



УДК 556.342.2

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ НА ИСПАРЕНИЕ И ИНФИЛЬТРАЦИЮ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ (НА ПРИМЕРЕ ВОДОСБОРА Г/П КОСА-КОСА)

Шайдулина Аделия Александровна, старший преподаватель кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов

Пермский государственный национальный исследовательский университет
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Кетов Роман Александрович, студент 2 курса магистратуры кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов

Пермский государственный национальный исследовательский университет
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Аннотация. В данной статье рассмотрены методы расчета некоторых видов потерь талого стока в период снеготаяния. Предложены способы определения потерь на испарение и на инфильтрацию с применением ГИС-технологий на речном водосборе территории Верхней Камы – г/п Коса-Коса. Установлено, что величина потерь на испарение в первом варианте составляет 13,1%, а на инфильтрацию 5,1% от объема стаявшего снега. А по второму варианту 13,1% и 3,7%, или 66,7% если учитывать талый сток, который должен вернуться в русловую сеть в процессе инфильтрации.

Ключевые слова: реки, водосбор Верхней Камы, весеннее половодье, испарение, инфильтрация

Расчет любых потерь является важной характеристикой прогноза величины весеннего половодья. Знания о величине фильтрации и испарения с поверхности снега позволяет получать более точные данные об объемах стока, которые приходят в русловую сеть в результате снеготаяния.

Изученность потерь талого стока при расчетах весеннего половодья хорошо раскрыта в разных литературных источниках. Основными из них являются труды Виноградова Ю.Б. и Комлева А.М. [1, 7], а также работы Исаева Р.Г., Кулика В.Я., Ковзеля А.Г., Нестеренко Ю.М. [3, 6, 10, 11] и др.

Основными факторами, оказывающими влияние на величину потерь, являются факторы подстилающей поверхности (рельеф, геологическое строение и почвенно-растительный покров) и климатические (температура воздуха и осадки в весенний период) [4, 5].

В связи с трудоемкостью и детальностью расчетов для моделирования исследуемых процессов был выбран относительно небольшой ($A=6266 \text{ км}^2$) речной водосбор г/п Коса-Коса, расположенный в пределах бассейна Камского водохранилища на северо-западе Пермского края (рис. 1а). Исток р. Коса располагается на Верхнекамской

возвышенности. В пределах водосбора р. Косы высоты варьируются от 310 м БС в районе истока, на юго-западной части водосбора, до 130 м БС в районе устья (рис. 1б).

Характер почв достаточно разнообразен, по всей площади водосбора их выделяется 13 типов [2]. Из них на дерново-сильнопodzолистые и дерново-среднеpodzолистые; дерново-сильнопodzолистые; смытые и намывные почвы оврагов, балок, пойм мелких рек и прилегающих склонов приходится 65% (рис. 1в).

Водосбор значительно залесен. Леса разных типов занимают более 85% всей территории [13], основными являются смешанные леса сомкнутые; лиственные леса, сельхозугодья и луга (рис. 1г).

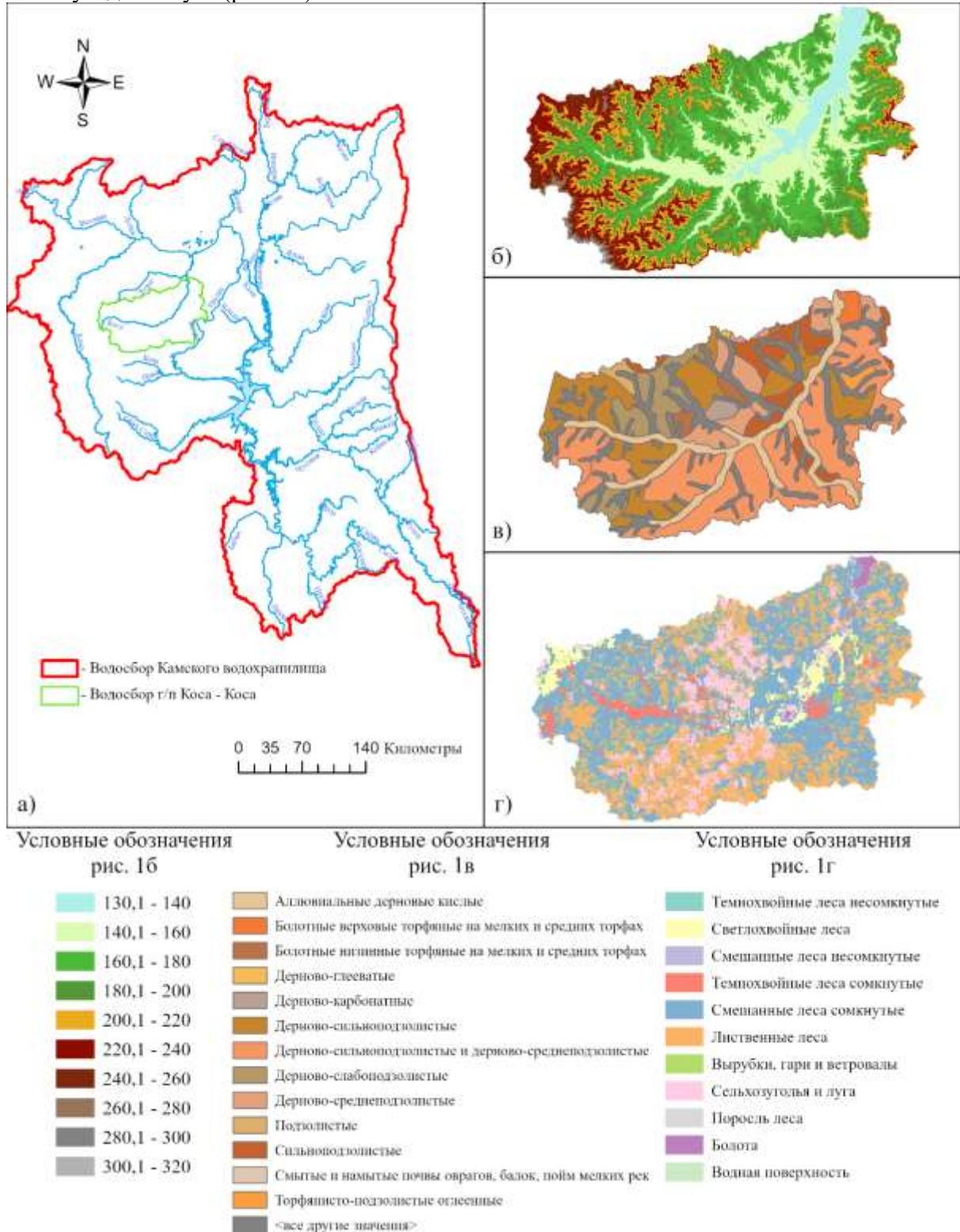


Рис. 1. Местоположение (а), рельеф (б), почвы (в), растительный покров (г) на водосборе г/п Коса-Коса

Климат водосбора г/п Коса-Коса является континентальным, со значительными перепадами температур внутри года [15]. В весенний период по данным Пермского ЦГМС [14] средняя температура составляет +5°C, осадков выпадает около 56,5 мм.

Для моделирования потерь талого стока на испарение и инфильтрацию во время половодья выбран 2015 г., характеризующийся затяжным снеготаянием вследствие возвратов холодов продолжительного периода с температурой воздуха 0...+5°C в апреле месяце, а также избытком осадков. При этом величина снегозапаса в 2015 г. составляла 177 мм, что на -10% меньше среднего многолетнего значения 197 мм [16].

Расчет потерь талого стока в период весеннего снеготаяния выполнен с применением ГИС-технологий для каждой ячейки ЦМР водосбора. Разрешение ЦМР 100*100 м.

Расчет потерь на испарение выполнен по формуле Кузьмина П.П.:

$$E = (0,24 + 0,05 * u_{10}) * d_2, \quad (1)$$

где E – испарение с поверхности снега; u_{10} – скорость ветра на высоте в 10 метров; d_2 – дефицит насыщенного воздуха на высоте 2 м над поверхностью снега, гПа.

Ежедневные значения дефицита влажности воздуха приняты по двум метеостанциям (МС) Коса и Кочеву, находящимся в пределах указанного водосбора. Модельная карта дефицита влажности воздуха в среднем для апреля 2015 г. представлена на рис. 2.

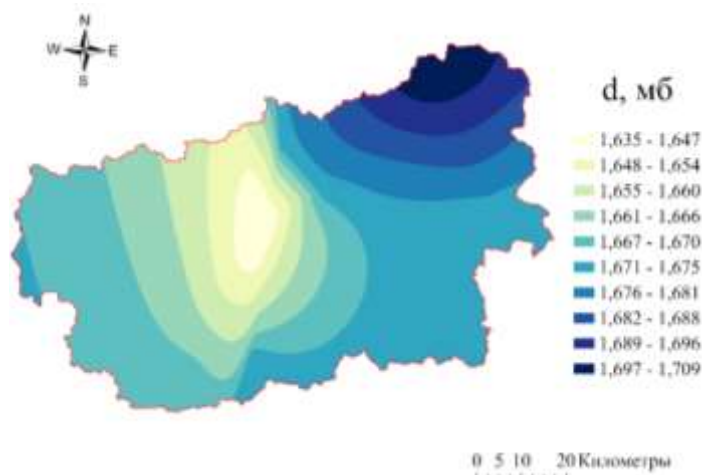


Рис. 2. Распределение средних значений дефицита влажности воздуха на водосборе г/п Коса-Коса в апреле 2015 г.

Анализ показал, что значения дефицита влажности воздуха имеют максимальные значения на северо-востоке территории водосбора, достигая 1,709 мб, а наименьшие – в центральной части – 1,635 мб. В целом их амплитуда по территории незначительна – 0,074 мб. В результате расчета были получены ежедневные значения испарения для каждой метеостанции (рис. 3).

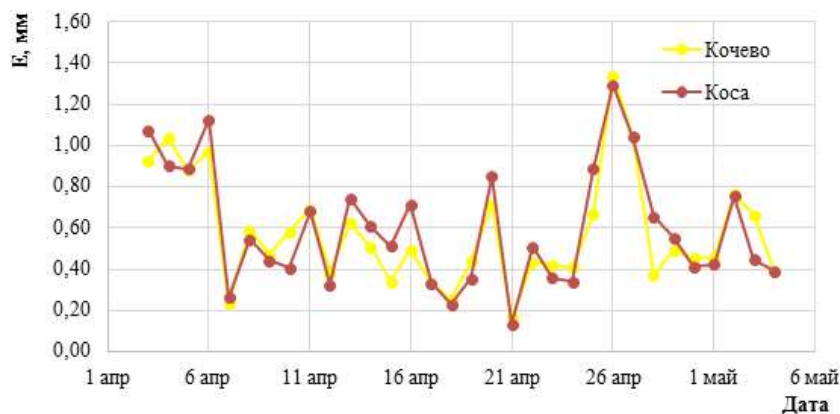


Рис. 3. График хода испарения с поверхности снега по двум метеостанциям, в период с 03.04 по 04.05.2015 г.

Анализируя полученный график можно сделать вывод, что максимум испарения приходится на 06.04 и 26.04.2015 г. В остальные же дни испарение то нарастает, то уменьшается. Минимум приходится на 21.04.2015 г.

Расчет потерь на инфильтрацию выполнен по формуле:

$$F = f * t, \quad (2)$$

где F – слой впитавшейся воды в почво-грунты; t – расчетное время (1 сутки); f – коэффициент инфильтрации или интенсивность впитывания талых вод в почво-грунты [12].

Из открытых источников в сети Интернет были приняты значения коэффициентов инфильтрации [8, 9] в зависимости от типов почв на водосборе, т.е. каждой почве присваивался свой коэффициент инфильтрации.

Было проведено два способа расчета инфильтрации:

1. Расчет инфильтрации обратным способом с использованием потерь на испарение, слоев стаявшего снега и объема воды за период половодья прошедшего через замыкающий створ г/п Коса-Коса; Т.е. из всего объема стока стаявшего снега вычитались потери на испарение и объем стока за весеннее половодье с вычетом межени (вариант 1 табл. 1).

2. Расчет инфильтрации с использованием данных о типах почв и соответствующих им коэффициентах фильтрации с применением ГИС-технологий. Т.е. из ежедневных слоев стаявшего за день снега вычитались потери на испарение и средние значения коэффициентов инфильтрации. Далее рассчитывались безвозвратные потери, также как и в первом способе, т.е. обычные потери на инфильтрацию становятся безвозвратными потерями на инфильтрацию. Так получено, что безвозвратно теряется 0,21 мм ежедневно (вариант 2 табл. 1).

Таблица 1

Таблица рассчитанных величин потерь в процессе снеготаяния (м³) для водосбора г/п Коса-Коса за 2015 г.

Величина \ Вариант расчета	Вариант 1	Вариант 2
Объем стока талого снега	902 163 530	918 425 283
Испарение	118 294 994	118 294 994
Подземный сток (возвратный)	-	578 252 233
Подземный сток (безвозвратный)	45 666 936	34 331 029
Поверхностный сток	-	187 547 027
Объем стока за половодье	738 201 600	765 799 260

Для сравнения вариантов расчетов была получена разница (%) между ними: за 100% было приняты значения по первому варианту, поскольку они получены обратным путем из уравнения водного баланса. Разность значений (%) между первым и вторым вариантами расчетов составила -24,8 и 3,7 соответственно. При расчете подземного стока (безвозвратные потери) по второму способу получена разница в -7,1%. Причинами этого являются как значения выбранного коэффициента фильтрации для каждого типа почв, так и его изменения (не учтенные в данных расчета) в течение периода снеготаяния.

Таким образом, существует множество способов расчетов потерь как на испарение, так и на инфильтрацию. Получить необходимые характеристики можно как теоретически (используя метод водного и теплового баланса и т.д.), так и измерив их физическим путем. В идеале и теоретический и физические способы должны действовать в совокупности. Применение ГИС-технологий для расчета потерь талого стока в период весеннего снеготаяния с учетом физико – географических и климатические особенностей водосбора позволили получить значения испарения и инфильтрации для каждой ячейки

ЦМР, что существенно увеличивает точность расчетов талого стока, поступающего в речную сеть.

Список литературы:

1. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 81–160.
2. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Режим доступа <http://egrpr.soil.msu.ru/download.php>.
3. Исаев Р.Г., Пыхачев Г.Б. Подземная гидравлика Недра, Москва, 1972 г. –360 с.
4. Калинин В.Г., Шайдулина А.А., Русаков В.С., Фасахов М.А. К вопросу об учете влияния экспозиции склонов в расчетах снеготаяния. Пермь, 2021. – С. 392–397.
5. Калинин В.Г., Шайдулина А.А., Русаков В.С., Фасахов М.А. О верификации модельных расчетов пространственного распределения снежного покрова в период снеготаяния. Пермь, 2021. – С. 99–105.
6. Ковзель А.Г. Расчет водоотдачи из снега в период снеготаяния. В кн.: Международный симпозиум по паводкам и их расчетам. Л.: Гидрометеиздат, 1969. – С. 2–13.
7. Комлев А.М. Закономерности формирования и методы расчетов речного стока. Второе издание. Пермь, 2012. –179 с.
8. Коэффициент фильтрации грунта (понятие и средние значения) / Buldingclub. Режим доступа <https://buildingclub.ru/koehff-filtracii-grunta-ponyat-i-sr-znacheniya/>.
9. Коэффициент фильтрации песка: мелкого, среднего и крупнозернистого, расчет по гост / Sdelai lestnicu. Режим доступа <https://sdelai-lestnicu.ru/strojmateriialy/modul-krupnosti-peska-formula-rasceta-i-gost-cto-on-oznaacet-opredelenie-gruppy-peska-po-modulu-krupnosti-klassifikacia>.
10. Кулик В.Я. Инфильтрация воды в почву. М.: Колос, 1978. – 93 с.
11. Нестеренко Ю.М. Водная компонента аридных зон: Экологическое и хозяйственное значение. Екатеринбург, 2006. – 286 с.
12. Нестеренко Ю.М., Бондаренко И.И., Нестеренко М.Ю., Влацкий В.В., Захлевная М.В., Мартиросян И.Х., Сумцова Т.Ю. Методика разработки математической модели поверхностного склонового водного стока. Оренбург, Россия 2012. – С. 6–10.
13. Николаев С.Ф. Растительность «Пермская область. Пермь». Перм. кн. изд-во, 1959. – С. 103–127.
14. Пермский ЦГМС. Режим доступа <https://meteo.perm.ru>
15. Справочник по климату СССР. Вып. 9. Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 365 с.
16. Шайдулина А.А., Калинин В.Г., Фасахов М.А. Пространственно-временные закономерности снеготаяния на речных водосборах верхней Камы // Географический вестник = Geographical bulletin. – 2022. – № 1(60). –С. 100–112. doi: 10.17072/2079-7877-2022-1-100-112.

ANALYSIS OF EVAPORATION AND INFILTRATION LOSSES DURING THE SPRING FLOOD (USING THE EXAMPLE OF THE KOSA-KOSA CATCHMENT AREA) WATERSHED

Adeliya A. Shaydulina, Roman A. Ketov,

Annotation. This article discusses methods for calculating some types of melt runoff losses during snowmelt. Methods for determining losses for evaporation and infiltration using GIS technologies in the river catchment area of the Upper Kama - g/p Kosa–Kosa are proposed. It was found that the value of evaporation losses in the first variant is 13.1%, and for infiltration 5.1% of the volume of melted snow. And according to the second option, 13.1% and 3.7%, or

66.7% if we take into account the melt runoff, which should return to the Russian network in the process of infiltration.

Keywords: rivers, Upper Kama catchment, spring flood, evaporation, infiltration.