,16	1,08	0,92	0,84	0,76	0,67	0,58
300	1,50	1,19	1,22	1,14	1,07	0,96	0,86	0,79	0,70	0,62
350	1,44	1,40	1,19	1,13	1,06	0,94	0,88	0,81	0,73	0,64
400	1,39	1,27	1,17	1,11	1,05	0,95	0,90	0,83	0,74	0,66
450	1,35	1,24	1,15	1,10	1,04	0,96	0,91	0,84	0,75	0,67

Продолжение

Среднее количество осадков за год, мм	Обеспеченность, %									
	5	10	20	30	40	60	70	80	90	95
500	1,32	1,22	1,14	1,09	1,04	0,96	0,92	0,86	0,77	0,69
550	1,28	1,20	1,13	1,09	1,04	0,97	0,93	0,87	0,77	0,69
600	1,28	1,19	1,12	1,08	1,04	0,97	0,91	0,87	0,78	0,70
650	1,26	1,18	1,11	1,06	1,03	0,97	0,94	0,87	0,78	0,71
700	1,27	1,16	1,10	1,06	1,03	0,97	0,94	0,87	0,79	0,72
750	1,23	1,16	1,09	1,06	1,03	0,97	0,94	0,88	0,79	0,72
800	1,22	1,15	1,09	1,05	1,02	0,97	0,95	0,88	0,80	0,72
850	1,20	1,14	1,08	1,05	1,02	0,97	0,95	0,88	0,80	0,73
900	1,19	1,13	1,08	1,05	1,02	0,97	0,95	0,89	0,80	0,73
950	1,19	1,13	1,08	1,04	1,02	0,97	0,96	0,89	0,80	0,74
1000	1,18	1,12	1,08	1,04	1,02	0,97	0,96	0,90	0,81	0,74
1050	1,17	1,12	1,07	1,04	1,01	0,97	0,96	0,90	0,81	0,74
1100	1,16	1,11	1,07	1,03	1,01	0,98	0,96	0,90	0,81	0,75
1150	1,15	1,10	1,06	1,03	1,01	0,98	0,96	0,91	0,82	0,75
1200	1,14	1,09	1,05	1,02	1,01	0,98	0,96	0,91	0,82	0,75
1250	1,13	1,08	1,05	1,02	1,01	0,98	0,97	0,91	0,82	0,76
1300	1,13	1,08	1,04	1,02	1,01	0,98	0,97	0,91	0,82	0,76
Читинская область, Республика Бурятия										
150	1,57	1,41	1,21	1,12	1,06	0,93	0,94	0,79	0,72	0,63
200	1,55	1,38	1,21	1,12	1,06	0,94	0,87	0,80	0,69	0,59
250	1,52	1,35	1,20	1,11	1,05	0,94	0,87	0,78	0,69	0,57
300	1,51	1,34	1,20	1,11	1,05	0,93	0,87	0,78	0,67	0,55
350	1,51	1,34	1,21	1,11	1,06	0,94	0,87	0,79	0,67	0,55

400	1,49	1,33	1,19	1,10	1,05	0,94	0,87	0,78	0,67	0,53
450	1,48	1,32	1,19	1,10	1,05	0,93	0,87	0,77	0,66	0,53
500	1,48	1,32	1,19	1,11	1,05	0,94	0,87	0,77	0,66	0,53
550	1,48	1,32	1,19	1,11	1,05	0,94	0,87	0,78	0,66	0,52
600	1,49	1,32	1,20	1,11	1,05	0,94	0,87	0,78	0,66	0,52
650	1,48	1,31	1,19	1,11	1,05	0,94	0,87	0,78	0,66	0,52
700	1,47	1,31	1,19	1,11	1,05	0,94	0,87	0,78	0,65	0,51
750	1,46	1,30	1,19	1,10	1,04	0,94	0,87	0,78	0,65	0,51
800	1,46	1,30	1,19	1,10	1,04	0,94	0,87	0,78	0,65	0,51
850	1,45	1,31	1,18	1,10	1,04	0,94	0,87	0,78	0,65	0,50
900	1,45	1,30	1,18	1,10	1,04	0,94	0,87	0,78	0,65	0,50
950	1,45	1,30	1,18	1,10	1,04	0,94	0,87	0,78	0,65	0,50
1000	1,45	1,29	1,18	1,10	1,04	0,94	0,88	0,78	0,65	0,50
1050	1,45	1,29	1,18	1,10	1,04	0,94	0,87	0,78	0,65	0,50
1100	1,44	1,29	1,18	1,10	1,04	0,94	0,88	0,78	0,65	0,50
1150	1,44	1,29	1,18	1,10	1,04	0,94	0,87	0,78	0,65	0,50
1200	1,44	1,29	1,17	1,09	1,04	0,93	0,87	0,77	0,65	0,50
1250	1,45	1,30	1,18	1,10	1,05	0,94	0,88	0,78	0,65	0,50
Республика Саха (Якутия)										
100	1,61	1,39	1,27	1,18	1,07	0,94	0,88	0,81	0,66	0,51
150	1,52	1,34	1,24	1,16	1,08	0,95	0,88	0,82	0,70	0,58
200	1,47	1,32	1,22	1,15	1,07	0,94	0,88	0,82	0,72	0,61
250	1,44	1,30	1,21	1,14	1,06	0,94	0,88	0,82	0,73	0,63
300	1,42	1,29	1,20	1,13	1,06	0,94	0,88	0,82	0,73	0,64
350	1,41	1,29	1,19	1,13	1,06	0,95	0,88	0,82	0,74	0,65
400	1,40	1,28	1,19	1,12	1,05	0,95	0,88	0,82	0,74	0,66

Продолжение

Среднее количество осадков за год, мм	Обеспеченность, %									
	5	10	20	30	40	60	70	80	90	95
450	1,39	1,27	1,19	1,12	1,06	0,95	0,88	0,82	0,75	0,67
500	1,38	1,27	1,18	1,12	1,06	0,95	0,88	0,82	0,75	0,67
550	1,37	1,27	1,18	1,12	1,06	0,95	0,88	0,82	0,75	0,68
600	1,37	1,26	1,18	1,12	1,06	0,95	0,88	0,82	0,75	0,68
Приморский край										
350	1,28	1,19	1,07	1,04	1,01	0,97	0,89	0,81	0,75	0,72
400	1,32	1,22	1,10	1,06	1,02	0,96	0,90	0,82	0,76	0,70
450	1,35	1,25	1,13	1,04	1,03	0,96	0,90	0,83	0,76	0,70
500	1,38	1,26	1,15	1,10	1,04	0,96	0,90	0,83	0,77	0,70
550	1,40	1,27	1,17	1,11	1,05	0,95	0,90	0,84	0,77	0,69
600	1,43	1,29	1,19	1,12	1,05	0,95	0,90	0,84	0,77	0,69
650	1,44	1,30	1,20	1,14	1,06	0,95	0,90	0,85	0,77	0,69
700	1,45	1,30	1,21	1,13	1,06	0,95	0,90	0,85	0,78	0,69
750	1,47	1,31	1,22	1,14	1,07	0,95	0,90	0,85	0,78	0,68
800	1,48	1,31	1,23	1,15	1,07	0,95	0,90	0,85	0,78	0,68
850	1,49	1,32	1,24	1,16	1,07	0,94	0,90	0,85	0,78	0,68
900	1,50	1,33	1,25	1,16	1,08	0,94	0,90	0,86	0,78	0,68
950	1,50	1,33	1,25	1,16	1,07	0,94	0,90	0,86	0,78	0,68
1000	1,51	1,34	1,30	1,16	1,08	0,94	0,90	0,86	0,78	0,68
1050	1,51	1,34	1,26	1,17	1,09	0,94	0,90	0,86	0,78	0,68
1100	1,52	1,35	1,27	1,17	1,09	0,94	0,90	0,86	0,78	0,68
Камчатская область										
250	1,33	1,13	1,08	1,05	1,02	0,98	0,94	0,85	0,70	0,47

300	1,37	1,19	1,11	1,06	1,03	0,96	0,92	0,85	0,71	0,50
350	1,41	1,24	1,14	1,08	1,04	0,96	0,91	0,85	0,72	0,54
400	1,44	1,28	1,17	1,10	1,05	0,96	0,91	0,85	0,73	0,56
450	1,46	1,30	1,18	1,11	1,05	0,95	0,90	0,84	0,73	0,58
500	1,47	1,31	1,19	1,12	1,06	0,94	0,90	0,84	0,73	0,59
550	1,48	1,32	1,20	1,12	1,07	0,94	0,89	0,84	0,74	0,60
600	1,50	1,33	1,21	1,13	1,07	0,94	0,89	0,84	0,75	0,61
650	1,50	1,34	1,21	1,13	1,07	0,94	0,89	0,84	0,75	0,62
700	1,51	1,34	1,22	1,14	1,07	0,93	0,89	0,84	0,75	0,63
750	1,42	1,26	1,15	1,07	1,00	0,87	0,82	0,78	0,70	0,59
800	1,51	1,35	1,23	1,15	1,07	0,93	0,88	0,83	0,75	0,64
850	1,51	1,35	1,23	1,14	1,07	0,93	0,88	0,83	0,75	0,65
900	1,51	1,36	1,24	1,15	1,08	0,93	0,88	0,83	0,75	0,65
950	1,51	1,36	1,24	1,15	1,07	0,93	0,87	0,82	0,75	0,65
1000	1,50	1,36	1,24	1,15	1,07	0,93	0,87	0,82	0,75	0,66
1100	1,50	1,36	1,25	1,15	1,08	0,93	0,87	0,82	0,75	0,66
1200	1,50	1,37	1,25	1,15	1,08	0,93	0,87	0,82	0,75	0,67
1300	1,50	1,37	1,25	1,16	1,08	0,93	0,87	0,82	0,75	0,67
1400	1,50	1,38	1,26	1,16	1,07	0,93	0,86	0,82	0,76	0,68
1500	1,49	1,38	1,26	1,16	1,07	0,93	0,86	0,82	0,69	0,68
1600	1,49	1,38	1,26	1,16	1,07	0,93	0,86	0,82	0,76	0,68
Магаданская область; Чукотский автономный округ										
150	1,55	1,36	1,22	1,13	1,07	0,93	0,86	0,72	0,54	0,38
200	1,56	1,56	1,24	1,14	1,07	0,93	0,85	0,71	0,54	0,36
250	1,58	1,37	1,25	1,15	1,08	0,93	0,84	0,71	0,53	0,34
300	1,65	1,38	1,26	1,16	1,08	0,93	0,84	0,71	0,53	0,34

Продолжение

Среднее количество осадков за год, мм	Обеспеченность, %									
	5	10	20	30	40	60	70	80	90	95
350	1,59	1,38	1,26	1,16	1,08	0,93	0,84	0,71	0,53	0,33
400	1,77	1,38	1,27	1,16	1,08	0,93	0,84	0,70	0,53	0,33
450	1,58	1,38	1,26	1,16	1,08	0,93	0,84	0,70	0,53	0,33
500	1,59	1,38	1,27	1,17	1,08	0,93	0,84	0,70	0,53	0,33
550	1,59	1,38	1,27	1,17	1,08	0,93	0,84	0,70	0,53	0,32
Сахалинская область										
400	1,24	1,15	1,12	1,06	1,03	0,97	0,93	0,90	0,87	0,80
450	1,24	1,17	1,12	1,07	1,03	0,97	0,93	0,89	0,85	0,78
500	1,25	1,17	1,13	1,07	1,03	0,97	0,92	0,87	0,83	0,76
600	1,25	1,19	1,13	1,08	1,04	0,96	0,91	0,86	0,80	0,72
700	1,26	1,20	1,13	1,08	1,04	0,96	0,91	0,84	0,79	0,70
800	1,26	1,20	1,13	1,08	1,04	0,96	0,90	0,83	0,77	0,69
900	1,27	1,21	1,14	1,09	1,05	0,96	0,90	0,83	0,76	0,67
1000	1,27	1,21	1,14	1,09	1,05	0,96	0,89	0,82	0,75	0,66
1100	1,27	1,21	1,14	1,09	1,05	0,96	0,89	0,81	0,74	0,65
1200	1,28	1,22	1,15	1,09	1,05	0,96	0,90	0,82	0,75	0,66
1300	1,29	1,22	1,15	1,10	1,05	0,96	0,90	0,82	0,75	0,66
1400	1,30	1,22	1,15	1,10	1,05	0,96	0,90	0,82	0,75	0,65
1500	1,30	1,22	1,15	1,09	1,05	0,96	0,89	0,81	0,75	0,65
1600	1,29	1,22	1,15	1,09	1,04	0,96	0,89	0,81	0,84	0,75

Примечание Коэффициенты перехода для Хабаровского края, Амурской области и Еврейской автономной области не приводятся ввиду отсутствия исходных данных по осадкам различной обеспеченности в [25].

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

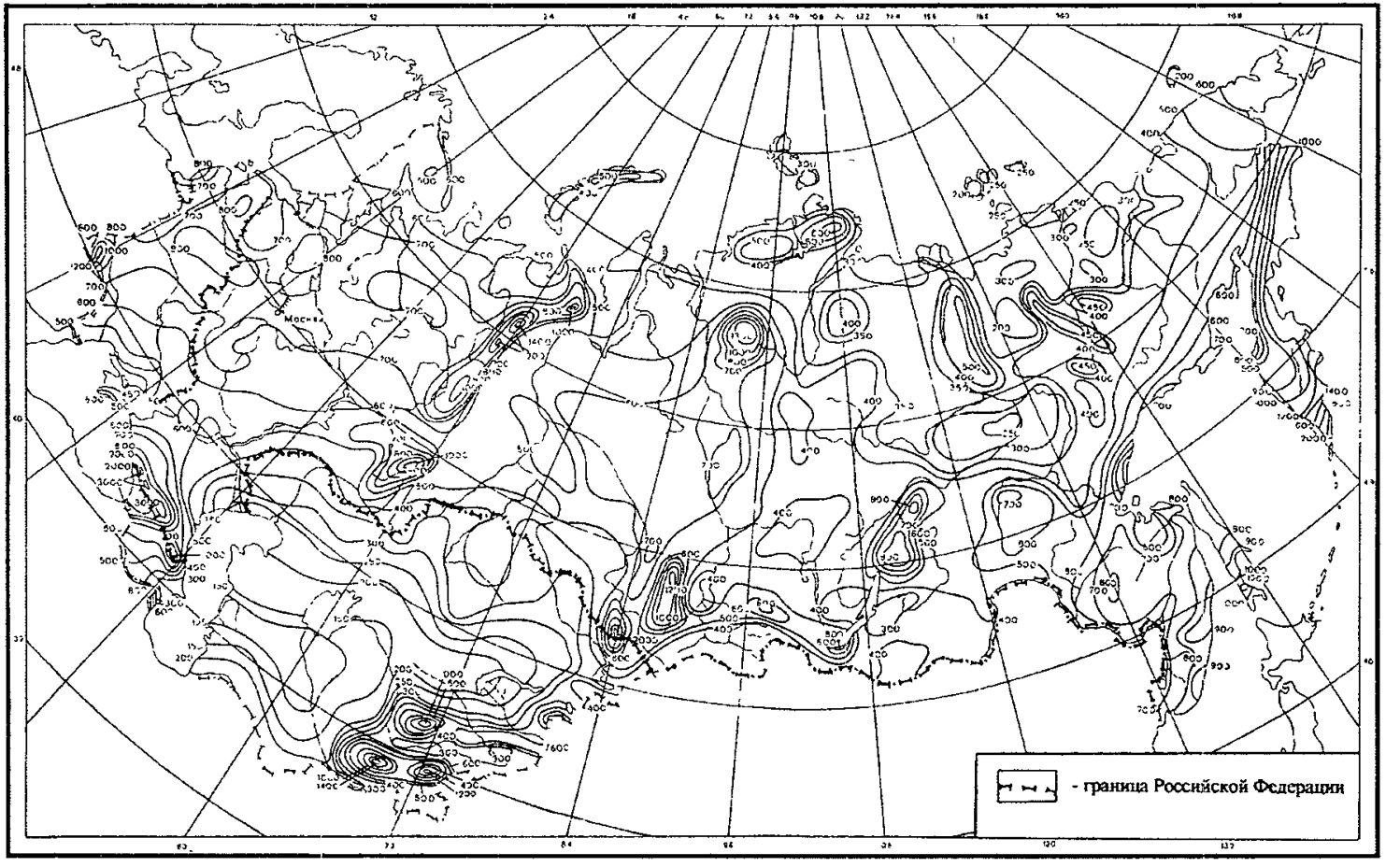


Рис. П2.1. Среднее годовое количество осадков, мм

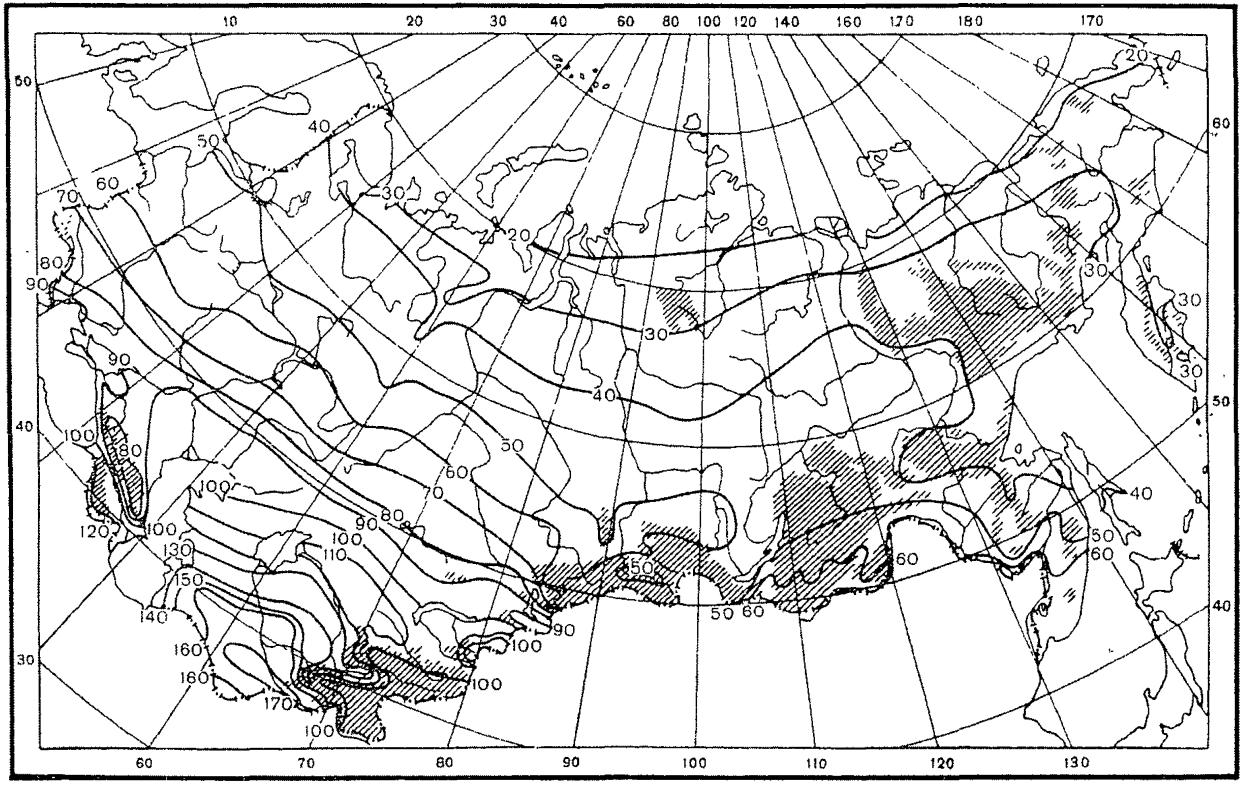


Рис. П2.2. Средняя годовая испаряемость, см

▨ – горные районы

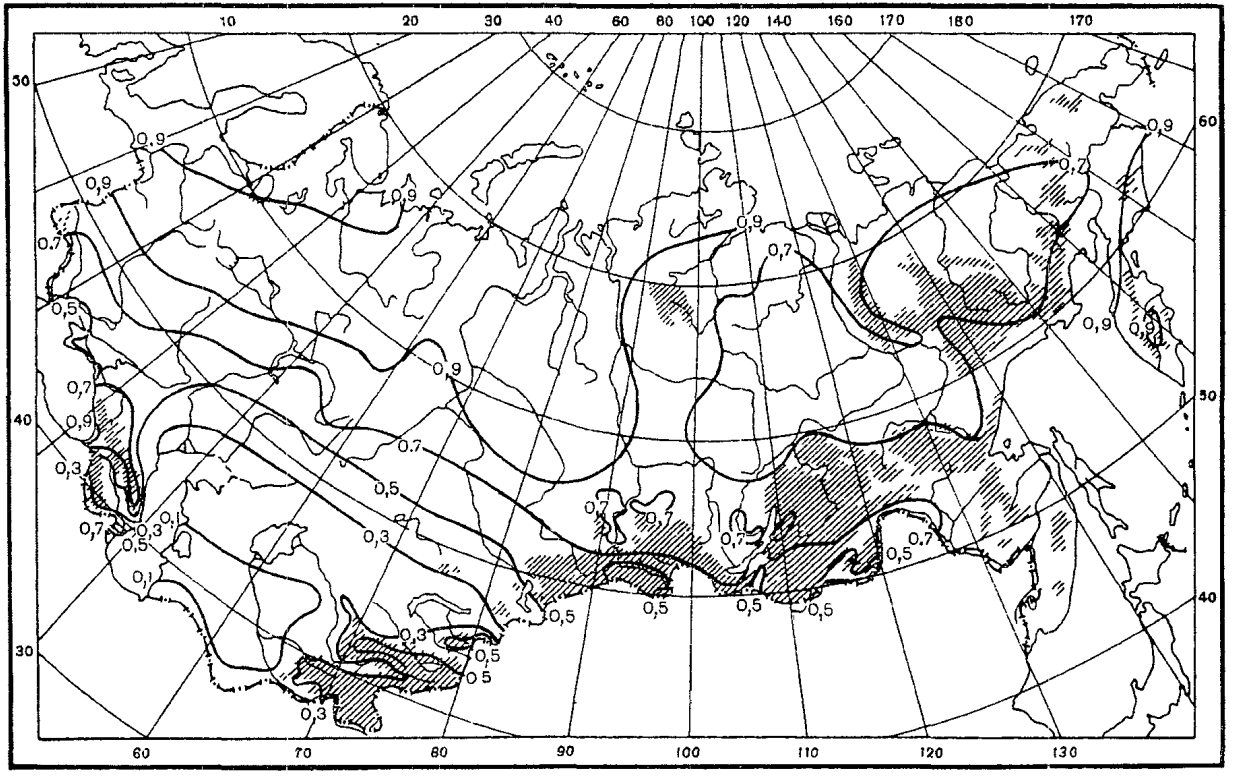


Рис. П2.3. Среднее годовое относительное испарение, E/E_0

▨ – горные районы

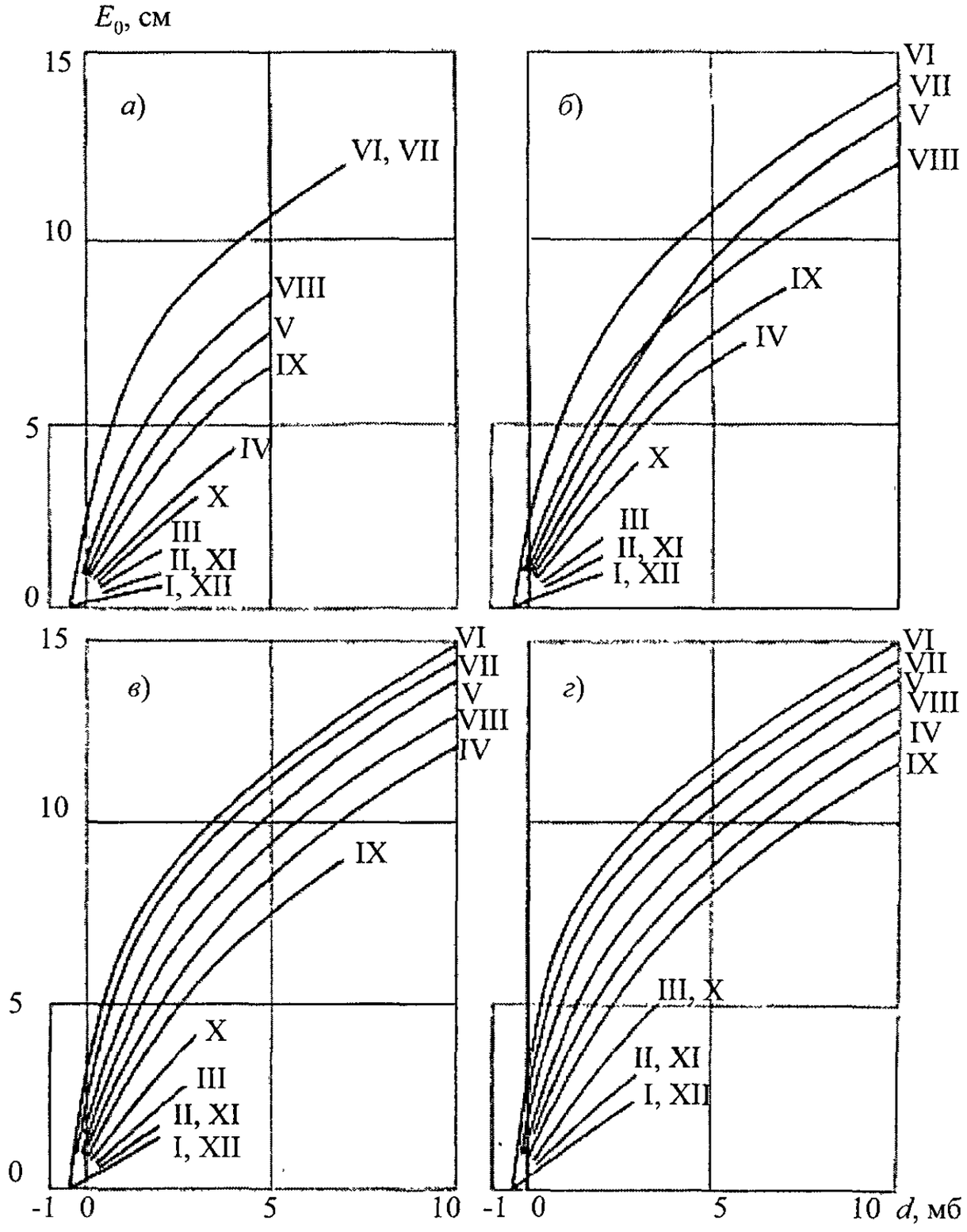


Рис. П2.4. Зависимость испаряемости E_0 от дефицита влажности воздуха d:
а – зона тундры и лесотундры; *б* – зона хвойных лесов;
в – зона смешанных лесов; *г* – зона лиственных лесов

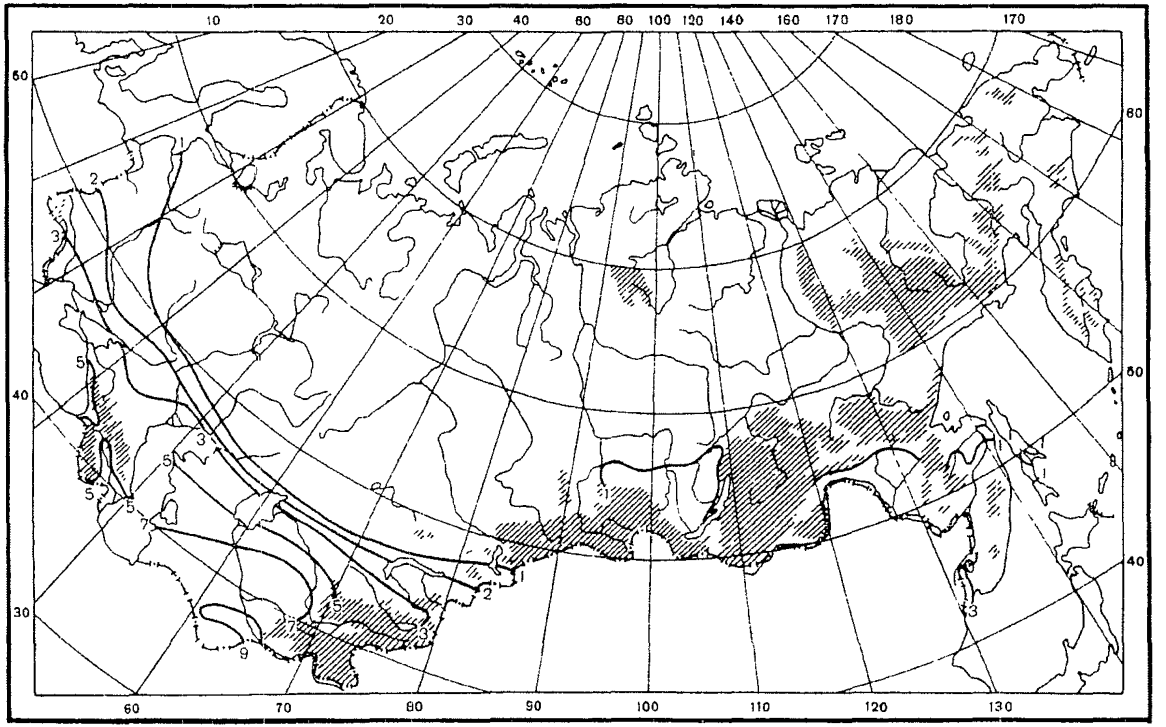


Рис. П2.5. Средняя месячная испаряемость, см. Март

▨ – горные районы

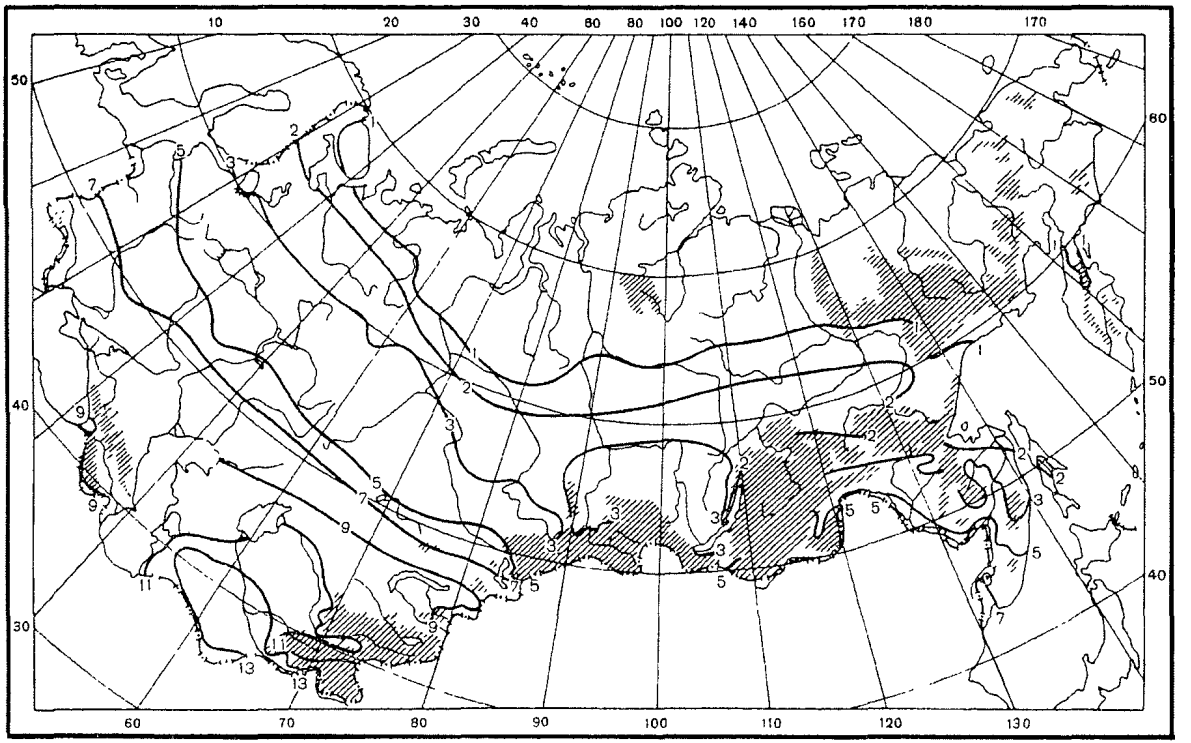


Рис. П2.6. Средняя месячная испаряемость, см. Апрель

▨ – горные районы

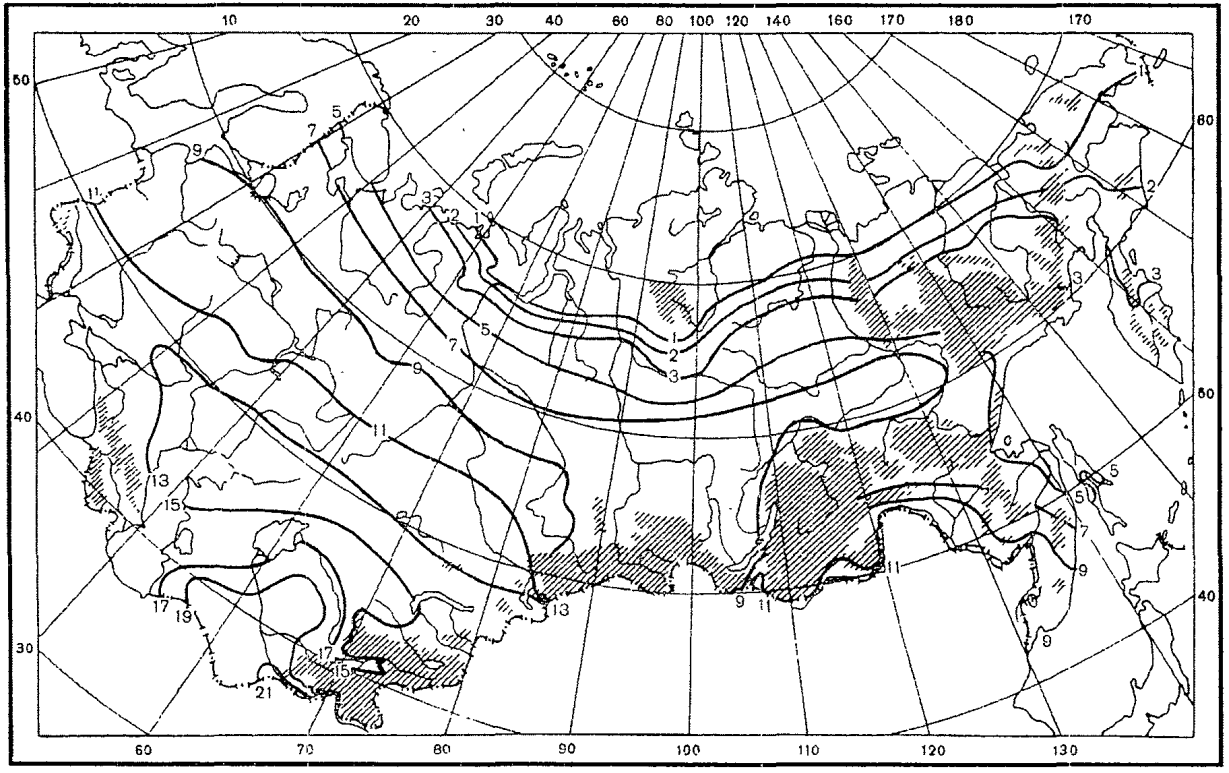


Рис. П2.7. Средняя месячная испаряемость, см. Май

▨ – горные районы

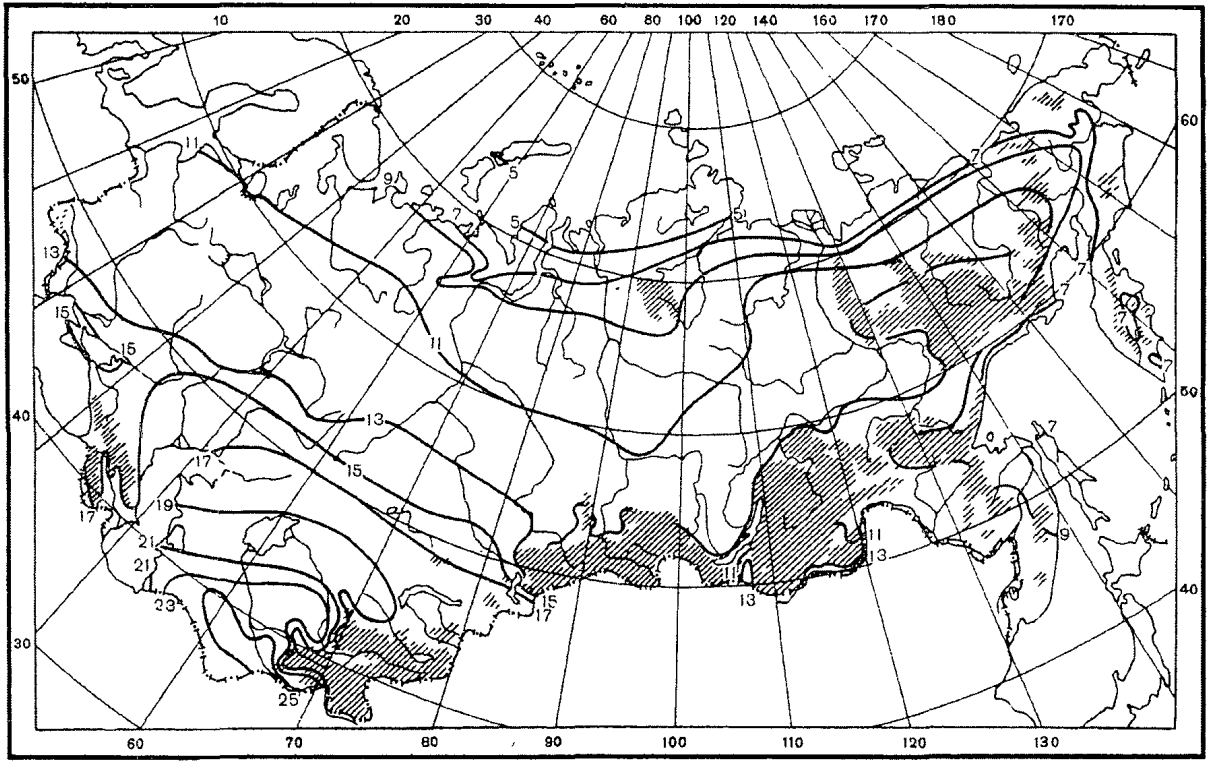


Рис. П2.8. Средняя месячная испаряемость, см. Июнь

▨ – горные районы

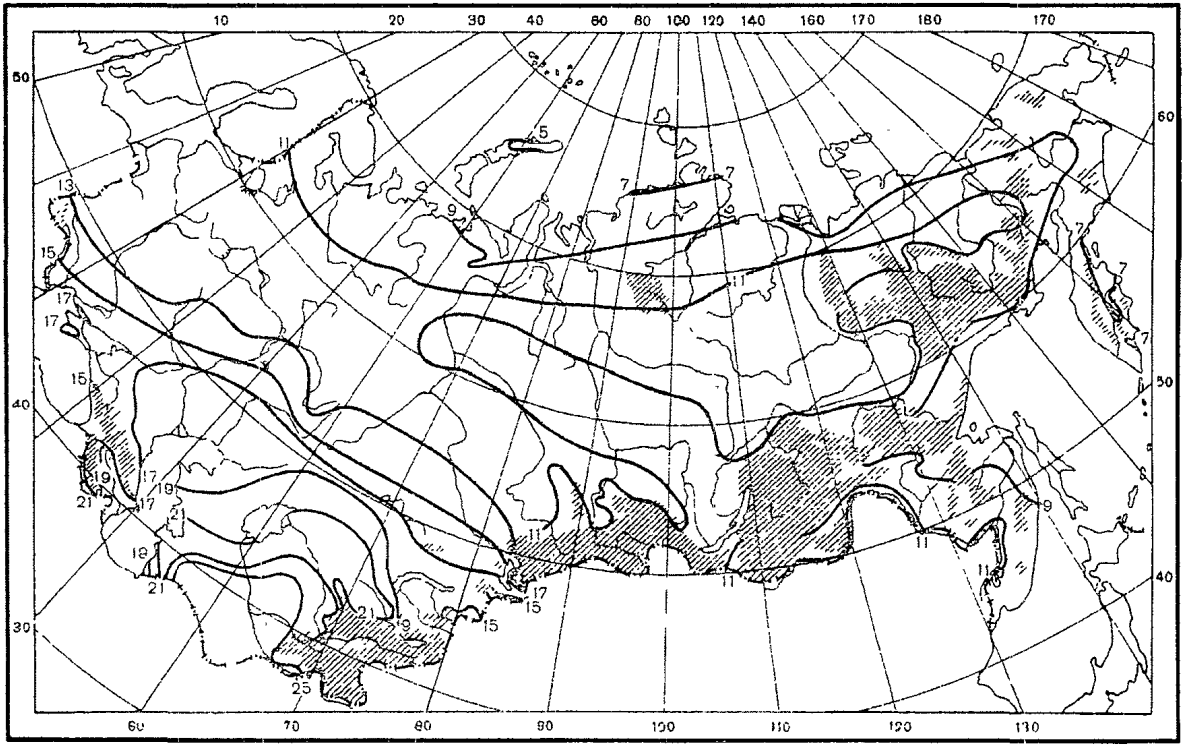


Рис. П2.9. Средняя месячная испаряемость, см. Июль

– горные районы

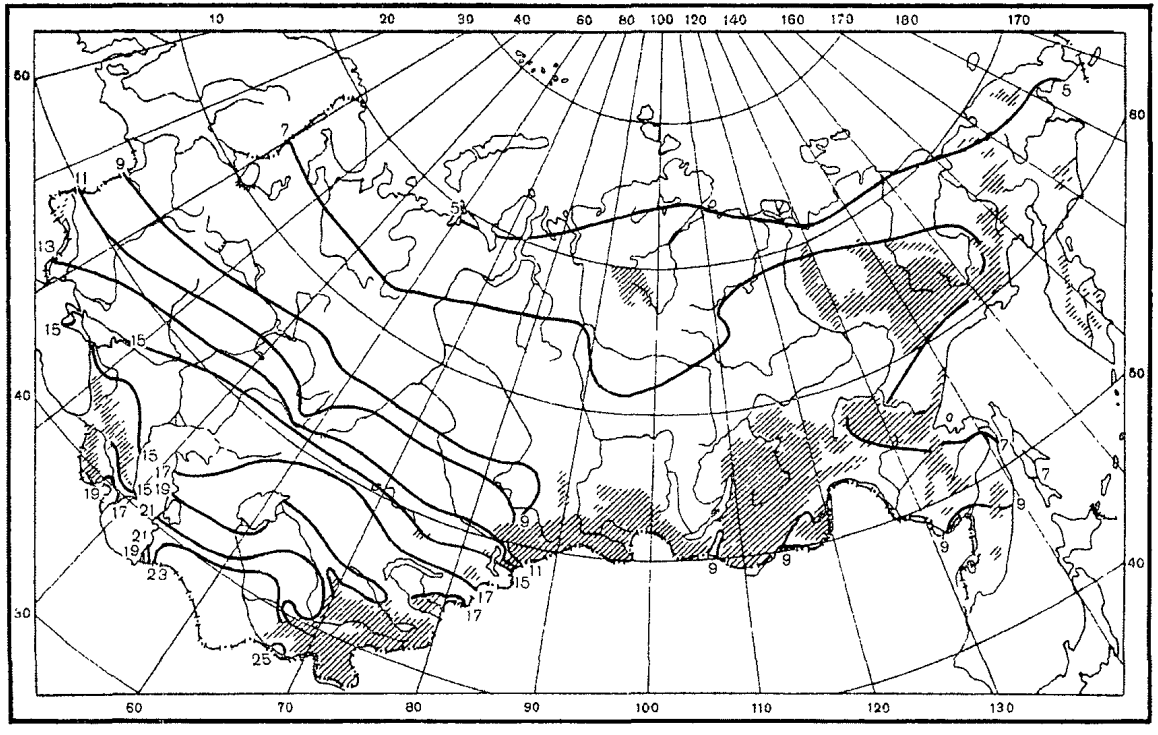


Рис. П2.10. Средняя месячная испаряемость, см Август

▨ – горные районы

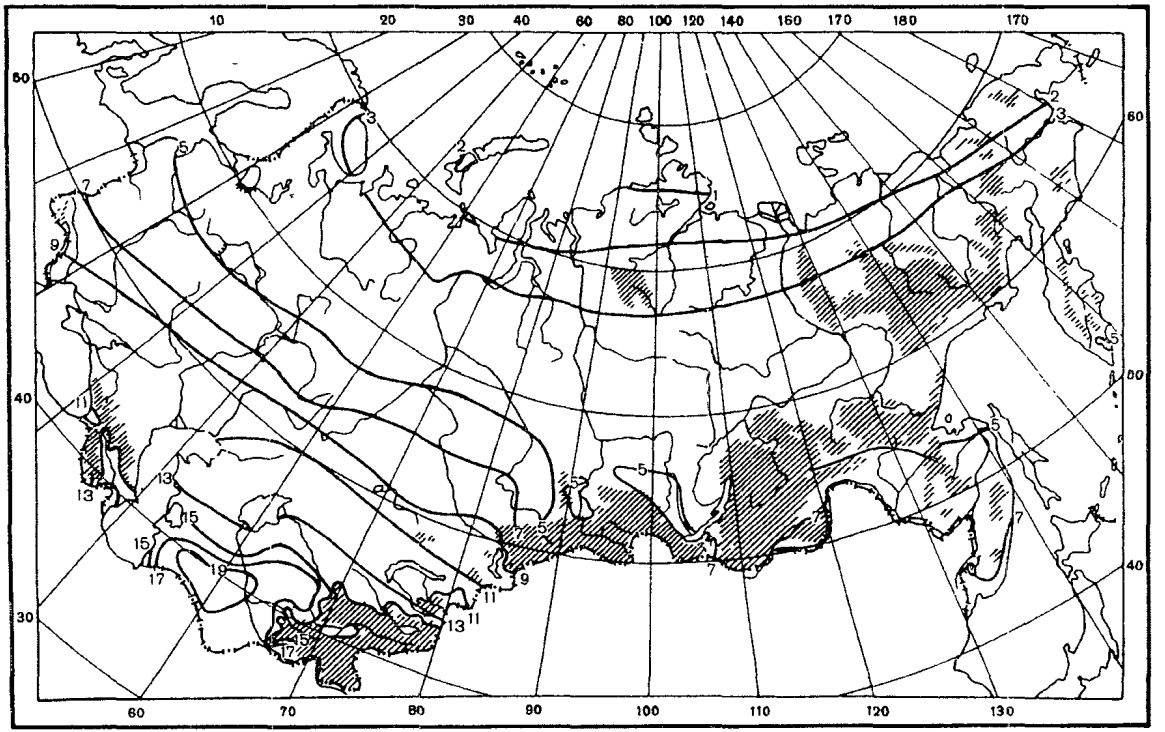


Рис. П2.11. Средняя месячная испаряемость, см. Сентябрь

▨ – горные районы

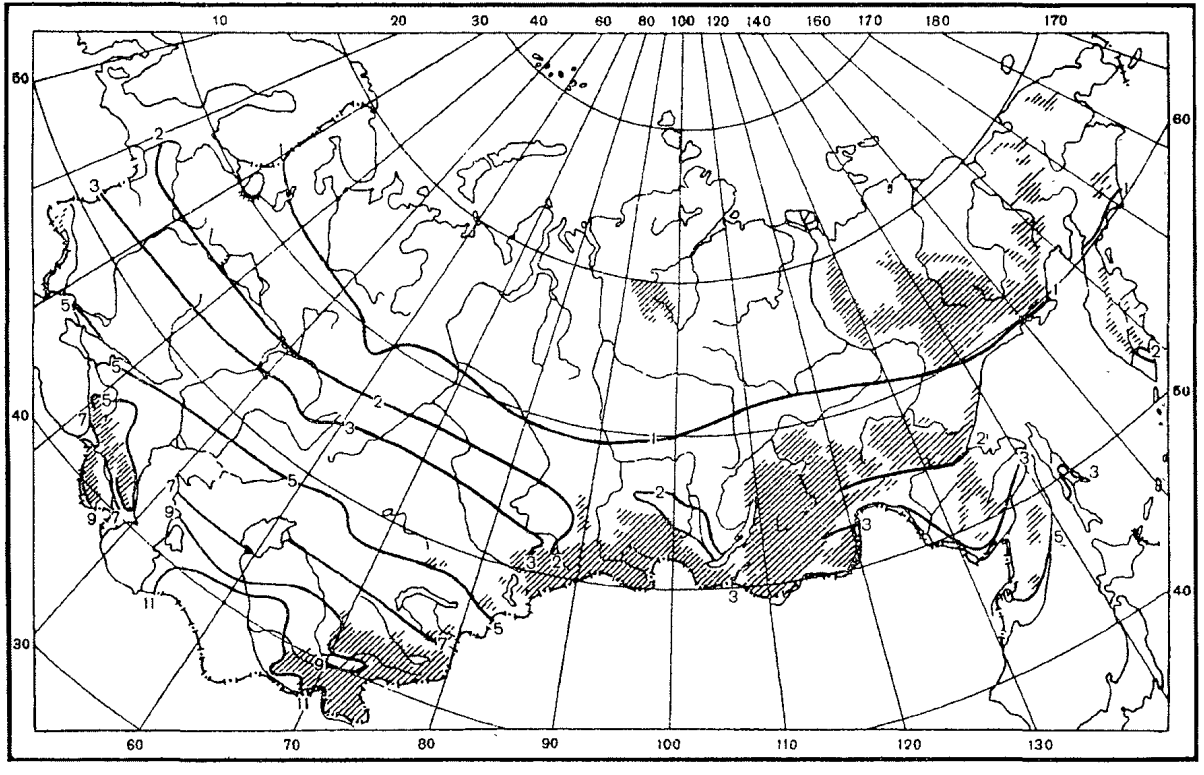


Рис. П2. 12. Средняя месячная испаряемость, см. Октябрь

– горные районы

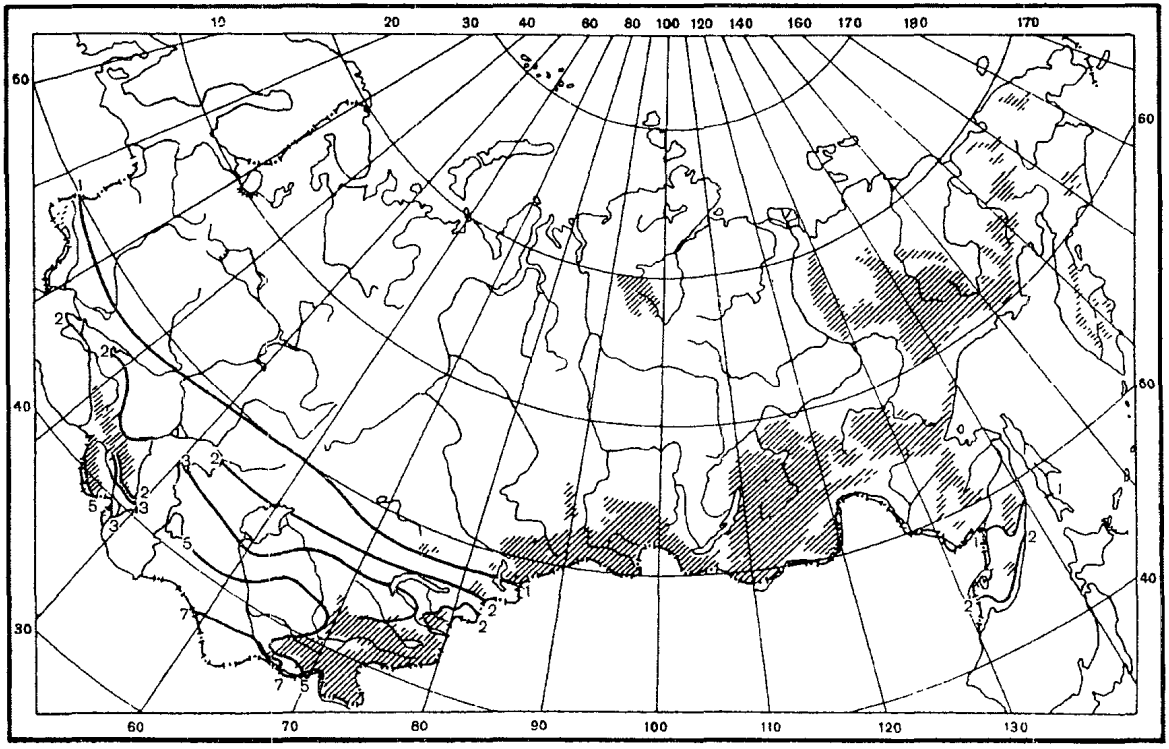


Рис. П2.13. Средняя месячная испаряемость, см. Ноябрь

▨ – горные районы

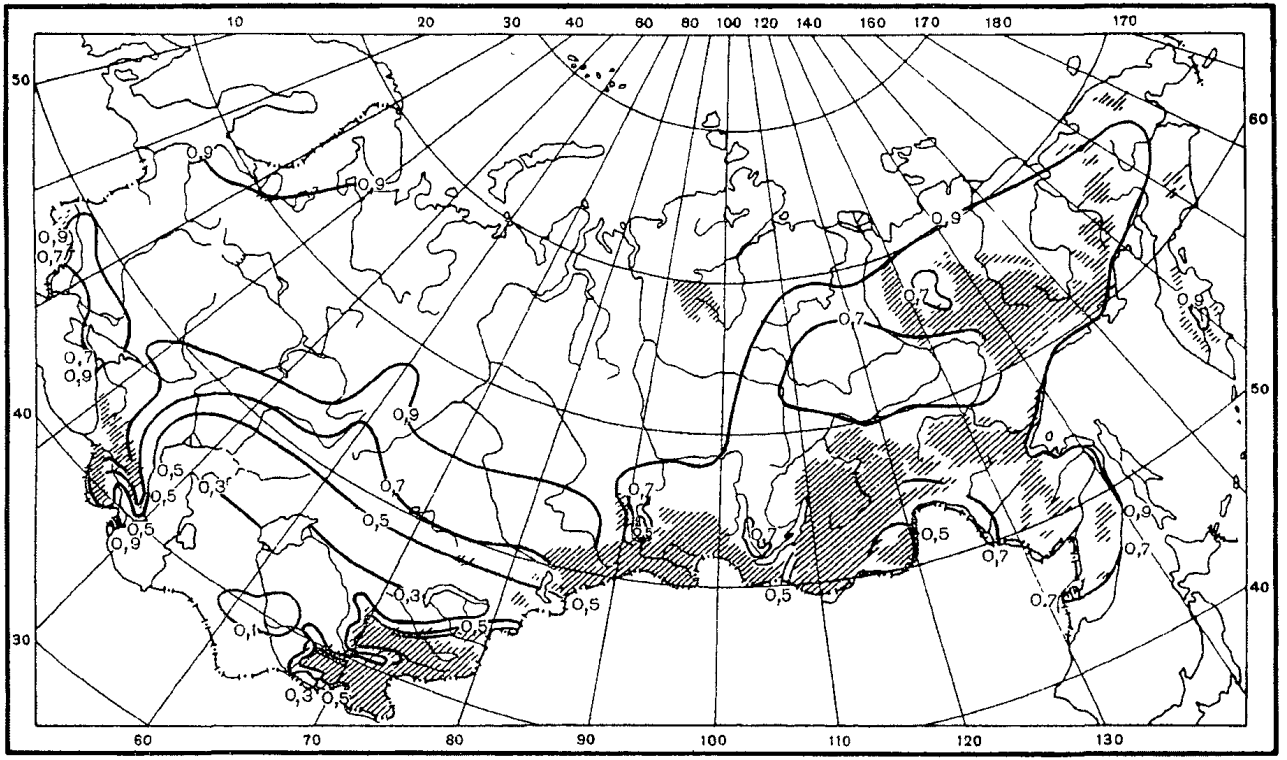


Рис. П2.14. Среднее месячное относительное испарение E/E_0. Май

▨ – горные районы

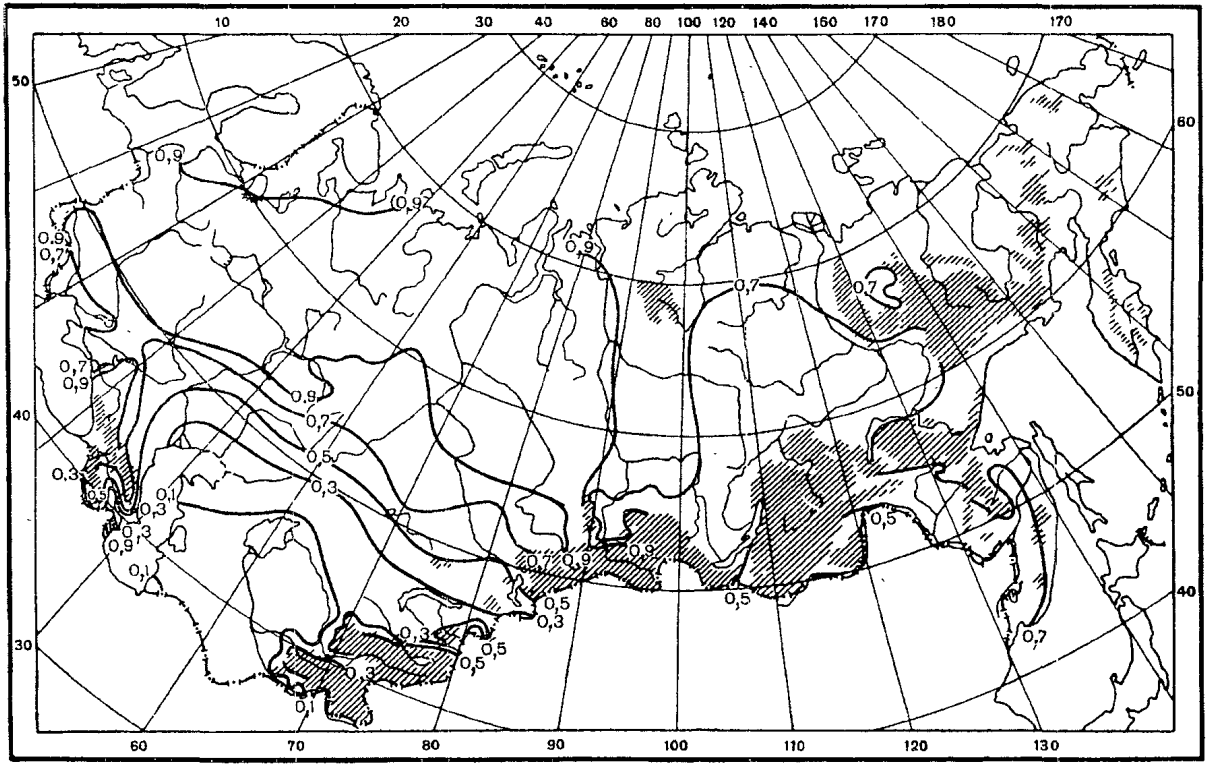


Рис. П2.15. Среднее месячное относительное испарение, E/E_0. Июнь

▨ – горные районы

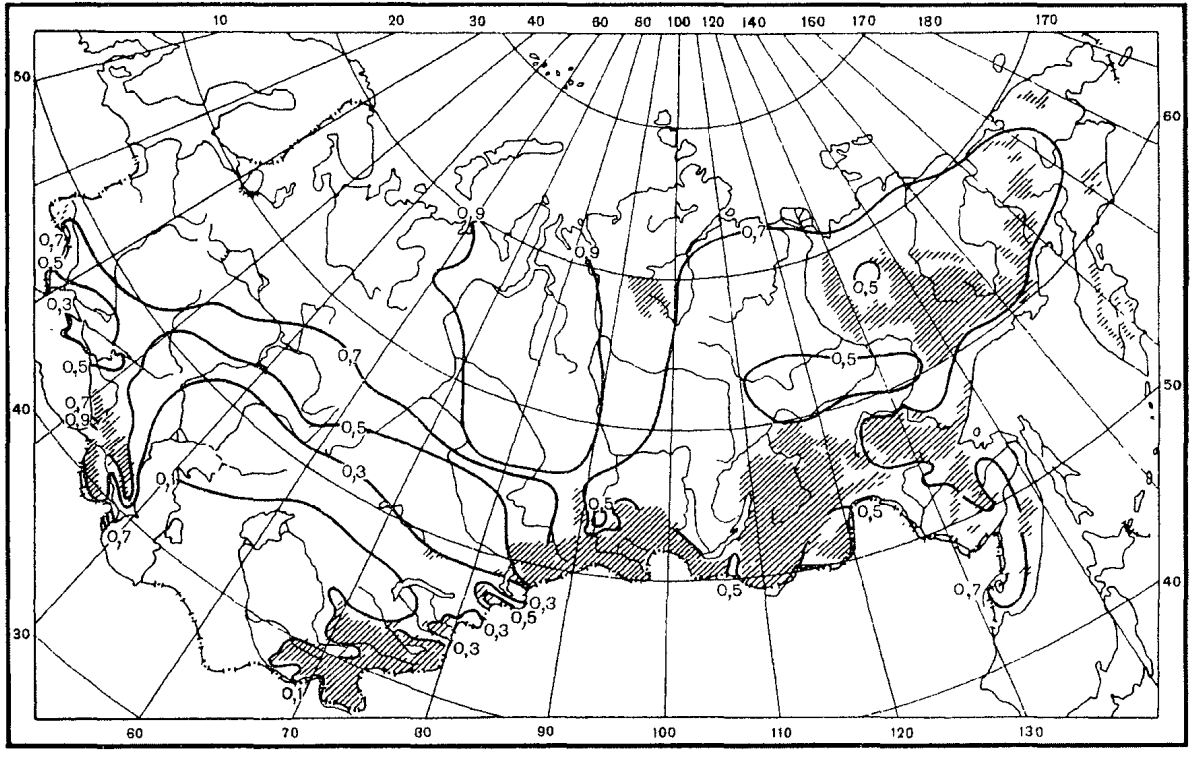


Рис. П2.16. Среднес месячное относительное испарение, E/E_0. Июль

– горные районы

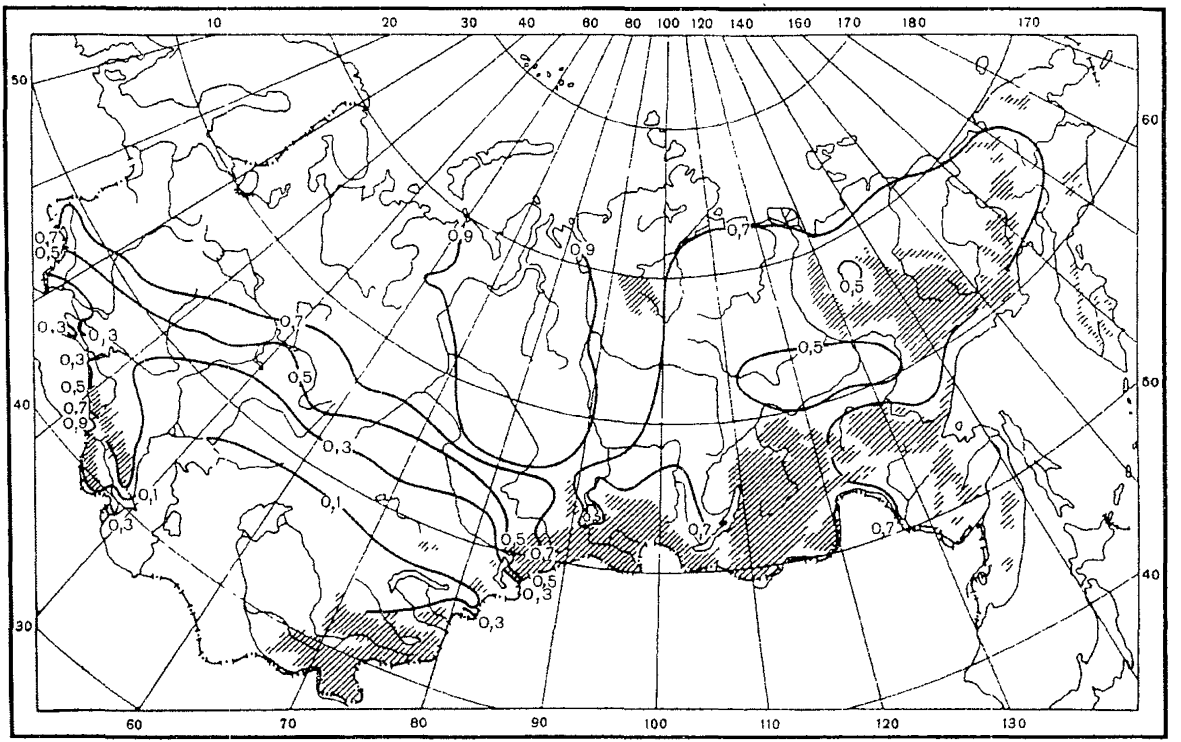


Рис. П2.17. Среднее месячное относительное испарение, E/E_0. Август

▨ – горные районы

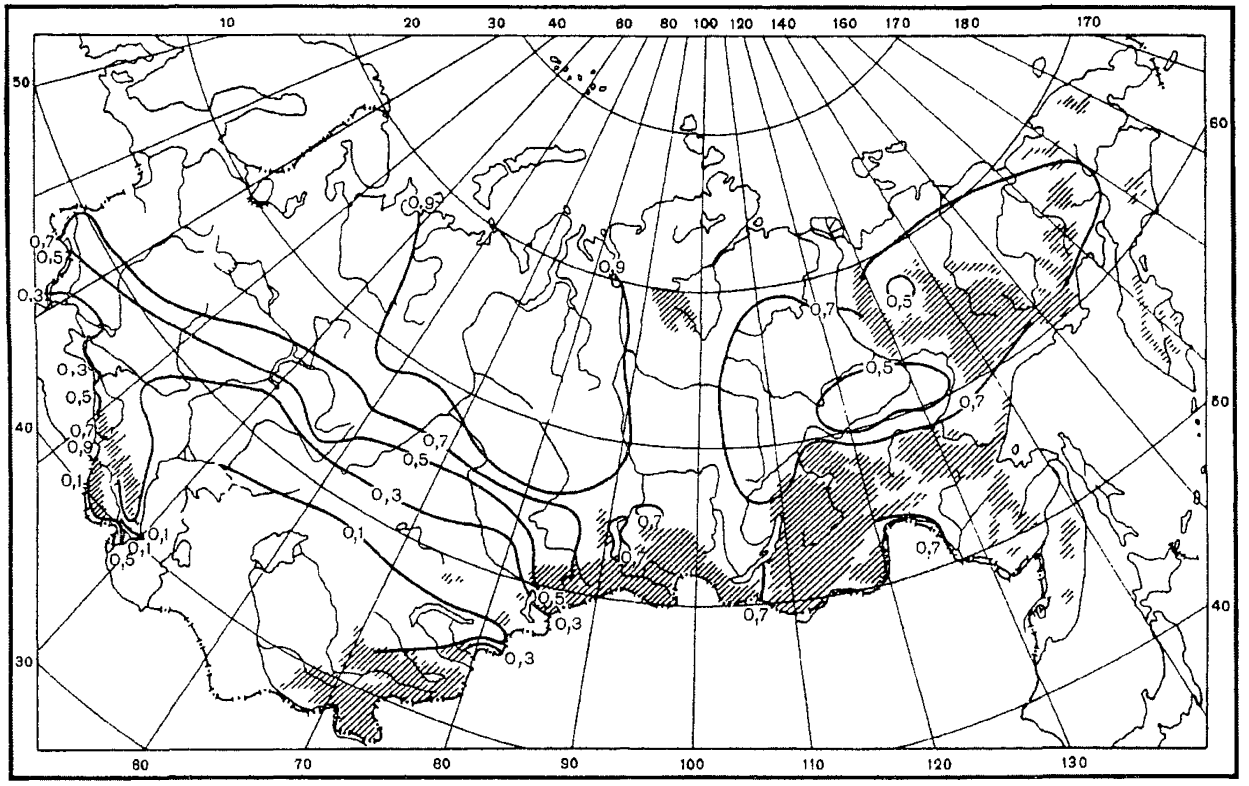


Рис. П2.18. Среднее месячное относительное испарение, E/E_0. Сентябрь

▨ – горные районы

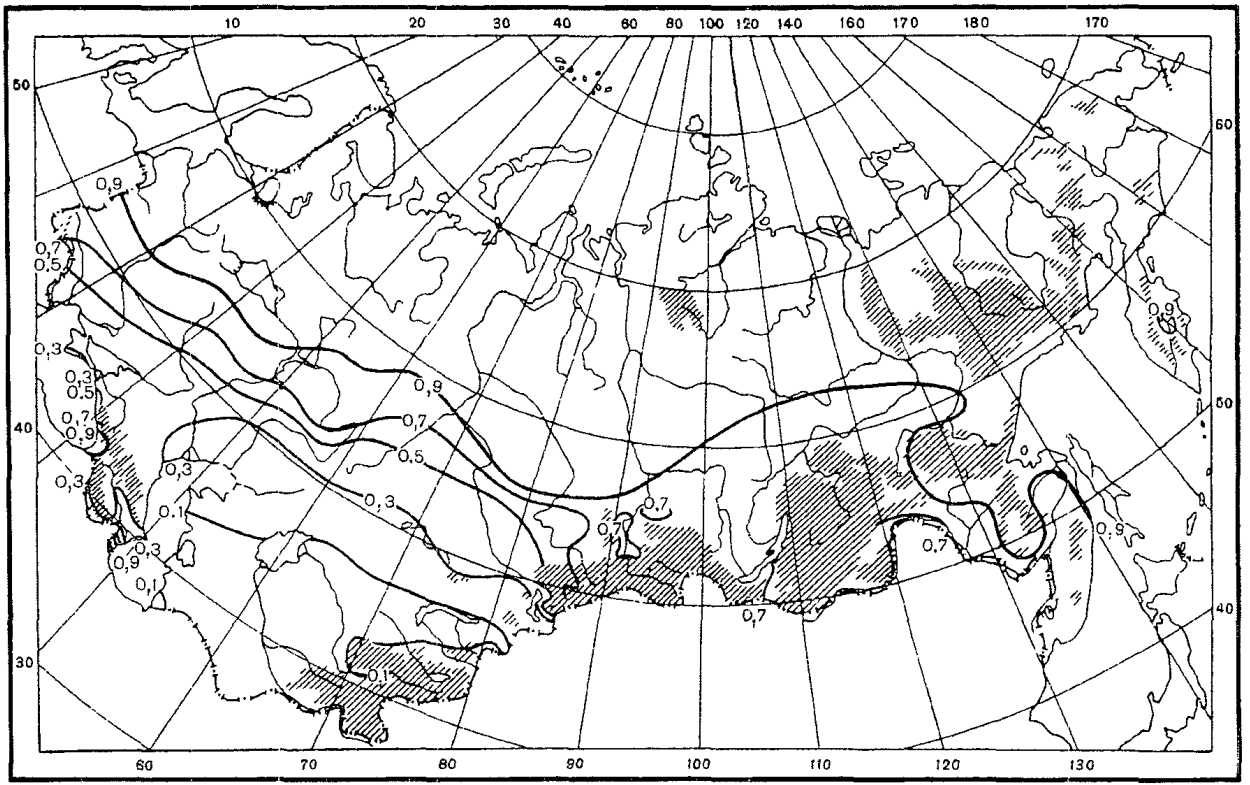


Рис. П2.19. Среднее месячное относительное испарение, E/E_0. Октябрь

▨ – горные районы

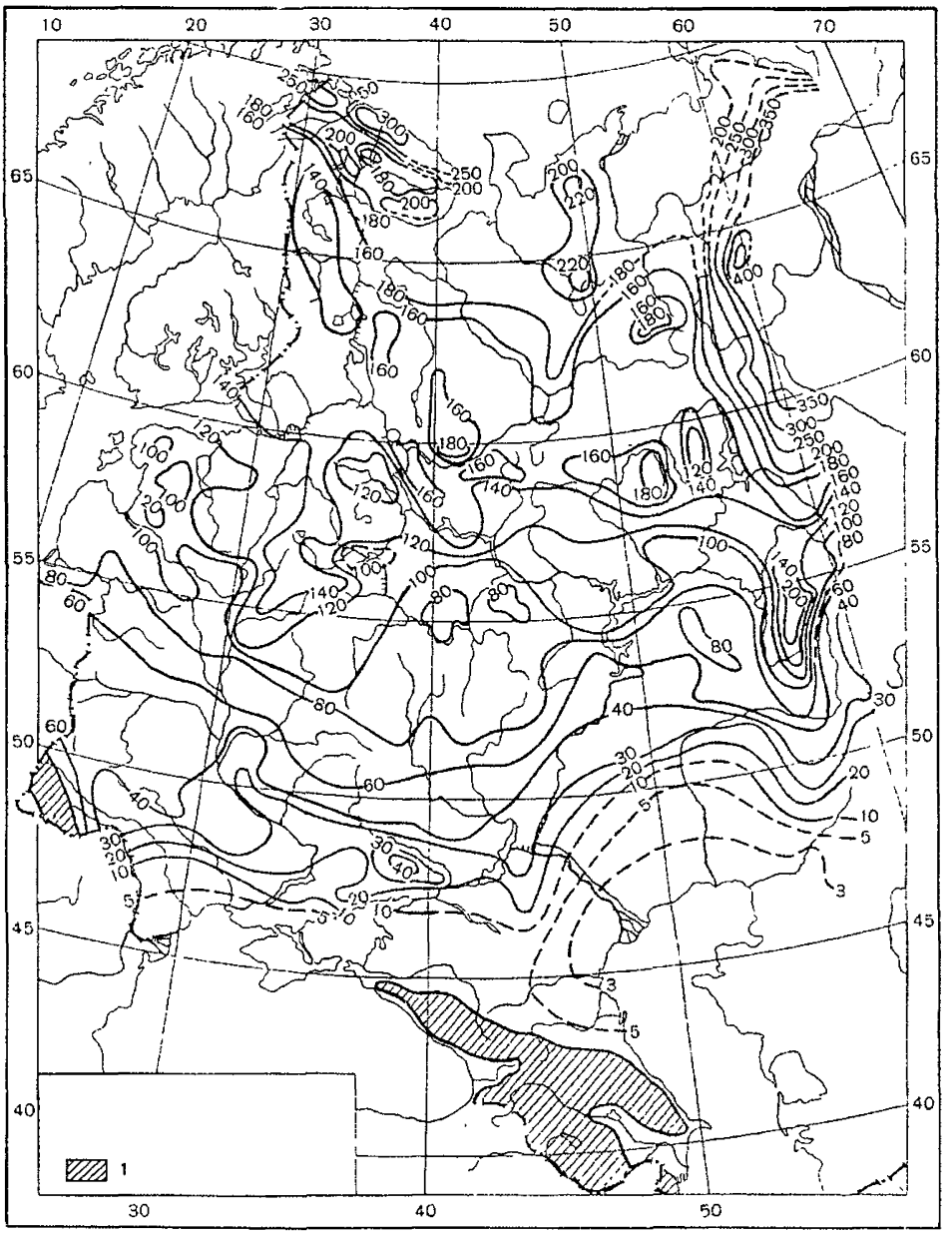


Рис. П2.20. Карта изолиний среднего слоя стока (мм) весеннего половодья (по А. А. Соколову):
▨ – горные районы

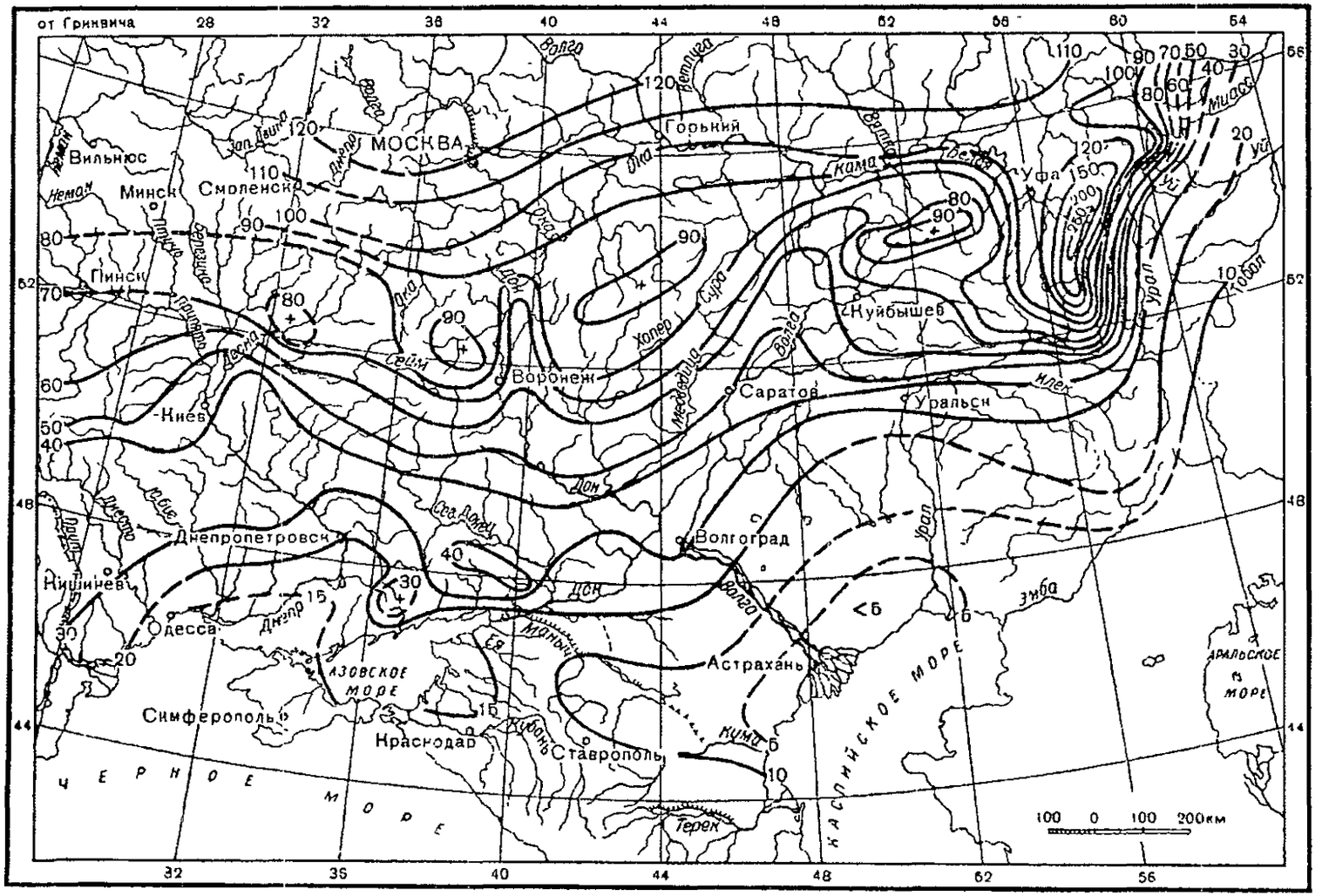


Рис. П2.21. Карта среднего слоя весеннего поверхностного стока рек (мм) лесостепной и степной зон (по К. П. Воскресенскому)

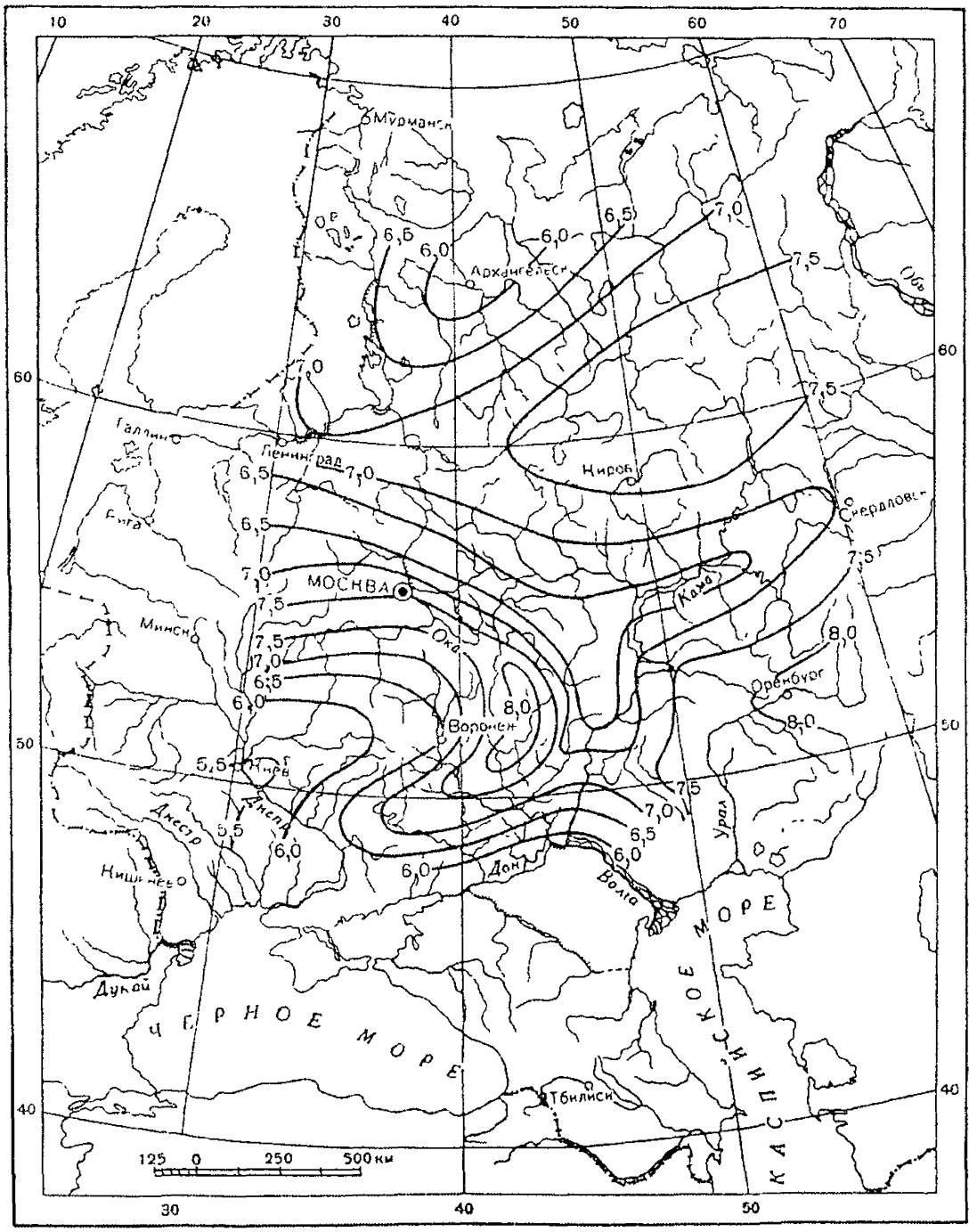


Рис. П2.22. Карта максимальной часовой интенсивности снеготаяния 1%-ной обеспеченности в мм/ч (по П. П. Кузьмину)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ (На примере полигона промышленных токсичных отходов «Красный Бор»)

1. Краткая характеристика объекта

Специализированный полигон «Красный Бор», предназначенный для опасных отходов, образующихся на предприятиях Санкт-Петербурга и Ленинградской области, создан в 1969 г. вблизи г. Колпино (Ленинградская область, Тосненский район).

Предполагалось, что это экспериментальное предприятие по обеззараживанию высокоопасных отходов временное, со сроком службы до 5 лет. Однако полигону «Красный Бор» не было создано какого-либо альтернативного сооружения и он эксплуатируется более 35 лет.

Опасные отходы (смешанные, твердые, пастообразные и жидкие) изолируются от природной среды путем их захоронения на полигоне в котлованах-картах, отрываемых в массиве кембрийской глины, залегающей в этом районе почти до глубины 80 м от земной поверхности. Часть отходов сжигается. По мере заполнения карты перекрываются водонепроницаемым слоем глины. Смешанные отходы остаются погребенными для хранения на неопределенный срок.

Количество накопленных на полигоне «Красный Бор» токсичных отходов составляет 1,5 млн. т, при том, что более половины из них не подвергалось обезвреживанию, а остальное количество можно считать обезвреженным лишь условно.

2. Исходные данные

2.1. Природно-климатические характеристики территории

Рельеф. Полигон «Красный Бор» расположен на одной из террас в Приневском подрайоне со средними отметками 20 м над уровнем моря. Рельеф участка – низменно-равнинный со слабым поверхностным стоком. Это обстоятельство в сочетании со слабой водопроницаемостью грунтов приводит к широкому развитию процессов заболачивания.

Геологическое строение и рельеф территории полигона определяются его положением в полосе склона Балтийского кристаллического щита

в непосредственной близости к области выхода древних палеозойских отложений (кембрийские глины) и докембрийских пород практически на дневную поверхность. Коренные породы – кембрийские отложения представлены в основном сине-зеленой глиной – отложением мелководного морского залива, на дне которого оседал вязкий ил.

Климат. Приневская низменность, на южной границе которой расположен полигон «Красный Бор», является своеобразным природным и почвенно-геоморфологическим районом Ленинградской области. Район, благодаря влиянию Финского залива, характеризуется прохладным летом, мягкой, с оттепелями, зимой, затяжными весной и осенью, большой облачностью и влажностью, безморозным периодом 130 – 140 дней.

Почвообразующие породы. Наиболее распространенными поверхностными наносами являются валунные суглинки, супеси и пески ледникового и водно-ледникового происхождения. Из послеледниковых образований распространены залежи торфа. Почвы, развитые на слабопроницаемых породах и равнинных территориях в условиях избытка атмосферных осадков подзолистого и подзолисто-болотного типа (как правило, переувлажнены), бессточные впадины заняты болотами. Сельскохозяйственные почвы, в прошлом лесные, в своих свойствах отражают первоначальный почвообразовательный процесс.

Растительность. Территория Приневской низменности расположена в области хвойных лесов южно-таежной подзоны на границе со средней тайгой. Коренными являются сосновые и еловые леса. Коренной растительный покров сильно изменен в результате деятельности человека. На месте ельников произрастают производные осиновые и березовые леса, сероольховые заросли. Весьма характерны для района смешанные березово-елово-сосновые леса. Луга имеют меньшее распространение и представлены главным образом луговым разнотравьем. Большая часть лугов закустарена и заболочена.

Поверхностные воды. Полигон «Красный Бор» занимает участок, расположенный в зоне избыточного увлажнения (где слой осадков всегда превышает испарение) на водоразделе между водосбором р. Б. Ижорка, которая впадает в р. Ижора, и ручья Безымянного, впадающего в р. Тосна. Кроме того, полигон находится на стыке трех геоморфологических зон: с юга расположена моренная равнина с мощным покровом четвертичных отложений ледникового периода, на востоке и западе – озерно-ледниковая песчаная равнина, в северной части – болотистая низменность. Водораздел между бассейнами рек Ижора и Тосна, проходящий через полигон, четко не фиксируется. При строительстве полигона были переработаны естественные тальвеги, устроена сеть отводных каналов, что привело к увеличе-

нию площади водосбора р.Б.Ижорка за счет водосбора ручья Безымянный примерно на 0,5 км^2.

Характеристика техногенно-нагруженой территории. По данному объекту имелся достаточно полный набор фондовой и исполнительной документации, в том числе материалы различных исследований по оценке воздействия действующего полигона на окружающую природную среду. Территория самого полигона имеет прямоугольную форму площадью 75 га с размерами ~ 500 х 1000 м, ограничена кольцевым каналом глубиной до 4–5 м. Вся территория полигона представляет собой нарушенный ландшафт со значительной долей урбанизированных территорий. На всей территории полигона в период его строительства выполнены лесосводка и масштабные планировочные работы. Вдоль северной границы полигона узкой полосой расположены административное и производственные здания и сооружения, действующие печи по сжиганию отходов и в настоящее время – строящийся завод по переработке промышленных токсичных отходов. Остальная территория полигона была предназначена для устройства карт-котлованов, значительная часть которых уже заполнена отходами и закрыта. В настоящее время открытыми остаются 6 карт общей площадью около 8 га, заполненные жидкими отходами. По территории полигона устроена внутренняя кольцевая дорога, обеспечивающая подъезд ко всем картам, а также внутренний кольцевой канал для сбора поверхностного стока.

Площади урбанизированных поверхностей на территории полигона со времени ввода его в эксплуатацию увеличились примерно на 30% и занимают в настоящее время около 35% от общей площади.

2.2. Расчет основных гидрологических характеристик

Целью расчета основных гидрологических характеристик территории полигона является определение количественных значений обеспеченных гидрологических характеристик и оценка изменений гидрологического режима, возникших вследствие новых условий формирования поверхностного стока на территории полигона в последние годы, вследствие увеличения техногенной нагрузки на объект (производство работ по рекультивации, строительство новых карт и производственных объектов, проведение работ по водообустройству территории и др.).

По результатам уточнений основных гидрологических характеристик должны быть разработаны рекомендации по корректировке дальнейших мероприятий по комплексному водообустройству территории полигона и управлению качеством поверхностного стока.

2.2.1. *Установление границ ТНТ.* Граница землеотвода полигона проходит за наружным откосом кольцевого канала, перед внутренним откосом кольцевого канала устроено ограждение территории полигона. Установленная санитарно-защитная зона полигона – 1 км.

Водосборная площадь кольцевого канала – сложная, во-первых, это потенциально вся площадь территории полигона, ограниченная кольцевым каналом, во вторых, это площадь откосов канала и нескольких небольших (в пределах 1 – 2 га) внешних водосборов, находящихся за пределами территории полигона, раскрытых к наружным откосам кольцевого канала и, в-третьих, это искусственное присоединение весьма значительной водосборной площади ручья *1* (порядка 2,5 км^2), сток с которой поступает в кольцевой канал в 100 метрах от места подключения кольцевого канала к магистральному каналу.

Ореол распространения загрязнения поверхностных вод – магистральный канал по всей длине от кольцевого канала до впадения в основное русло р. Б. Ижорка и далее по р. Б. Ижорка до впадения ее в р. Ижора (общая длина – около 13 км). Ореол распространения загрязнения подземных вод приурочен к песчаным прослоям четвертичных отложений и имеет форму языка шириной до 500 м у северной границы полигона длиной до 1 км , тяготеющего к долине ручья *1*.

По рассмотрению совокупности границ, в пределах которых тем или иным образом формируются количественные и качественных характеристики поверхностного стока, отождествляемые с полигоном, в качестве границы ТНТ принимаем границу, сформированную при строительстве полигона и реконструкции кольцевого канала, а именно – кромку наружного откоса кольцевого канала и контуры наружных водосборов, раскрывающихся в кольцевой канал. Площадь части водосбора ручья *1*, прирезанной к водосборной площади кольцевого канала и служащей мощным источником разбавления стока кольцевого канала в точке сброса, должна быть также учтена при назначении расчетных створов.

2.2.2. *Анализ условий формирования и трансформации стока.* По периметру полигона устроен кольцевой канал. Сток из канала поступает в магистральный канал, который в свою очередь впадает в р. Б. Ижорка. Река Б. Ижорка впадает в р. Ижора в устьевой ее части, недалеко от впадения в р. Нева. Таким образом, сток из кольцевого канала полигона Красный Бор смешивается со стоками рек Б. Ижорка и Ижора и поступает в р. Нева.

Проведенные гидрологические наблюдения и расчеты свидетельствуют, что с территории полигона в год стекает в среднем около 350 тыс. м^3 воды за счет выпавших осадков и талых вод, смешиваемых в сети придорожных кюветов с фильтратом из карт с жидкими отходами.

Строительство завода по переработке промышленных токсичных отходов, благоустройство территории полигона, закрытие отработанных карт, работы по комплексному водообустройству, проводимые в последние годы на территории полигона промышленных токсичных отходов «Красный Бор», повлекли за собой изменения ее гидрологического режима.

2.2.3. *Декомпозиция техногенно-нагруженной территории на стокоформирующие комплексы.* На территории полигона «Красный Бор» выделено восемь комплексов с однотипными условиями формирования поверхностного и подземного стоков (стокоформирующие комплексы), определены их изменившиеся площади (рис. П3.1).

Основные гидрологические характеристики рассчитывались для стокоформирующих комплексов всего полигона и для замыкающих створов водосборов: транспортирующего канала внутренней части, впадающего в пруд-накопитель в северной части полигона, и внешнего кольцевого канала.

Структура бассейна кольцевого канала может быть представлена в виде восьми стокоформирующих комплексов.

1. Дно и борта канала площадью около 3,5 га.

2. Территория, примыкающая к каналу, впадающему в кольцевой канал в северо-восточной части у печей площадью около 7,0 га (заболоченный лес с копанью; условия формирования поверхностного стока с этой территории идентичны условиям, присущим верховым, заросшим лесом болотам Северо-Западной зоны).

3. Территория части бассейна кольцевого канала, на которой формируется прирусловой склоновый сток 9 га:

1) крутые склоны приканальной полосы, образованные грунтом кавальеров при производстве земляных работ по устройству канала и раскрытые в сторону канала понижения на территории полигона, заросшие травянистой растительностью, непосредственно примыкающие к каналу; условия формирования стока на этих элементах рельефа можно считать соответствующими прирусловым склонам полевых водосборов рассматриваемой зоны;

2) раскрытое на территории полигона в сторону кольцевого канала небольшое число микропонижений, склоны насыпей рекультивированных карт и небольшой участок территории в западной части полигона – в совокупности 6 га;

3) неширокая приканальная полоса за территорией полигона и раскрытое в кольцевой канал макропонижение в северо-восточном углу полигона – 2 га;

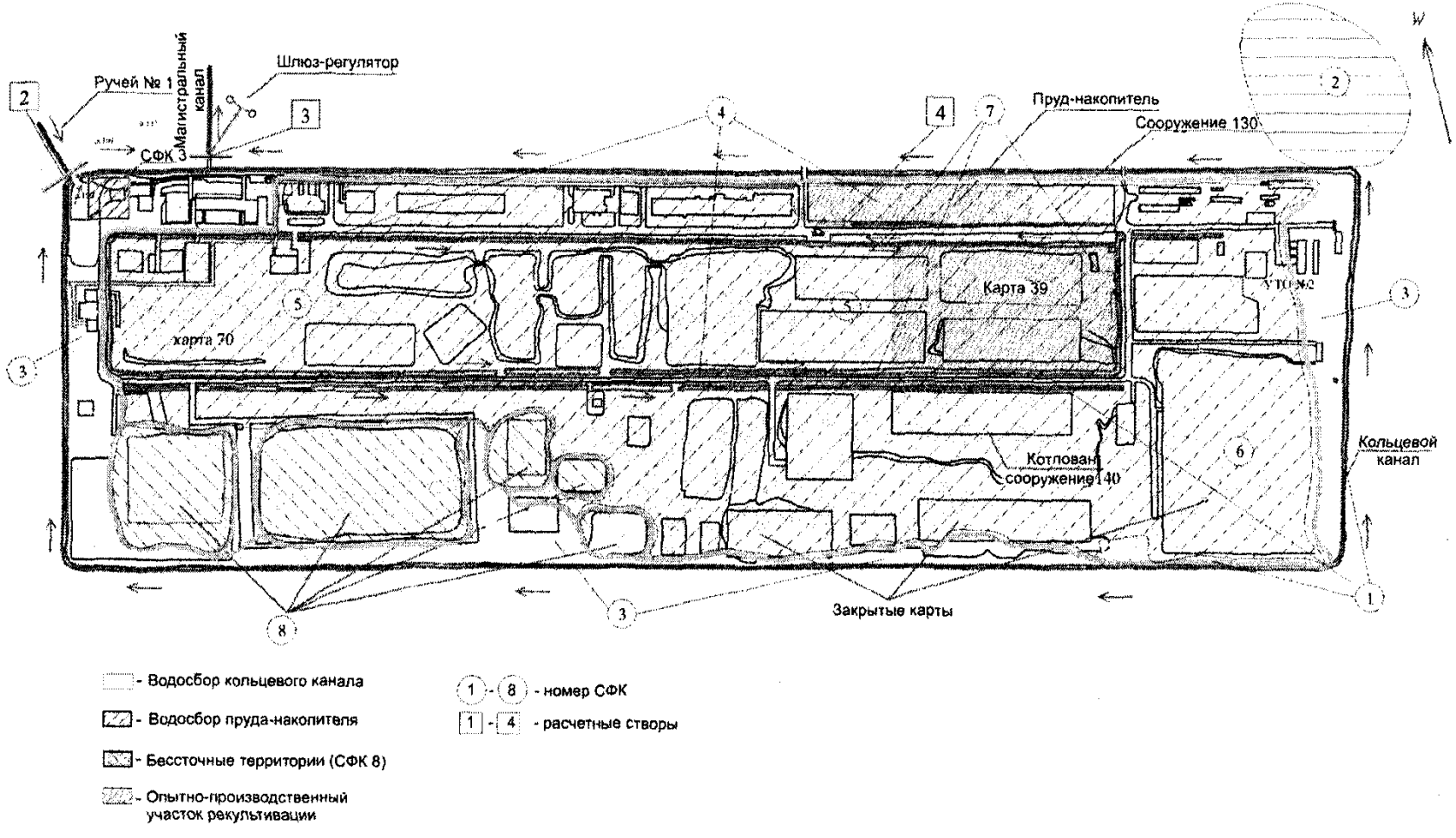


Рис. П.3.1. Схема территории полигона «Красный Бор»

4) территория небольшого макропонижения на юге полигона – менее 1 га;

5) южные склоны отвалов четвертичных отложений и глин, расположенных примерно в средней части за северной границей полигона (не более 0,5 га).

4. Территория, занятая зданиями и покрытая бетоном или асфальтом – 24,4 га:

1) территория, где сосредоточены основные административно-производственные здания и сооружения (административный корпус, лаборатория, гаражи, котельная и пр.), а между сооружениями выполнено покрытие асфальтом или бетоном. Расположена в северо-западной части полигона – 7,5 га;

2) территории, занятые зданиями и сооружениями завода по переработке токсичных отходов, между ними асфальтовое или бетонное покрытие, расположена в северной части полигона, площадь примерно 10 га;

3) территория со слабопроницаемой искусственной поверхностью (около 3,5 га), где находятся печи отходов, расположена в северо-восточной части полигона – 10 га;

4) территория, занятая двумя закольцованными дорогами с твердым покрытием (около 2,5 га);

5) территория резервуара-накопителя с непроницаемым покрытием в юго-восточной части полигона (0,9 га). Условия формирования стока на этом комплексе могут быть приняты аналогично условиям формирования стока на территории крупных городов.

5. Рекультивируемая часть полигона:

1) территория опытного участка рекультивации полигона (бывшая карта №39);

2) небольшие участки между картами, представляющие плохо спланированную, слабоуклонную, с множеством замкнутых понижений глинистую поверхность, покрытую местами редкой травянистой растительностью. Общая площадь этого комплекса 19 га. Сток с такой поверхности соответствует в первом приближении стоку с неудобий или безуклонных сельскохозяйственных полей при отсутствии их обработки после уборки овощей.

6. Территория с частично заболоченным мелколесьем без признаков подсыпки и захламленная насыпная поверхность, покрытая травянистой растительностью и редким кустарником в юго-восточной части полигона – около 12 га. Условия формирования стока на такой территории соответствует заболоченным естественным малым водосборам с небольшими уклонами.

7. Территория с сетью дренажных каналов вокруг карт и транспортирующим каналом внутри полигона общей площадью 2 га. Условия формирования стока с каналов соответствуют условиям стока с площади естественных водоемов в данной природной зоне.

8. Ряд локальных водосборов на территории полигона, приуроченных к действующим картам. Площадь каждого из этих водосборов равна площади зеркала отходов в картах плюс площадь неширокой полосы вдоль уреза до гребня обваловки, суммарно составляет 7 га. Следует считать эту территорию бессточной. Осадки, выпавшие на эту поверхность, идут на пополнение карт, а затем частично испаряются с их поверхности.

Кроме того, на территории полигона были выделены отдельные водосборы, включающие целиком или частично различные стокоформирующие комплексы и относящиеся к следующим водотокам:

транспортирующему каналу внутри полигона, впадающему в пруд-накопитель в северной части полигона;

внешнему кольцевому каналу (его юго-западной и северо-восточной частям).

Были проанализированы условия формирования стока ручья *1*, протекающего за пределами территории полигона «Красный Бор» и впадающего во внешний кольцевой канал. Площадь бассейна ручья – 2,50 км^2. Условия формирования стока ручья *1* аналогичны естественным условиям формирования стока малых водотоков Приневской низменности.

Площади отдельных стокоформирующих комплексов и водосборов были уточнены в 2004 г. при специализированном обследовании территории и на основе топографической съемки (М 1:500).

На рис. П3.2 и в табл. П3.1 и приведены изменения площадей стокоформирующих комплексов, происшедшие в период с 1996 по 2004 гг. Установлено:

наибольшие изменения произошли с площадью непроницаемых поверхностей стокоформирующего комплекса *4* – увеличение на 78% за счет строительства зданий и сооружений завода по переработке токсичных отходов и строительства в юго-восточной части полигона резервуара-накопителя с непроницаемым покрытием;

площадь стокоформирующего комплекса *3* была уточнена по топографической съемке;

уменьшение площади стокоформирующего комплекса *6* на 40% произошло вследствие ее уточнения, а также строительства в юго-восточной части полигона резервуара-накопителя с непроницаемым покрытием;

площадь стокоформирующего комплекса *8* уменьшилась на 42% за счет рекультивации поверхности закрытых карт.

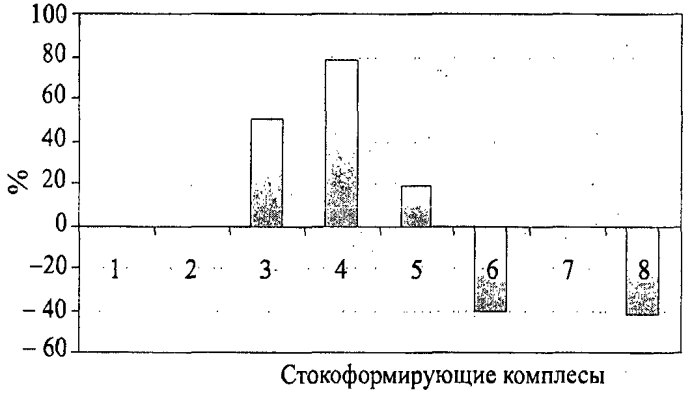


Рис. П3.2. Изменение площадей стокоформирующих комплексов за период 1996 – 2004 гг. (в % от первоначальных)

Таблица П3.1

Изменение площадей стокоформирующих комплексов за период с 1996 по 2004 гг.

Стокоформирующий комплекс	Площадь, км^2		Изменение площади, %
	1996 г.	2004 г.	
1	0,03	0,03	0
2	0,07	0,07	0
3	0,06	0,09	50
4	0,135	0,24	78
5	0,16	0,19	19
6	0,20	0,12	– 40
7	0,02	0,02	0
8	0,12	0,07	– 42

2.2.4. *Назначение расчетных створов.* Конкретные расчетные створы для расчетов основных гидрологических характеристик полигона промышленных токсичных отходов «Красных Бор» назначены исходя из следующих основных положений:

Створ 1 – является замыкающим створом определенной нами техногенно-нагруженной территории. Характеризует сложившуюся по факту гидрологическую обстановку в районе полигона, одновременно является контрольным створом качества стока. Специфической особенностью этого створа является то, что на него замыкается 3 различных, своеобразным образом связанных друг с другом водосбора – один внешний (водосбор ручья *1*) и два внутренних водосбора, сильно отличающихся друг от друга по условиям формирования и трансформации поверхностного стока. Конкретно, это водосборная площадь собственно кольцевого канала, состоящая из ранее выделенных СФК *1,2,3*, площадью 3,5; 7,0 и 9,0 га соответственно, и внутренняя водосборная площадь самого полигона, не имеющая прямой гидравлической связи с кольцевым каналом. СФК *4,5,6,7* и *8*, площадью 24,4; 19; 12; 2 и 7 га соответственно замыкаются на внутреннюю аккумулирующую емкость отрицательных форм рельефа на территории полигона.

Створ 2 – створ в месте подключения стока ручья *1* к кольцевому каналу. Поскольку водосборная площадь ручья *1* составляет 2,5 км^2, что более чем 3 раза превышает водосборную площадь выделенной ТНТ, качество стока на ней формируется в условиях слабонарушенного естественного ландшафта, и близок к естественному, этот сток является мощным источником разбавления стока с полигона.

Створ 3 – замыкающий створ водосборной площади кольцевого канала, равной 0,09 га, которая в значительной мере определяет слабозарегулированную составляющую стока формирующегося на ТНТ.

Створ 4 – замыкающий створ внутренней водосборной площади полигона, равной сумме площадей СФК *4,5,6* и *7*, (57,4 га) за исключением бессточной водосборной площади СФК *8* (7 га). Особенностью этой части стока является то, что он определенным образом зарегулирован. Конкретно, накапливаясь в емкости – накопителе поверхностного стока, внутренних каналах (придорожных кюветах) и различных отрицательных формах рельефа на территории полигона, по их переполнению, этот сток сбрасывается (перекачивается или по временной канаве) в кольцевой канал.

Створы 5, 6, 7 являются промежуточными и соответствуют водосборным площадям СФК *1,2* и *3*.

Створы 8,9,10 и *11* – также промежуточные и соответствуют СФК *4, 5, 6* и *7*.

Створ 12 – промежуточный, соответствует СФК *8*.

2.2.5. *Расчеты характеристик поверхностного стока*. Расчеты выполнялись для замыкающего створа ТНТ, одного внешнего водосбора

на котором формируется транзитный сток, двух внутренних и восьми промежуточных.

3. Расчет гидрологических характеристик годового стока

3.1. Годовой сток

Слои среднего многолетнего поверхностного стока с каждого стокоформирующего комплекса, с водосбора пруда-накопителя (внутреннего транспортирующего канала) и с водосбора внешнего кольцевого канала полигона «Красный Бор» определялись по формуле (1).

Коэффициенты годового поверхностного стока (α) с различных видов поверхностей территории взяты из табл.1.

Средние значения коэффициентов годового поверхностного стока с водосбора пруда-накопителя и с водосбора внешнего кольцевого канала рассчитаны по формуле (2).

Сеть внутренних водотоков практически на 100% дренирует всю толщу исследуемого массива, поэтому для полигона «Красный Бор» рассчитывалась величина суммарного (поверхностного и подземного) стока.

Слой стока (средний многолетний) определялся по формуле (5).

Испарение с отдельных стокоформирующих комплексов полигона «Красный Бор» рассчитано по среднемноголетнему испарению, полученному по формуле (6) и рисункам (Приложение 2) с применением поправочных коэффициентов для различных видов поверхностей ТНТ (см. табл. 6). Испарение с водосбора пруда-накопителя и с водосбора внешнего кольцевого канала определено, как средневзвешенное из испарения с отдельных видов поверхностей, входящих в их состав, по формуле (17).

Объемы суммарного и поверхностного стока рассчитываем по формуле (19), результаты расчетов приведены в табл. П3.2.

Среднемноголетний сток заданной обеспеченности рассчитывается по формуле (8). Коэффициенты перехода от средних многолетних годовых величин осадков к осадкам заданной обеспеченности определены по таблицам Приложения 1.

Объемы годового стока заданной обеспеченности рассчитаны по формуле (19), результаты расчетов приведены в табл. П3.3 и П3.4.

Таблица П3.2

Средние многолетние слои суммарного и поверхностного стока и годовые объемы стока с полигона «Красный Бор»

Водосбор (СФК)	Площадь, км^2	Испарение, мм	Поверхностный сток, мм	Полный сток, мм	Объем поверхностного стока, тыс м^3	Объем полного стока, тыс. м^3
Пруд-накопитель в северной части полигона	0,65	284	293	386	190	251
Внешний кольцевой канал	0,09	333	286	337	25,8	30,3
Стокоформирующие комплексы						
1	0,03	400	270	270	8,10	8,10
2	0,07	370	270	300	18,9	21,0
3	0,09	300	350	370	31,5	33,3
4	0,24	200	447	470	107,2	112,7
5	0,19	280	134	390	25,5	74,1
6	0,12	380	270	290	32,4	34,8
7	0,02	440	219	230	4,37	4,6
8	0,07	150	–	520	–	36,4
Полигон	0,83				227,97	325,0

Примечание. Поверхностный сток для территорий внутреннего стока (СФК 8) не рассчитывался.

Таблица П3.3

Средние многолетние слои стока *h* заданной обеспеченности для водосборов и стокоформирующих комплексов полигона «Красный Бор»

Водосбор	Площадь водосбора, км^2	$h_{ср}$, мм	Слой стока заданной обеспеченности, %								
			1	3	5	10	25	50	75	90	95
Пруд-накопитель в северной части полигона	0,65	386	629	580	554	515	452	384	318	259	224
Внешний кольцевой канал	0,09	337	549	506	483	450	395	335	277	226	196
Стокоформирующие комплексы											
1	0,03	270	440	405	387	361	316	269	222	181	157
2	0,07	300	489	451	430	401	351	298	247	201	174
3	0,09	370	603	556	531	494	433	368	305	248	215
4	0,24	470	766	706	674	628	551	468	387	315	273
5	0,19	390	635	586	559	521	457	388	321	261	227
6	0,12	290	472	436	416	387	340	288	239	194	169
7	0,02	230	375	345	330	307	269	229	189	154	134
8	0,07	520	847	781	746	694	609	517	428	348	302
Весь полигон, исключая бессточные территории	0,76	380	567	523	499	465	408	346	286	233	202

Таблица П3.4

Объемы годового стока W (тыс. м^3) заданной обеспеченности для водосборов и стокоформирующих комплексов полигона «Красный Бор»

Водосбор	Площадь водосбора, км^2	$W_{ср}$, тыс.м^3	Объем среднего годового стока стока заданной обеспеченности, %								
			1	3	5	10	25	50	75	90	95
Пруд-накопитель в северной части полигона	0,65	251	411	379	362	337	295	251	208	169	147
Внешний кольцевой канал	0,09	30,3	49,4	45,5	43,5	40,5	35,5	30,1	24,9	20,3	17,6
Стокоформирующие комплексы											
1	0,03	8,1	13,2	12,2	11,6	10,8	9,5	8,1	6,7	5,4	4,7
2	0,07	21,0	34,2	31,5	30,1	28,0	24,6	20,9	17,3	14,1	12,2
3	0,09	33,3	54,3	50,0	47,8	44,5	39,0	33,1	27,4	22,3	19,4
4	0,24	112,7	183,6	169,3	161,6	150,5	132,0	112,1	92,8	75,5	65,5
5	0,19	74,1	120,7	111,3	106,3	99,0	86,8	73,7	61,0	49,6	43,1
6	0,12	34,8	56,7	52,3	49,9	46,5	40,8	34,6	28,6	23,3	20,2
7	0,02	4,6	7,5	6,9	6,6	6,1	5,4	4,6	3,8	3,1	2,7
8	0,07	36,4	59,3	54,7	52,2	48,6	42,6	36,2	30,0	24,4	21,2
Весь полигон	0,83	325	529	488	466	434	381	323	268	218	189

3.2. Максимальный сток

Средние многолетние слой и объем весеннего стока со всего полигона, с водосбора пруда-накопителя и с водосбора внешнего кольцевого канала рассчитаны, соответственно, по формулам (24) и (29).

Величина среднего многолетнего слоя стока весеннего половодья, включая подземный ($h_{ср}$ = 140 мм), определена по карте Приложения 2. Коэффициент вариации среднего многолетнего слоя стока весеннего половодья C_v = 0,34 для района расположения полигона «Красный Бор» определен по [15] – $C_s = 2C_v$.

Для учета влияния урбанизированных территорий на слой и объем весеннего стока со всего полигона, с водосбора пруда-накопителя и с водосбора внешнего кольцевого канала по формуле (25) определяем поправочный коэффициент δ_Y.

Урбанизированные территории занимают 35% всей площади полигона «Красный Бор» (δ_Y = 1,7), 13% площади водосбора внешнего кольцевого канала (δ_Y = 1,26) и 37% площади водосбора внутреннего транспортирующего канала (δ_Y = 1,74).

Расчетные слои стока весеннего половодья с территории полигона приводятся в табл. П3.5. Объемы полного стока весеннего половодья заданной обеспеченности представлены в табл. П3.6.

Максимальные расходы весеннего половодья вероятности превышения P = 1, 10 и 25% (табл. П3.7) определены по формуле (30).

Модули максимального весеннего стока расчетной вероятности превышения приняты по табл. 12.

Таблица П3.5

Расчетные слои стока весеннего половодья (мм) для водосборов полигона «Красный Бор»

Водосбор	Площадь водосбора, км^2	Средний слой стока, мм	Слои стока весеннего половодья заданной обеспеченности, %									
			1	3	5	10	25	50	75	90	95	99
Пруд-накопитель в северной части полигона	0,65	244	478	422	395	355	294	234	184	146	126	93
Внешний кольцевой канал	0,09	176	344	304	285	256	212	169	133	105	91	67
Весь полигон	0,83	238	466	412	385	346	286	229	179	142	123	91

Таблица П3.6

Расчетные объемы стока весеннего половодья (тыс. м^3) для водосборов полигона «Красный Бор»

Водосбор	Площадь водосбора, км^2	Средний объем, тыс.м^3	Объемы стока весеннего половодья заданной обеспеченности, %									
			1	3	5	10	25	50	75	90	95	99
Пруд-накопитель в северной части полигона	0,65	158	313	274	257	231	191	152	120	94,7	82,2	60,7
Внешний кольцевой канал	0,09	15,8	31,3	27,4	25,6	23,0	19,1	15,2	11,9	9,46	8,21	6,07
Весь полигон, исключая бессточные территории	0,76	189	370	327	306	275	227	182	143	113	98	72

Таблица П 3.7

Расчет максимальных расходов талых вод (м^3/с) заданной обеспеченности с водосборов полигона «Красный Бор» (по элементарному максимальному модулю стока весеннего половодья)

Водный объект	Площадь водосбора, км^2	Максимальные расходы талых вод заданной обеспеченности, %		
		1	10	25
Модули максимального весеннего стока	–	1,90	1,34	1,03
Внутренние дренажные канавы (пруд-накопитель)*	0,65	0,98	0,70	0,54
Южная и западная части кольцевого канала	0,04	0,08	0,05	0,04
Северная и восточная части кольцевого канала	0,05	0,095	0,07	0,05

* При расчете введен коэффициент, учитывающий влияние урбанизированных территорий, $\delta_{УТ}$= 0,8.

По формуле (33) рассчитано время добегания максимальных расходов талых вод обеспеченностью P = 3% до пруда-накопителя (1,9 ч) и магистрального канала (3,1 и 2,4 ч).

Для водосбора пруда-накопителя время добегания максимального расхода по склонам вдвое превышает время добегания по дренажным канавам и транспортирующему каналу. Это происходит вследствие значительной протяженности заболоченных склонов водосбора. Длина склонов двух частей кольцевого канала значительно меньше и только на северо-востоке полигона (за его пределами) можно выделить макропонижение с длиной склона примерно 200 м. Заболоченность и залесенность водосбора равны 0, поэтому время склонового добегания для водосборов кольцевого канала в 2 – 4 раза меньше времени руслового добегания.

Максимальный расход дождевого паводка заданной обеспеченности P=1% со склонов водосбора пруда-накопителя рассчитывается по формуле (35). Для этого определяем: m_c = 0,15 (табл. 16).

Сборный коэффициент ливневого стока $\alpha_{ср.д}$ = 0,58 рассчитывается по формуле (44). Коэффициенты ливневого стока $\alpha_{дс}$ для различных поверхностей определены по табл. 17 в зависимости от суточного слоя осадков 81–150 мм. В состав водосбора пруда-накопителя входят следующие стокоформирующие комплексы: СФК-2 (f_2 = 0,07 км^2); СФК-4 (f_4 = 0,24 км^2); СФК-5 (f_5 = 0,19 км^2); СФК-6 (f_4 = 0,12 км^2); СФК-7 (f_7 = 0,02 км^2).

Максимальный суточный слой осадков вероятностью превышения 1%, $H_{1\%}$=82 мм определяем по [14].

Коэффициент δ, учитывающий влияние проточных озер, принимаем равным 1.

По формуле (43) рассчитываем гидроморфометрическую характеристику склонов Φ_c = 28,57.

По табл. 15 определяем $\tau_{дс}$ = 300 мин.

Максимальный модуль стока со склонов ежегодной вероятностью превышения P=1%, $q'_{1\%}$ = 0,043 определен по табл.П3.2 и П3.3.

Тогда максимальный расход дождевого паводка заданной обеспеченности P=1% со склонов водосбора пруда-накопителя равен

$$Q_{д\,\%} = q'_{1\%}\,\alpha_{л.с}\,H_{1\%}\,\delta\lambda_p\,F = 0{,}043 \cdot 0{,}58 \cdot 80 \cdot 0{,}65 = 1{,}30 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Выводы

1. В соответствии с методикой расчета основных гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий получены гидрологические характеристики территории полигона промышленных токсичных отходов Красный Бор.

2. Выполнен детальный анализ условий формирования поверхностного стока и его трансформации до замыкающего створа в границах ТНТ, приуроченной к территории полигона Красный Бор. Установлено, что фоновые значения характеристик поверхностного стока в замыкающем створе формируются на территориях водосборов ручья *1* и непосредственно кольцевого канала полигона. На них накладываются характеристики урбанизированной территории внутреннего водосбора полигона, на котором выделяется ряд стокоформирующих комплексов и организовано сезонное регулирование стока.

3. Выполнен анализ структуры и территориального распределения СФК по полигону, определены основные расчетные параметры для выделенных СФК, сделан анализ изменения площадей СФК в связи с работами, выполненными на полигоне за последние 10 лет. Установлено, что наиболее сильно (на 78%) изменилась (увеличилась) площадь искусственных покрытий территории полигона. Возросла водосборная площадь кольцевого канала на 50% и рекультивированных (закрытых) карт на 20%. Уменьшилась площадь ранее неосвоенной территории полигона на 40%, а площадь открытых карт на 41% .

4. Результаты расчетов могут быть использованы при внесении корректировок в параметры запроектированных очистных сооружений, системы водообустройства территории полигона, в первую очередь емкости пруда-накопителя и перепускных сооружений при дальнейшей рекультивации полигона, а также при управлении качеством стока организованных сбросов до ввода очистных сооружений в эксплуатацию.

5. Проведение расчетов в соответствии с настоящей методикой подтвердило возможность выполнения детального анализа составляющих любой стоковой характеристики на водосборах различных порядков и высокую чувствительность методики по отношению к устанавливаемым параметрам стокоформирующих комплексов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ТЕРРИТОРИИ КВ. 57Ж (бывшая Приморская свалка)

1. Краткая характеристика объекта

Бывшая Приморская свалка находилась в северо-западной части Санкт-Петербурга, восточнее Лахтинского разлива. В ходе хозяйственного освоения этой территории свалочные массы в 80-е годы последовательно перемещались с застраиваемых участков на соседние кварталы. В связи со сложностями организации вывоза накопленных за время функционирования свалки свалочных масс (около 1,5 млн.м^3) в 90-е годы принято решение, а затем обоснован (ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева») и разработан (АО «Ленгипроинжпроект») проект размещения всех свалочных масс бывшей Приморской свалки на территории кв. 57 Ж. В настоящее время проект реализуется строительством.

2. Исходные данные

2.1. Природно-климатические характеристики территории

По результатам инженерно-геологических изысканий на территории кв. 57 Ж, выполненных институтом Ленморниипроект в 1986 г., установлено:

на территории площадки отвала свалочных масс располагаются насыпные грунты, обладающие низкими прочностными и деформационными свойствами;

в основании отвала развита мощная (до 22,0 м) толща слабых супесчано-суглинистых грунтов, обладающих низкой несущей способностью;

территория площадки отвала свалочных масс частично заболочена, уровень грунтовых вод близок к дневной поверхности.

Свалочные массы в основном представляют собой смесь минеральной компоненты (песка, щебня) и разложившейся органики в весовой пропорции от 1:1,0 до1:3,0 с характерными для твердых бытовых отходов (ТБО) крупноразмерными включениями, наличие которых обеспечивает "дисперсное армирование" всей толщи и повышает ее устойчивость.

Более подробные характеристики территории бывшей Приморской свалки изложены в имеющейся фондовой и исполнительной документации.

Территория кв. 57Ж (бывшая Приморская свалка) располагается в пределах Санкт-Петербурга, поэтому необходимые для расчетов исходные метеорологические данные взяты по данным наблюдений Санкт-Петербургского ИЦП (информационного центра погоды).

2.2. Характеристики техногенно-нагруженной территории

По данному объекту имеется достаточно полный набор фондовой и исполнительной документации, в том числе материалы по оценке воздействия полигона ТБО на окружающую природную среду. Территория самого полигона ограничена дренажной канавой, имеет прямоугольную форму с размерами ~ 200 х 400 м, площадью 9,83 га. Отвал свалочных масс представляет собой террикон высотой около 30 м с откосами заложением 1:2,0 – 1:2,5. На откосе имеется берма и устроен служебный заезд на поверхность отвала.

2.3. Расчет основных гидрологических характеристик

Целью расчета основных гидрологических характеристик территории полигона является определение количественных значений обеспеченных гидрологических характеристик.

2.3.1. *Установление границ ТНТ.* Граница землеотвода полигона ТБО проходит по красным линиям кв. 57 Ж. Установленная санитарно-защитная зона полигона ТБО – 500 м.

С учетом требований по расчету сбросов в канализационные сети Водоканала за границу ТНТ в данном случае принимается граница кв. 57 Ж в пределах красных линий.

2.3.2. *Анализ условий формирования и трансформации стока.* По периметру полигона ТБО устроена дренажная канава. Сток из канавы поступает в канализационный коллектор. Для данного отвала (ввиду того, что площадь откосов существенно превышает площадь верхней площадки) наиболее характерен склоновый сток.

2.3.3. *Декомпозиция техногенно-нагруженной территории на стокоформирующие комплексы.* На территории полигона ТБО в связи с однотипными условиями формирования поверхностного и подземного стока выделен единственный стокоформирующий комплекс.

2.3.4. *Назначение расчетных створов.* Расчетный створ для расчетов основных гидрологических характеристик полигона ТБО назначен в

точке подключения дренажной канавы к колодцу канализационного коллектора.

2.3.5. *Расчеты характеристик поверхностного стока.* Расчеты выполнялись для замыкающего створа дренажной канавы.

Рассчитывались следующие гидрологические характеристики:

слой и объем годового поверхностного стока (средние и заданной вероятности превышения);

слой полного стока за отдельный месяц или выделенный внутригодовой период (средний многолетний и заданной обеспеченности);

слой весеннего стока (средний и заданной вероятности превышения);

максимальный расход талых вод обеспеченностью $P = 1\%$;

время добегания талых вод до дренажной трассы.

3. Расчеты характеристик поверхностного стока для территории кв. 57 Ж

3.1. Слой и объем годового поверхностного стока (средние и заданной вероятности превышения)

Годовая сумма осадков принята равной 670 мм (по данным наблюдений Санкт-Петербургского ИЦП за период 1920 – 2003 гг.) – с введением необходимых поправок. Коэффициент поверхностного стока для всей территории кв. 57 Ж принимается равным 0,15 (табл. 1).

Слой среднего годового стока рассчитывается по формуле (1); $Y = 0{,}15 \cdot 670 = 101$ мм.

Слой годового стока различной обеспеченности рассчитывается по формуле (3) – см. гл. 3. Коэффициенты перехода (K_x) от средних многолетних годовых величин осадков к осадкам различной обеспеченности для рассматриваемой территории взяты из Приложения 1.

Объем годового стока (средний и заданной обеспеченности) рассчитывается по формуле (19) – см. гл. 3; средний объем годового стока $W = 10^{-6} \cdot 101 \cdot 98310 = 9{,}9$ тыс.м^3.

Средние многолетние величины годового стока заданной обеспеченности приведены в табл. П 4.1.

Таблица П 4.1

Средние многолетние слои Y (мм) и объемы W (тыс. м^3) поверхностного стока заданной обеспеченности для территории кв. 57 Ж

Характеристика	Средние многолетние значения	Сток заданной обеспеченности, %					
		5	10	25	75	90	95
K_x	–	1,34	1,22	1,13	0,9	0,83	0,77
Осадки, мм	670	898	817	757	603	556	516
Слой стока, мм	101	135	123	114	101	90	83
Объем стока, тыс. м^3	9,9	13,2	12,1	11,2	9,9	8,9	8,2

3.2. Слои суммарного и поверхностного стока за отдельные месяцы (средний по водности и многоводного года)

Расчеты слоев суммарного и поверхностного стока за отдельные месяцы среднего по водности (P = 50%) и многоводного (P = 5%) года производились по формуле (23).

Для расчетов неизвестна влажность свалочных масс, их водоаккумулирующая емкость, поэтому, применяя метод последовательных приближений, считаем, что на начало расчета (1 ноября) свалочные массы находятся в равновесном состоянии относительно содержания в них воды (нет стока воды из толщи отходов и по их поверхности); в тоже время свободный объем, в котором могли бы аккумулироваться выпадающие осадки (водоаккумулирующая емкость), также отсутствует. Принимаем также, что в холодный период года (с ноября по апрель) осадки в виде снега накапливаются на поверхности отвала, образованного отходами. Таяния снега до апреля не происходит, наблюдается только его испарение и выдувание с отвала.

Величины осадков взяты по данным наблюдений Санкт-Петербургского ИЦП за период 1920 – 2003 гг. с введением необходимых поправок.

Изменение снегозапасов за счет выдувания снега с холма ΔS рассчитано по формуле (7) – с применением коэффициента $K_{сн}$ = 0,20.

Испарение с рассматриваемой территории рассчитано по формулам (9), (10), (12) – (14).

Слой поверхностного стока за летнее-осенний период рассчитан по формуле (20). Среднее значение коэффициента летне-осеннего поверхностного стока $\alpha_{ср\,л} = 0{,}05$ определено по табл. 8.

Результаты расчета вышеуказанных гидрологических характеристик кв. 57 Ж для среднего по водности года приведены в табл. П4.2, а многоводного года (5% обеспеченности) – в табл. П4.3.

Соотношение обеспеченности осадков и испарения взято в соответствии с настоящей Методикой: в многоводный год обеспеченность испарения равна 50%.

Из табл. П4.2 и П4.3 видно, что весенний поверхностный сток составляет 83 – 86% от годового, то есть в летне-осенний период поверхностный сток или отсутствует или очень незначителен.

3.3. Максимальный слой весеннего поверхностного стока

Расчет проведен по формуле (26) также для вероятностей превышения 5% и 50% (табл. П4.2 и П4.3).

Суммы осадков за холодный период года (P_x) соответственно равны 254 мм и 320 мм. Коэффициент весеннего поверхностного стока ($\alpha_{ср\,в}$) равен 0,6 (табл. 10).

Таблица П4.2

Слои суммарного и поверхностного стока с территории кв.57 Ж за отдельные месяцы среднего по водности года (P = 50%)

Месяц	Осадки, мм	Испарение, мм	Снегозапасы, мм	Снегозапасы с учетом переноса снега, мм	Сток суммарный, мм	Сток поверхностностный, мм
XI	54	12	42	–	0	0
XII	48	7	83	–	0	0
I	42	7	118	–	0	0
II	36	8	146	–	0	0
III	34	16	164	–	0	0
IV	39	26	177	142	142	85
V	49	62	–	–	0	0
VI	67	84	–	–	0	0
VII	76	92	–	–	0	0
VIII	89	75	–	–	13	2
IX	71	38	–	–	33	5
X	64	22	–	–	42	7
Год	670	450	–	–	231	99

Таблица П4.3

Слои суммарного и поверхностного стока с территории кв. 57 Ж за отдельные месяцы многоводного года (P = 5%)

Месяц	Осадки, мм	Испарение, мм	Снегозапасы, мм	Снегозапасы с учетом переноса снега, мм	Сток суммарный, мм	Сток поверхностный, мм
XI	69	12	57	–	0	0
XII	60	7	110	–	0	0
I	52	7	155	–	0	0
II	46	8	192	–	0	0
III	43	16	220	–	0	0
IV	50	26	243	195	195	117
V	62	62	–	–	0	0
VI	85	84	–	–	1	0
VII	95	92	–	–	3	1
VIII	112	75	–	–	36	6
IX	90	38	–	–	52	8
X	81	22	–	–	59	9
Год	844	450	–	–	346	141

3.4. Максимальный расход талых вод заданной обеспеченности

Для расчета максимального расхода воды весеннего половодья вся территория кв. 57 Ж, представляющая собой отвал, рассматривается как один водосбор с замыкающим створом в месте впадения дренажной канавы в канализационный коллектор.

Расчет проводится по формуле (30).

Максимальные модуль стока весеннего половодья $q_{\max \text{ в } P\%}$ вероятности превышения P = 1%, определяется по табл. 12.

Результаты расчета представлены в табл. П4.4.

Таблица П4.4

Максимальный модуль весеннего стока ($м^3/с\ км^2$) и максимальный расход талых вод ($м^3/с$) для территории кв. 57 Ж

Характеристики	Заданная обеспеченность, %		
	1	10	25
$q_{max\ в}$, $м^3/км^2$	1,90	1,34	1,03
$Q_{max\ в}$, $м^3/с$	0,19	0,13	0,10

3.5. Время добегания максимального расхода воды весеннего половодья заданной обеспеченности до замыкающего створа

Время склонового добегания максимального расхода воды весеннего половодья заданной обеспеченности P=1% принимается за полное время добегания максимального расхода воды до замыкающего створа, так как время добегания по дренажной канаве ничтожно мало. Расчет проведен по формуле (32).

Время добегания до дренажной канавы при скорости склонового ручейкового стекания 0,2 м/с и наибольшей длине склона 75,3 м равно 0,10 ч.

Выводы

1. В соответствии с Методикой расчета основных гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий получены гидрологические характеристики территории кв. 57 Ж.

2. Выполнен детальный анализ условий формирования поверхностного стока в выделенных границах ТНТ (фактически – полигона ТБО, образованного в кв. 57 Ж из свалочных масс, размещавшихся на территории бывшей Приморской свалки Санкт-Петербурга) и его трансформации до замыкающего створа. Установлено, что значения характеристик поверхностного стока в замыкающем створе формируются на территории водосбора дренажного канала полигона ТБО, представляющего собой отвал прямоугольной формы высотой около 30 м с довольно крутыми откосами 1:2,0 – 1:2,5.

3. На территории полигона ТБО в кв. 57 Ж выделен один стокоформирующий комплекс, для которого определены основные расчетные параметры.

4. Результаты расчетов могут быть использованы при уточнении объема сбросов в канализационные сети Водоканала для корректировки размера платежей за сбросы.

5. Проведение расчетов в соответствии с настоящей Методикой подтвердило возможность выполнения расчетов основных гидрологических характеристик для весьма специфической формы рельефа – отвала (террикона), и высокую чувствительность методики по отношению к устанавливаемым параметрам стокоформирующих комплексов.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 6

1.1. Назначение Методики 6

1.2. Область применения 6

1.3. Нормативные ссылки 8

1.4. Термины и определения 9

1.5. Принятые условные обозначения 12

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК 15

2.1. Исходные данные 15

2.2. Порядок выполнения расчетов 16

3. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОДОВОГО СТОКА 18

3.1. Средний многолетний слой годового поверхностного стока 18

3.2. Годовой слой поверхностного стока заданной обеспеченности 19

3 3. Слой годового стока (средний многолетний и заданной обеспеченности) 23

4. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНУТРИГОДОВОГО СТОКА 29

4.1. Слой поверхностного стока за летне-осенний период года 29

4.2. Слой стока за отдельный месяц или выделенный внутригодовой период (средний многолетний и заданной обеспеченности) 30

5. МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК 32

5.1. Гидрологические характеристики весеннего половодья 32

5:2. Максимальный расход дождевого паводка заданной обеспеченности 37

6. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ОСНОВНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК 42

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 43

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 Коэффициенты перехода от средних многолетних величин осадков к осадкам различной обеспеченности (K_x) для территории Российской Федерации 47

Приложение 2 Графические материалы 63

Приложение 3 Определение гидрологических характеристик техногенно-нагруженной территории (на примере полигона промышленных токсичных отходов «Красный Бор») 86

Приложение 4 Определение основных гидрологических характеристик на территории кв. 57 Ж (бывшая Приморская свалка) 104

Редактор *Т С Артюхина*
Корректор *Т.М Бовичева*
Компьютерная верстка *Н.Н. Седова*

Подписано к печати 20.12.2010.
Формат60х90 1/16. Бумага типографская № 1. Печать офсетная.
Печ.л. 7,25. Тираж 300. Заказ 34.

Издательство ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева».
Типография ООО «Наша Марка».
195220, Санкт-Петербург, Гжатская ул., 21.