

По аналогии с другими крупными городами страны, в целях сбалансированного эколого-экономического развития, нужно создать экологическую программу развития Тюмени. Такая потребность уже давно назревает. Так, в Москве экологическая политика установлена до 2020 г. и далее [10].

Основным итогом работы является подготовка серии карт, отражающих базовую информацию, необходимую для принятия решений в сфере управления развитием системы «город — пригород»:

- ландшафтно-экологическая карта;
- карта функций ландшафтов;
- карта общей устойчивости внеселитебных ландшафтов пригорода Тюмени;
- карта общей ценности внеселитебных ландшафтов пригорода Тюмени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные положения Генерального плана города Тюмени. Официальный сайт г. Тюмени www.tyumen-city.ru.
2. Вильчек Г. Е. Устойчивость тундровых экосистем и прогнозирование последствий их антропогенной трансформации // Известия РАН. Сер. Географическая. 1995. № 3. С. 59-69.
3. Лаппо Г. М. География городов: Учеб. пособие для геогр. ф-тов вузов. М.: ВЛАДОС, 1997. 480 с.
4. Федеральный Закон «Об общих принципах организации местного самоуправления в РФ» №131-ФЗ от 06.10.2006 г.
5. Закон Тюменской области «Об установлении границ муниципальных образований Тюменской области и наделении их статусом муниципального района, городского округа и сельского поселения» №263 от 05.11.2004 г.
6. Решение Тюменской областной Думы «Об изменении черты г. Тюмени» от 28 сентября 2006 г. №439.
7. Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты. Очерки антропогенного ландшафтоведения. М.: Мысль, 1973. 223 с.
8. Курбатова Д. С. Ландшафтно-экологические основы формирования градостроительных структур / Отв. ред. В. Н. Башкин. Москва-Смоленск: Маджента, 2004. 400 с.
9. Козин В. В. Проблема определения ценности и устойчивости экосистем / Природопользование на северо-западе Сибири: опыт решения проблем / Под ред. В. В. Козина, В. А. Осипова. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1996. 168 с.
10. Постановление Правительства Москвы от 25 февраля 2003 г. № 102-ПП «О целевой среднесрочной экологической программе города Москвы на 2003-2005 годы» (в редакции Правительства Москвы от 20.07.2004 № 499-ПП).

*Татьяна Михайловна ВЕШКУРЦЕВА —
преподаватель кафедры геоэкологии*

УДК 502.55

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СТОК ПОСРЕДСТВОМ ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА (НА ПРИМЕРЕ Р. ЧЕНЧЕРЬ).

АННОТАЦИЯ. На основе географо-гидрологического анализа водосбора малой реки определены величины весеннего и годового стока при различных сценариях землепользования. Выявлено, что при современном землепользовании весенний сток составит 19,94 мм, при отсутствии пашни сток увеличится на 1,1 %, при полной распаханности — повысится на 30,19%.

The amount of the spring and annual runoff under different land use scenarios is defined on the base of geographic-hydrological analysis. It is found out that on the modern land use the spring runoff has made up 19.97 mm, under the absence of the plough-land the runoff has increased by 1.1 %, under the full ploughing up the runoff has increased by 30.19 %.

Оценка влияния различных видов хозяйственной деятельности на величину стока рек связана с решением целого комплекса вопросов и требует большого объема информации, как о величине естественного стока рек в разные периоды, так и о характере и размерах воздействия человека в этот период.

Трудность расчета количественного изменения стока рек нередко обусловлена не только отсутствием необходимых данных, но и наличием большого числа антропогенных факторов, оказывающих различное влияние на сток при значительной неопределенности их количественной величины.

Основные методы количественной оценки влияния хозяйственной деятельности на речной сток систематизированы и обобщены в работах [3, 5, 6, 7, 11, 12]. В зависимости от наличия исходных материалов, физико-географических особенностей водосборов, вида хозяйственной деятельности и степени ее развития применяются: 1) методы, основанные на исследовании многолетних колебаний стока в опорных гидростворах в совокупности с анализом изменений естественных метеорологических факторов и развития хозяйственной деятельности в бассейнах; 2) водно-балансовые методы, предусматривающие отдельный учет водозаборов и сбросов, изменений элементов водного и теплового балансов в бассейне реки в результате воздействия каждого вида хозяйственной деятельности в отдельности [12,7]. Но изучение стока (его количественные измерения) всегда сталкивалось с дефицитом гидрологической информации. Поэтому, несмотря на многообразие имеющихся методов, широкое применение получил ландшафтный подход к гидрологическим вопросам, или географо-гидрологический метод.

Климат, почвы, растительность, рельеф и природные воды связаны в единый географический комплекс. Знание особенностей одного из них дает возможность изучения особенностей остальных звеньев этого комплекса. Поэтому географо-гидрологический анализ представляет собой метод установления взаимосвязи между отдельными элементами ландшафтов и стоком, выявлении на основании этой взаимосвязи количественных характеристик водных ресурсов. Таким образом, основой для оценки трансформации гидрологического режима выступает ландшафтная структура водосборов и степень ее преобразования под воздействием человека.

Для расчетов стока неизученных малых водосборов в рамках ландшафтно-гидрологического подхода можно использовать водно-балансовые методы, реализованные в виде расчетных схем, подробно представленных в [1,2,4].

Широкое применение данного подхода позволило изучить многие районы нашей страны в условиях сельскохозяйственного освоения [1,2,4,8,9,10]. Но именно эти зоны до сих пор вызывают научный интерес. Уязвимость малых водосборов не вызывает сомнения, а находясь в условиях недостаточного увлажнения, где весенний сток малых рек редко превышает 20 мм, оценка изменения стока в условиях антропогенного воздействия становится актуальной вдвойне. Поэтому объектом исследования и проведения оценки гидрологических изменений стока была выбрана река с малым водосбором, протекающая по южной территории Тюменской области, в условиях интенсивного ведения сельского хозяйства — р. Ченчерь.

По причине длительного освоения на водосборе р. Ченчерь произошло превращение части лесов и лугов в поля, пастбища, сенокосы, сады, которые функционируют, испытывая воздействие всех факторов интенсификации сельскохозяйственного производства. В связи с этим лесостепные ландшафты носят вторичный характер.

Материалы и методы

Главным моментом географо-гидрологического метода является представление структуры речного водосбора как сочетания различных ландшафтов, характеризующихся однородными условиями стока. Такие выделы на водосборе называются стокоформирующими комплексами (СФК). Сток в замыкающем створе в этом случае является средневзвешенной величиной склонового стока с СФК.

Хозяйственная деятельность на водосборе изменяет его структуру, что приводит к новому сочетанию СФК, а следовательно, и к изменению средневзвешенной величины стока в замыкающем створе. На этом принципе и основана оценка стока в зависимости от различных вариантов землепользования на водосборе.

Расчетная схема данного метода позволяет определять весенний и годовой сток реки в замыкающем створе при различном сочетании антропогенных модификаций и естественных ландшафтных комплексов (4). Кроме того, определяется слой весеннего стока с каждого комплекса. Это дает большое преимущество при оценке загрязнения реки рассредоточенными источниками. Подробное описание методики проведения анализа можно найти в [4].

Для того чтобы выполнить расчеты стока с каждого СФК водосбора, необходимо построить серию специальных карт. Сюда входят карты землепользования, уклонов и почв. На основании сопряженного анализа этих трех карт создается карта контуров с однородными факторами формирования стока — карта СФК. Правильное составление серии карт необходимо для последующих расчетов и является важным условием их достоверности. Карта СФК является основой для составления таблицы количественных характеристик контуров.

Второй этап ландшафтно-гидрологического анализа включает определение и расчет метеорологических данных: осадков и максимально возможного испарения для всего водосбора в целом, снеготаяния, глубины промерзания и влажности почвы в период снеготаяния для каждого СФК.

На третьем этапе выполняются компьютерные расчеты величины весеннего стока для СФК и всего водосбора в целом по соответствующим программам.

Среднее значение стока со всего водосбора может быть определено как весовое среднее, где в качестве веса выступает площадь, занятая тем или иным ландшафтным комплексом:

$$h = (h_1 f_1 + h_2 f_2 + \dots + h_n f_n) / F, \quad (1)$$

где h — слой стока со всего водосбора, мм;

h_1, h_2, h_n — слой стока с того или иного ландшафтного комплекса, мм;

f_1, f_2, f_n — площади водосборов ландшафтных комплексов, км²;

F — вся площадь водосбора, км².

Ландшафтно-гидрологический анализ выполнен для части водосбора р. Ченчерь, ограниченного створом с. Большая Ченчерь. В соответствии с методикой анализа первой была построена карта землепользования. Выделили четыре типа контуров: лес, луг, пашня, болото низинное. Землепользование связано в первую очередь с пашней, которая занимает в пределах водосбора реки 4,73% территории. Луга (пастбища и сенокосы) занимают 37,45%, общая же площадь леса составляет 54,5% и 3,31% занято болотами. Необходимо отметить, что освоенность водосбора незначительная.

Одним из основных факторов, определяющих сток, является уклон речного бассейна. В связи с этим была построена карта уклонов водосбора. Водосбор

Ченчери характеризуется очень малыми уклонами 0-5‰. На водосборе $\frac{2}{3}$ территории имеют уклон, близкий к нулю. Наибольшие величины уклонов — 1-5‰, представлены на террасных склонах реки.

Анализ почвенной карты показал, что почвы здесь имеют достаточно сложную структуру и представлены разнообразными типами. Наибольшую площадь — 40,84% занимают серые лесные осолоделые тяжелосуглинистые почвы. Они распространены по всему водосбору. Значительные площади, порядка 14%, заняты аллювиальными и лугово-болотными почвами, они достаточно равномерно распространены по всей исследуемой территории. Встречаются также черноземы, черноземы солонцеватые и лугово-черноземные солонцеватые почвы — 18,21%; засоленные почвы, которые представлены солончаками луговыми (11%); 3,31% занимают торфяно-болотные почвы и торфяники.

Сопряжение вышеуказанных карт позволило выделить четыре типа угодий: березовый лес, луг суходольный, пашня, болото низинное. Всего на данной площади выделено 15 СФК (табл. 1).

Таблица 1

Количественные характеристики стокоформирующих комплексов водосбора р. Ченчерь

№ СФК	Угодье	Тип почвы	Механический состав	Площадь, км. ²	Площадь, %	Уклон, ‰
1	2	3	4	5	6	7
1	Березовый лес	Серые лесные осолоделые	тяжелосуглинистые	181	29,25	0
2		Аллювиальные	тяжелосуглинистые	55,75	9,01	0
3		Солончаки луговые	тяжелосуглинистые	31,5	5,09	0
4		Черноземы солонцеватые	среднесуглинистые	21,5	3,47	5
5		Лугово-черноземные	тяжелосуглинистые	28,5	4,61	0
6		Лугово-болотные	тяжелосуглинистые	19	3,07	5
7	Луг суходольный	серые лесные осолоделые	тяжелосуглинистые	71,75	11,59	0
8		Аллювиальные	тяжелосуглинистые	23	3,72	0
9		Солончаки луговые	тяжелосуглинистые	35,75	5,78	1
10		Черноземы солонцеватые	среднесуглинистые	22,25	3,59	5
11		Лугово-черноземные	тяжелосуглинистые	11,25	1,82	2
12		Лугово-болотные	тяжелосуглинистые	67,75	10,95	0
13	Пашня	Лугово-черноземные	тяжелосуглинистые	20	3,23	5
14		Черноземы	среднесуглинистые	9,25	1,49	5
15	Болото низинное	Болотные	торфяник	20,5	3,31	0
Итого				618,75	100	

Сначала производился расчет слоя весеннего стока р. Ченчерь при современном состоянии природопользования за период 1987-2005 годов.

Рассчитанная по формуле 1 величина слоя стока составила 19,94 мм, что соответствует величине стока по данным наблюдений.

В результате получили, что весенний сток р. Ченчерь при современном земледельческом использовании максимальный с луга суходольного на лугово-черноземных солонцеватых тяжелосуглинистых почвах 41,84 мм и с луга на черноземах на

солонцеватых среднесуглинистых почвах — 38,65 мм. Также большие значения слоя стока с пашни на лугово-черноземных солонцеватых тяжелосуглинистых почвах 37,65 мм и с пашни на среднесуглинистых черноземах 31,36 мм. Минимальный сток наблюдается с березового леса на аллювиальных тяжелосуглинистых почвах. Из таблицы укрупненных показателей современного землепользования следует, что наибольший сток с луга суходольного — 41,84 мм, на 2 месте пашня — 37,65 мм, минимальный с березового леса — 27,51 мм (табл.2).

Таблица 2

Укрупненные показатели современного землепользования и сток р. Ченчерь (1987-2005 гг.) Вариант № 1

№	Угодья	Площадь, км ²	Площадь, ‰	h, мм
1	Березовый лес	337,25	54,5	27,51
2	Луг суходольный	231,75	37,45	41,84
3	Пашня	29,5	4,73	37,65
4	Болото низинное	20,5	3,31	37,05
	Итого	618,75	100	19,94

Такие результаты объясняются различной величиной уклонов СФК.

Следуя методике ландшафтно-гидрологического анализа, была выполнена оценка слоя весеннего стока при различных сценариях хозяйственного освоения водосбора. Вариант № 2 — отсутствие пашни, на месте пашни луг суходольный; вариант № 3 — максимально возможная распашка, распахиваются все нераспаханные земли, кроме торфяников; вариант № 4 — землепользование предусматривает распашку всего контура луга суходольного.

Результаты и обсуждение

При втором варианте землепользования наблюдаются небольшие изменения по сравнению с современным. Общий сток увеличивается до 20,16 мм, т.е. на 1,1% по сравнению с первым вариантом. По укрупненным показателям землепользования наибольший сток с луга — 48,35 мм, затем с болотных участков 37,05 мм и минимальный сток с леса — 27,51мм (табл. 3).

В результате расчетов весеннего стока при втором варианте землепользования получили, что максимальный сток будет наблюдаться с луга суходольного на среднесуглинистых черноземах 48,35 мм и с луга на черноземах солонцеватых среднесуглинистых 38,65 мм. Минимальное значение стока получили с леса на аллювиальных тяжелосуглинистых почвах 7,77 мм. Средний слой стока составляет 20,16 мм. Такие результаты объясняются, во первых, механическим составом почв, т.к. максимальный сток осуществляется с СФК на средних суглинках, во вторых — уклонами, именно эти территории характеризуются 5‰ величинами уклонов.

Таблица 3

Укрупненные показатели землепользования и сток р. Ченчерь (1987–2005 гг.) Вариант № 2

№	Угодья	Площадь, км ²	Площадь, ‰	h, мм
1	Березовый лес	337,25	54,5	27,51
2	Луг суходольный	261,25	42,18	48,35
3	Болото низинное	20,5	3,31	37,05
	Итого	618,75	100	20,16

Вариант третий. При данном варианте землепользования величина весеннего стока заметно меняется. Общий сток повышается с 19,94 мм до 25,96 мм, т.е. на 30,19% по сравнению с современным вариантом. По укрупненным показателям землепользования весенний сток выглядит следующим образом (табл. 4).

Наибольший слой весеннего стока наблюдается у пашни 43,07 мм, наименьший — у болота низинного 37,05 мм.

Таким образом, при данном варианте землепользования наибольший весенний сток будет наблюдаться с пашни на лугово-черноземных тяжелосуглинистых почвах 43,07 мм, наименьший — с пашни на серых лесных почвах 21,14 мм.

Таблица 4

Укрупненные показатели землепользования и сток р. Ченчерь. (1987–2005 гг.) Вариант № 3.

№	Угодья	Площадь, км ²	Площадь, ‰	h, мм
1	Пашня	598,25	96,69	43,07
2	Болото низинное	20,5	3,31	37,05
	Итого	618,75	100	25,96

Четвертый вариант. При этом варианте землепользования величина весеннего стока уменьшится с 19,94 мм до 19,60 мм, т.е. на 1,7% по сравнению с современной ситуацией. По укрупненным показателям землепользования максимальный сток будет с пашни 43,07 мм (табл. 5).

Таблица 5.

Укрупненные показатели землепользования и сток р. Ченчерь. (1987–2005 гг.) Вариант № 4

№	Угодья	Площадь, км ²	Площадь, ‰	h, мм
1	Березовый лес	337,25	54,5	27,51
2	Пашня	261,25	42,19	43,07
3	Болото низинное	20,5	3,31	37,05
	Итого	618,75	100	19,60

Для оценки изменения годового стока была построена зависимость слоя годового стока от слоя весеннего стока. Уравнение регрессии имеет вид [4]:

$$h_{\text{год}} = 1.17h_{\text{вес}} + 3.2 \quad (2)$$

Значения весеннего стока, приведенные в таблицах 2, 3, 4, 5, пересчитаны по формуле 2. Тогда изменения годового стока в зависимости от землепользования составят величины, приведенные в таблице 6. Из приведенных данных видно, что наименьшее значение годового стока 26,13 мм (при 19,60 мм весеннего стока) отмечается при полной распаханности луга суходольного. При современном варианте землепользования годовой сток составляет 26,53 мм. Наибольший годовой сток отмечается при полной распашке территории водосбора, он составляет 33,57 мм, что на 7,04 мм больше по сравнению с современным вариантом землепользования.

Таблица 6

Показатели землепользования на водосборе р. Ченчерь и сток в замыкающем створе

№	Пашня, %	Лес, %	Луг, %	Болото целинное, %	Весенний сток, мм	Годовой сток, мм
1	4,72	54,5	34,47	3,31	19,94	26,53
2	0	54,5	38,79	3,31	20,16	26,79
3	96,69	0	0	3,31	25,96	33,57
4	42,19	54,5	0	3,31	19,60	26,13

Выводы

1. Количественная оценка стока рек проводится с помощью различных методов, среди которых для учета антропогенного воздействия широко применяется географо-гидрологический метод. Он позволяет произвести оценку влияния хозяйственной деятельности на сток рек и сделать прогноз на будущее, а также выделить суммарное изменение стока в целом для всего водосбора, что может служить основой для объективной оценки произошедших изменений водных ресурсов.

2. Принятый для оценки антропогенных изменений стока конкретный вариант географо-гидрологического метода основан на материалах водно-балансовых станций и позволяет рассчитать слои стока весеннего и годового в зависимости от основных определяющих факторов по каждому из ландшафтных комплексов, слагающих водосбор. Это позволяет выполнить прогноз стока при изменении ландшафтной структуры в бассейне под влиянием хозяйственной деятельности.

3. На водосборе р. Ченчерь выделено 15 СФК. Наибольшую площадь занимает лес на серых лесных осолоделых тяжелосуглинистых почвах (181 км²), который имеет уклон, близкий к нулю, коэффициент фильтрации почвы 0,8 м/сут, снеготпасы 110 мм, глубина промерзания 0,55 м. Наибольшую площадь среди луговых комплексов занимает контур на серых лесных осолоделых тяжелосуглинистых почвах (71,75 км²), который имеет уклон близкий к нулю, коэффициент фильтрации почвы 0,05 м/сут, снеготпасы 87,26 мм, глубину промерзания 0,74 м. Из антропогенных модификаций выделяется пашня на лугово-черноземных солонцеватых тяжелосуглинистых почвах (20 км²) с уклоном 5 д, коэффициентом фильтрации 0,04 м/сут, запасами воды в снеге 87,26 мм, глубиной промерзания 1,03 м.

4. На основании принятой модели выполнена оценка слоя весеннего стока при различных сценариях хозяйственного освоения водосбора р. Ченчерь. Принято 4 варианта хозяйствования в бассейне. При современном варианте землепользования весенний сток с водосбора составляет 19,94 мм (лес — 54,5%, луг — 34,5%, болото — 3,31%). В случае полного отсутствия пашни сток достигает величины 20,16 мм, что на 1,1% больше современного. При полной возможной распаханности территории водосбора (96,69% пашни) сток повышается на 30,19% и равен 25,96 мм. Разница в стоке между крайними вариантами хозяйственного освоения составляет 5,8 мм, что равно 29,09% современного весеннего стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водогрецкий В. Е. Склоновый сток и его изменения под влиянием агротехнических и лесомелиоративных мероприятий // Труды ГТИ. 1973. Вып. 206. С. 172-207.
2. Водогрецкий В. Е. Влияние агролесомелиоративных мероприятий на сток рек и методика его расчета // Труды ГТИ. 1974. Вып. 221. С. 47-104.
3. Доброумов Б. М., Устюжанин Б. С. Преобразование водных ресурсов и режима рек Центра ЕТС. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 223 с.
4. Калинин В. М., Ларин С. И., Романова И. М. Малые реки в условиях антропогенного воздействия (на примере Восточного Зауралья). Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. 220 с.
5. Куприянов В. В. Гидрологические аспекты урбанизации. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 180 с.
6. Методические указания по оценке влияния хозяйственной деятельности на сток средних и больших рек и восстановлению его характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 131 с.
7. Парфенова Г. К. Методические основы оценки антропогенного воздействия на водные ресурсы: Учебное пособие. Томск: УОП Томского университета, 1993. 170 с.
8. Поляков Б. В. Гидрологический анализ и расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1946. 480 с.
9. Рахманов В. В. Речной сток и агротехника. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 200 с.
10. Соколовский Д. Л. Речной сток. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 539 с.
11. Шикломанов И. А. Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы и гидрологический режим. Обнинск. 1976. 110с.
12. Шикломанов И. А. Антропогенные изменения водности рек. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 301 с.