

УДК 551.48+627.133; 57.08: 631.95: У 34 (2) 10-52

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЧНОЙ СЕТИ РЕКИ БУЙ ПО РАСТИТЕЛЬНОМУ ПОКРОВУ НА ВОДОСБОРАХ ПРИТОКОВ

Михайлова С.И., Мазуркин П.М.

*Марийский государственный технический университет,
Йошкар-Ола, Россия*

Предлагаемый метод относится к природоохранному обустройству малых рек и может быть использован при экологической оценке водосборных бассейнов притоков речной сети по растительному покрову. При этом водосборы у притоков малой реки измеряются и оцениваются по патенту № 2293290 с использованием способов изучения фитоценозов и статистических закономерностей изменения параметров конкретных рек.

На примере р. Буй показана возможность нового способа экологической оценки речной сети по достаточности травяного покрова.

Ключевые слова: малая река, растительность, экологическое состояние, оценка.

Предлагаемый метод относится к природоохранному обустройству малых рек и может быть использован при экологической оценке водосборных бассейнов притоков речной сети по растительному покрову. При этом водосборы у притоков малой реки измеряются и оцениваются по патенту № 2293290 [14] с использованием способов изучения фитоценозов [13] и статистических закономерностей изменения параметров конкретных рек [6, 9].

Введение. Ландшафтное измерение [7] растительного покрова пока недостаточно развито. В особенности актуальным является увязка рельефа и гидрографической сети с растительным покровом, прежде всего с травяным покровом. В речных ландшафтах наиболее изменчивой является растительный покров травами и, как следствие, от этого изменчива и сама речная сеть малой реки. Причем оба этих природных компонента взаимоувязаны: деградация травяного покрова ведет к обмелению и высыханию притоков реки.

Поэтому актуальным является поиск и дальнейшая разработка нового способа измерения речной сети по значениям параметров притоков [14].

Цель статьи – на примере р. Буй показать возможности нового способа экологической оценки речной сети по достаточности травяного покрова.

Существующие способы измерения речной сети. Известен способ измерения растительности на притоках речной сети [3, с.32], включающий измерения и применение результатов измерений элементарных водотоков как первого звена речной сети по их численности (мощности первичных элементарных водотоков). Причем, чем больше численность элементарных водотоков, то тем выше и природоохранная оценка речной сети, то есть больше показатель экологического качества как отношение численности притоков к площади водосбора речной сети.

Недостатком способа является то, что не учитывается наличие растительности на территории водосбора элементарных водотоков, то есть первичные притоки реки считаются не связанными с растительным покровом.

Известен также способ измерения растительности на притоках речной сети [1, с.58-59], включающий измерение длины притоков реки (натурные измерения,

измерения длин по картам или по сведениям, полученным от местных жителей). Измерение площади водосбора выполняется в натуре (геодезическими приемами наземной съемки, аэрофотосъемки или космической съемки), или по карте с помощью планиметра или палетки (инструментальные способы картометрии), или же непосредственно на местности, используя наземные геодезические приемы и землемерные приборы. В вычислениях используется среднестатистическая форма

$L = 2,9\sqrt{S}$ [12], где L - длина реки (притока), км, S - площадь водосбора притока или всей реки, км^2 .

Эта эмпирическая формула была принята для больших рек бывшей СССР, Китая и США. Более точной является устойчивый закон аллометрического роста $L = 1,36S^{0,56}$ [12, с.133], предложенный для рек СССР.

Недостатком прототипов является то, что не учитывается наличие растительности на территории водосбора первичных элементарных водотоков, то есть первичные притоки реки считаются не связанными с растительным покровом. При этом нарушена иерархия параметров речной системы. Более правильным по физической сути будет принятие длины реки и её притоков, измеренной от истока до устья, и превращение этого параметра в векторную величину поверхностных водотоков. А площадь, а затем и объем, бассейна становятся скалярными величинами, зависящими от длины.

Шкала состояния растительного покрова. Итак, первичным параметром становится длина водотока реки или её притоков. Такая исходная предпосылка удовлетворяет условиям как прототипа (но здесь нарушена иерархия), так и аналога (элементарные водотоки как первичное звено речной сети по их численности или мощности первичных элементарных водотоков).

Эти первичные водотоки, то есть притоки первого порядка, должны быть оценены по состоянию растительного покрова. Шкалой такой оценки много. Но вначале нужно принять наимпростейшую шкалу, какой является экспертная оценка притоков реки по наличию и запасам травы для сенокоса. Нежесткая логика дает три значения такой шкалы (да, данет, нет), которые относительно легко идентифицируются сельскими жителями. Тогда по прототипу [1, с.58-59] измерение длины притоков реки по сведениям, полученным от местных жителей, включает и сведения о квалиметрической оценке качества каждого притока по травянистому покрову.

Напомним также, что впервые попытки провести оценку сельскохозяйственных земель в России проводились в XV-XVI вв., когда на основании данных писцовых книг взималась сочная государственная подать. Писцовые книги являлись первыми детальными описаниями угодий и почв. Например, пашня разделялась по качеству на четыре категории: землю добрую, среднюю, худую и доброе худую. Аналогичная шкала существовала и существует и поныне на селе для оценки травяного покрова.

Но категорию «добре худая» мы исключаем, так как она не характерна для всей территории Республики Марий Эл (РМЭ).

Тогда шкала оценки состояния растительного покрова в простейшем случае включает в себя следующие три состояния, вполне достаточные для практической гидрологии на современном уровне её развития: 0 – растительный покров практически отсутствует; 1 – мало растительности для кормопроизводства; 2 – растительный покров достаточен для заготовки сена.

Распределение притоков на отдельные группы выполняется визуально в ходе проведения полевых измерений и обходов.

Предлагаемый метод измерения речной сети. Цель исследования – повышение функциональных возможностей известного [1] способа и точности учета площади бассейна у притоков в речной сети.

Первичными водотоками могут быть приняты притоки только первого порядка, если притоки второго порядка имеют значения площади водосбора, значительно отличающиеся от площади водосбора притоков первого порядка по Р. Хортону. Затем измеренные первичные притоки разделяются на три группы по принятой шкале оценки состояния растительного покрова.

По каждой группе притоков эмпирическая закономерность изменения площади водосбора в зависимости от длины притока выявляется по формуле

$$S = S_0 + a_1 L^{a_2} \exp(-a_3 L^{a_4}) \quad (1)$$

где S - расчетная площадь водосбора первичного притока реки, км^2 , S_0 - начальное значение площади водосбора у истока реки или её отдельного притока, не зависящее от длины первичного притока, а зависящее в основном от состояния растительного покрова вокруг истока реки или притока, км^2 , L - длина притока, отсчитываемая как переменная векторная величина от своего истока до устья впадения в реку, км , $a_1 \dots a_4$ - параметры статистической модели (1), значения которых зависят от шкалы состояния растительности, рельефа и орографических свойств бассейнов притоков и самой реки.

По значениям S_0 , a_1 , a_2 , a_3 и a_4 сравниваются между собой группы притоков, относящиеся к принятым трем состояниям растительного покрова.

Таким образом, каждый из первичных притоков речной сети получает экологическую оценку по простейшей шкале состояния растительности. Новизна предлагаемого способа заключается в том, что впервые в гидрологии учитывается про-

стейшая шкала состояния растительности на площади водосбора каждого из первичных притоков.

Результаты исследования. Для измерения была принята речная сеть реки Буй, протекающей по Республике Марий Эл и Кировской области до реки Вятка, по притокам первого и второго порядков по Р. Хортону. В табл. 1 приведены исходные данные по длине и площади, полученные после уточняющих измерений натурными и картографическими способами [6].

Река Буй находится на территории Волго-Вятского водораздельно-возвышенно-равнинного района с эрозионным расчленением [2, с.8-9] и входит в Южно-таежную область возвышенности Вятского увала. Глубина врезания речной сети составляет 100-150 м, достигая 170 м в районе Шургинского антиклинального поднятия [2, с.17].

По данным [4, с.18], на характере рельефа этой части марийской республики отражается влияние Вятского увала, достигающего максимального развития в пределах РМЭ. Длина его здесь около 130 км, ширина 20-40 км, наибольшие высоты увала составляют 200-284 м над уровнем моря. Возвышенная холмистая равнина отличается значительной сложностью рельефа. В хребтовой возвышенности Вятского увала мелкими пятнами встречаются типичные перегнойно-карбонатные тяжело-суглинистые почвы (рендзины) на известняках и мергелях, а чаще – коричнево-серые суглинистые почвы (оподзоленные рендзины) на пермских мергелистых глинах и суглинках [4, с.19].

По состоянию на 01.01.2007 доля категории земель сельскохозяйственного назначения в пределах РМЭ у реки Буй составляет около 60 %, поэтому водосборный бассейн этой реки оценивается как высокоаграрная территория. Лесистость территории составляет около 34 %. В поймах реки Буй расположены сенокосные угодья, деградирующие от выпаса.

Таблица 1. Речная сеть бассейна реки Буй с указанием кода состояния растительного покрова

№ при- тока	Наименование притока	Поря- док притока	Данные после исследования [6]		Код состояния растительного покрова на водо- сборе притока
			Длина L, км	Площадь S, км ²	
1	1 левый приток в Помосыял	1	2,45	2,80	0
2	2 правый приток из Елеево	1	3,50	7,80	0
3	3 левый приток р. Корем из Егорково	1	6,50	23,60	0
4	4 правый приток напротив Иштыры	1	0,95	4,00	1
5	5 левый приток из Иштыры	1	1,55	5,25	1
6	6 левый приток из Иштыры	1	0,75	1,65	0
7	7 правый приток из р. Ляжмори	1	2,05	8,79	1
8	8 правый приток от трассы	1	1,00	4,47	0
9	9 правый приток из Юлтышки	1	1,15	4,50	1
10	1 левый приток 10-го пр из Соловьево	1	2,50	9,50	1
11	2 левый приток 10- го пр. Ворошилово	1	2,40	4,16	1
12	11 левый приток р. Касмер из Сюдумара-	1	6,60	11,00	0
13	12 правый приток из Писминер	1	0,95	1,60	1
14	13 правый приток р. Шалген	1	1,00	3,25	2
15	14 правый приток из Азянково	1	1,60	3,50	0
16	15 левый приток из Арып Мурзы	1	3,60	12,4	0
17	16 правый приток от леса	1	2,45	5,60	1
18	17 правый приток из Б. Коршуны	2	1,00	3,30	1
19	1 правый приток 17-го притока	1	0,40	1,60	0
20	18 правый приток	1	0,40	0,90	2
21	19 левый приток из М. Мунамари	1	1,50	3,15	1
22	20 левый приток из Б. Вочармы	1	3,95	12,10	1
23	1 правый приток из Чагино	1	3,50	10,10	0
24	2 левый приток 21-го в Б. Гари	1	1,80	1,60	0
25	3 правый приток 21-го притока	1	1,10	4,10	0
26	4 правый приток 21-го притока	1	0,60	2,20	0
27	5 левый приток 21-го притока	1	1,10	1,20	2
28	6 правый приток 21-го прит. р. Оряя	2	7,70	27,00	1
29	1 левый приток 6-го прит. из кордона	1	1,50	1,80	0
30	2 правый приток 6-го притока	1	0,80	1,50	2
31	3 правый приток 6-го притока	1	2,00	4,50	1
32	7 правый приток из Козлоял	2	5,00	15,00	0
33	1 правый приток 7-го притока	1	0,40	2,90	2
34	8 правый приток 21-го притока	1	1,50	10,30	1
35	9 правый приток 21-го притока	1	1,60	3,00	1
36	10 левый приток 21-го притока	1	5,50	18,10	2
37	11 правый приток из родника	1	0,35	1,50	1
38	22 правый приток р. Буй	1	0,65	4,30	0
39	23 правый приток из Таловки	1	3,00	6,00	2
40	24 левый приток из Орсюбы	1	4,75	7,60	1
41	1 левый приток 25-го притока	1	1,00	4,30	2
42	2 правый приток 25-го притока	1	1,60	1,90	2
43	3 правый приток.25-го притока	1	1,60	2,00	2
44	4 правый приток 25-го притока	1	3,70	6,30	2
45	5 левый приток 25-го притока	1	0,30	1,10	2
46	6 левый приток 25-го притока	1	0,30	1,75	2
47	7 левый приток.25-го притока	1	5,10	11,00	1
48	26 левый приток р. Буй	1	1,80	2,10	0

Продолжение таблицы 1.

№ при- тока	Наименование притока	Поря- док притока	Данные после исследования [6]		Код состояния растительного покрова на водо- сборе притока
			Длина L, км	Площадь S, км ²	
49	27 правый приток р. Буй	1	2,30	3,00	2
50	28 правый приток р. Алежурка	2	3,60	20,20	2
51	1 правый приток 28-го притока	1	0,95	2,20	2
52	1 правый приток 29-го притока	1	1,10	1,00	2
53	2 левый приток 29-го притока	1	0,70	1,50	2
54	3 левый приток 29-го притока	1	4,80	16,20	2
55	4 левый приток 29-го притока	1	2,75	10,25	2
56	5 левый приток 29-го притока	1	1,10	1,90	0
57	6 левый приток 29-го притока	1	0,95	2,40	0
58	7 левый приток 29-го притока	1	6,60	18,50	1
59	30 правый приток из Кугерь	2	2,25	15,00	2
60	1 левый приток 30-го притока	1	1,75	7,25	2
61	31 левый приток выше р. Чамки	1	6,20	13,40	1
62	32 левый прит. р. Чамка из В. Чамки	1	7,90	16,60	2
63	33 правый приток р. Буй	1	1,50	2,10	1
64	1 левый приток 34-го притока	2	3,50	5,30	2
65	1 правый приток 1-го притока	1	0,80	3,00	2
66	35 левый приток выше Шуеть	2	4,50	10,80	2
67	1 правый приток 16-го притока	1	0,70	2,30	2
68	36 левый приток в М. Шуеть	2	4,00	9,00	2
69	1 левый приток 36-го притока	1	0,60	1,27	2
70	1 правый приток 37-го притока	2	1,50	0,85	1
71	1 правый приток 37-го притока	1	0,90	1,80	1
72	2 правый приток 37-го притока	2	1,50	0,90	1
73	38 правый приток из Сарда	1	1,80	1,95	2
74	39 правый приток из Б. Ошки	2	2,00	6,20	1
75	1 приток 39-го притока	1	1,70	2,50	1
76	40 левый приток из Новоройского	1	6,20	18,00	1
77	41 левый приток выше Щино	1	3,25	6,75	1
78	42 правый приток из Рожденсвенское	1	1,20	1,95	1
79	43 левый приток из уроч. Касьяново	2	5,50	16,30	1
80	1 правый приток 43-го притока	1	0,80	2,00	1
81	2 правый приток 43-го притока	1	1,80	4,50	1
82	3 левый приток 43-го притока	1	2,20	3,20	1
83	44 правый приток из Пестово	1	0,50	2,75	1
84	45 левый приток из Петровское	1	1,80	3,00	1
Итого			192,2	544,39	

По состоянию на 01.01.2007 доля категории земель сельскохозяйственного назначения в пределах РМЭ у реки Буй составляет около 60 %, поэтому водо-сборный бассейн этой реки оценивается как высокоаграрная территория. Лесистость территории составляет около 34 %. В поймах реки Буй расположены сенокосные угодья, деградирующие от выпаса.

Орография, то есть описание элементов рельефа по их конфигурации, размеров и направления, схожа с Русской равниной [5, с.15], но в миниатюре. На Вятском увале нет рек, текущих на запад, большинство их направлены на юг до Волги, а часть - на северо-восток до Вятки, находящейся вне РМЭ.

Сравнение существующих способов. Показательный закон влияния площади водосбора на длину притоков реки Буй определилась выражением

$$L = 0,64146 S^{0,74845} \quad (2)$$

Максимальная относительная погрешность формулы (2) равна 61,9 %, а известных формул $L = 1,36S^{0,56}$ и $L = 2,9\sqrt{S}$ соответственно 520,2 и 1178,8 %.

Общие параметры. Количество притоков N , протяженность речной сети ΣL , общая площадь бассейна ΣS и густота речной сети $d = \Sigma L / \Sigma S$ [12, с.133] даны в табл. 2.

Плохое состояние речной сети определяется по параметрам притоков, не имеющих растительности, а хорошее – по притокам, имеющим достаточную для сенокоса растительность. Например, по данным табл. 2 количество притоков без травяного покрова на водосборах равно 19 шт., поэтому к плохому экологическому состоянию территории относятся $100 * 19 / 84 = 22,6$ % от общего количества притоков. А оценку «хорошее экологическое состояние» получает $100 * 30 / 84 = 35,7$ % притоков.

Таблица 2. Общие параметры речной сети в бассейне реки Буй

Параметр речной сети	Река Буй	Части бассейна по состоянию растительного покрова			Экологическое состояние сети, %	
		0 - нет	1 - мало	2 - достат.	плохое	хорошее
Притоки первого и второго порядков						
Количество притоков, шт.	84	19	35	30	22,6	35,7
Протяженность сети, км	192,2	39,9	87,6	64,7	20,8	33,7
Общая площадь, км ²	544,39	114,52	231,55	198,32	21,0	36,4
Густота сети, км/км ²	0,353	0,348	0,378	0,326	-	-
Притоки первого порядка						
Количество притоков, шт.	72	18	29	25	25,0	34,7
Протяженность сети, км	150,15	39,4	68,4	46,85	26,2	31,2
Общая площадь, км ²	414,54	108,32	177,0	138,02	26,1	33,3
Густота сети, км/км ²	0,362	0,364	0,386	0,339	-	-
Притоки второго порядка						
Количество притоков, шт.	12	1	6	5	8,3	41,7
Протяженность сети, км	42,05	5,0	19,2	17,85	11,9	42,4
Общая площадь, км ²	129,85	15,0	54,55	60,3	11,6	46,4
Густота сети, км/км ²	0,324	0,333	0,352	0,296	-	-

Из данных табл. 2 также видно, что от ухудшения качества травяного покрова больше всего страдают притоки первого порядка (больше доля плохого экологического состояния). Поэтому в патенте [10] было предложено экологическую оценку водосборного бассейна всей речной сети

$$S = 1,5943 + 1,42997L^{2,12068} \exp(-0,39306L^{0,72962}) \quad (3)$$

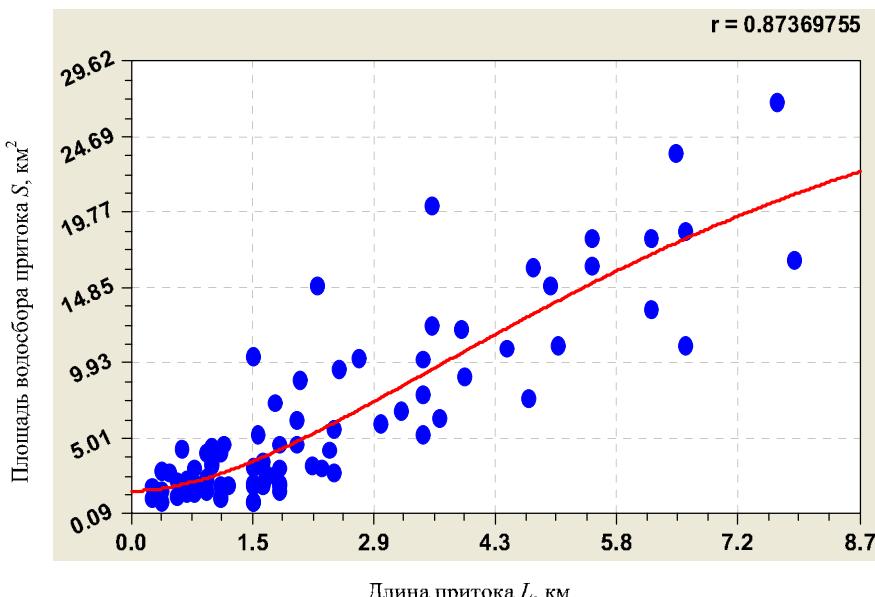


Рис. 1. Влияние длины притока на площадь его водосбора для реки Буй (в правом верхнем углу отмечается коэффициент корреляции, равный 0,874)

После параметрической идентификации формулы (1) для различных состояний растительного покрова речной сети малой реки Буй в целом и по частям её водосборного бассейна были получены шесть уравнений. Из них по максимуму коэффициента корреляции отобраны зако-

номерности с конкретными значениями параметров.

Для экологической оценки водосборного бассейна всей реки Буй по растительному покрову принимаются притоки первого порядка (рис. 2)

$$S = 2,0975 + 0,47713L^{2,54646} \exp(-0,078255L^{1,51461}) \quad r = 0,901 \quad (4)$$

Здесь и далее: r - коэффициент корреляции формулы к исходным данным. Постоянный член формул показывает среднюю площадь территории, окружающей исток каждого притока. Сравнение формул (3) и (4) показывает, что истоки пер-

вой группы имеют в $2,0975 / 1,5943 = 1,32$ раза больше территории по параметру площади, чем в среднем по всем притокам реки Буй. По притокам второго порядка график $S = f(L)$ показан на рис. 3.

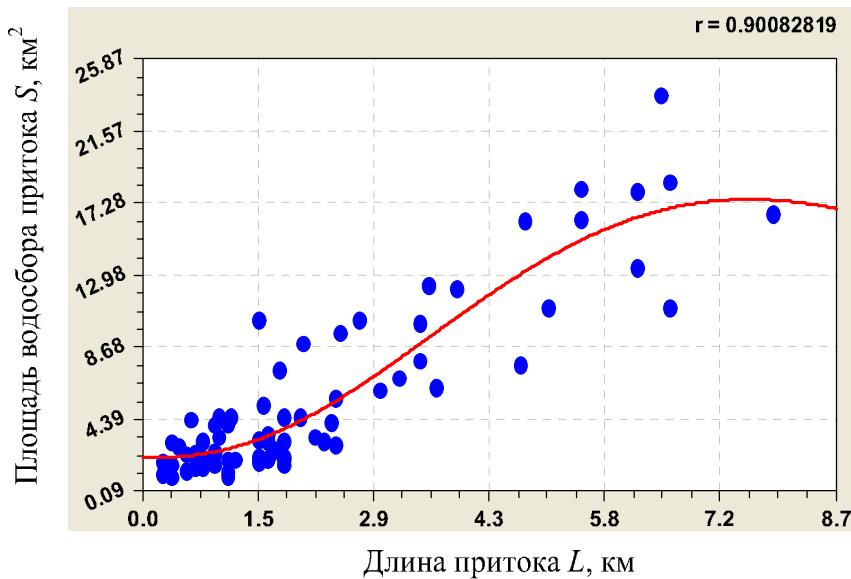


Рис. 2. Влияние длины притока на площадь его водосбора реки Буй по статистической модели (4) для подмножества притоков первого порядка

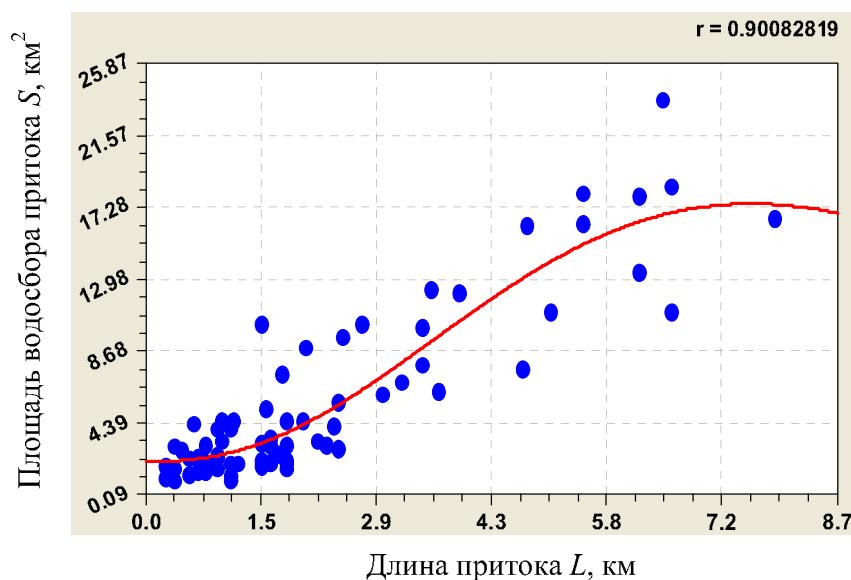


Рис. 3. Влияние длины притока на площадь его водосбора у реки Буй по притокам второго порядка

Конструкция формулы аналогична закономерностям (3) и (4). Этим доказывается существование общей модели типа (1).

Экологическая оценка речной сети реки Буй с притоками первого и второго

порядков точнее выглядит на подмножестве водосборов, у которых растительный покров практически отсутствует (код 0), по формуле (рис. 4)

$$S = 2,5091 + 0,21736 L^{9,53100} \exp(-3,26360 L^{0,76390}) \quad r = 0,913 \quad (5)$$

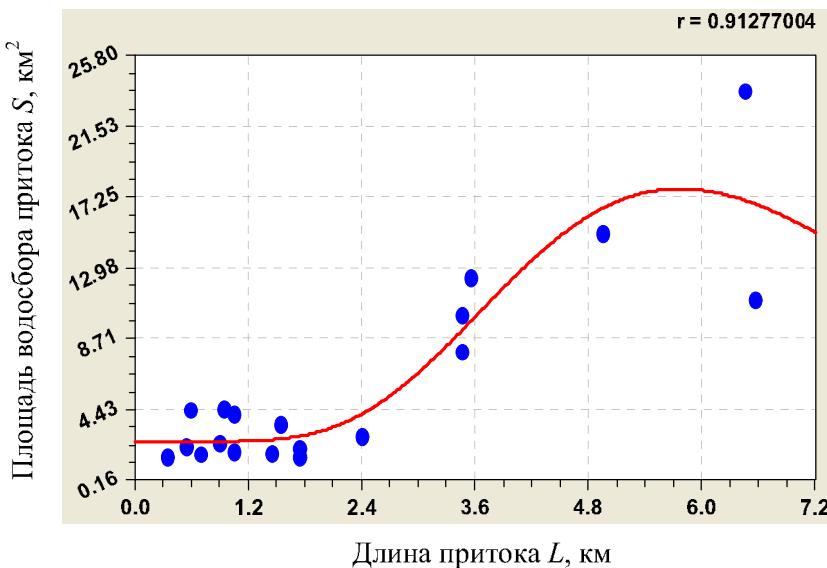


Рис. 4. Влияние длины притока на площадь его водосбора в целом по реке Буй по притокам первого и второго порядка, на водосборах которых растительный покров практически отсутствует (код 0)

Этот факт показывает, что для анализа части притоков без растительного покрова удобнее рассматривать общее количество притоков первого и второго порядков.

Еще точнее, по увеличению коэффициента корреляции ($r=0,944$), происходит

экологическая оценка подмножества притоков первого порядка у речной сети реки Буй (рис. 5) по растительному покрову, достаточному для заготовки сена на лугах в поймах, по формуле

$$S = 1,9226 + 0,27934 L^{2,65446} \exp(-0,0020555 L^{3,18094}) \quad r = 0,944 \quad (6)$$

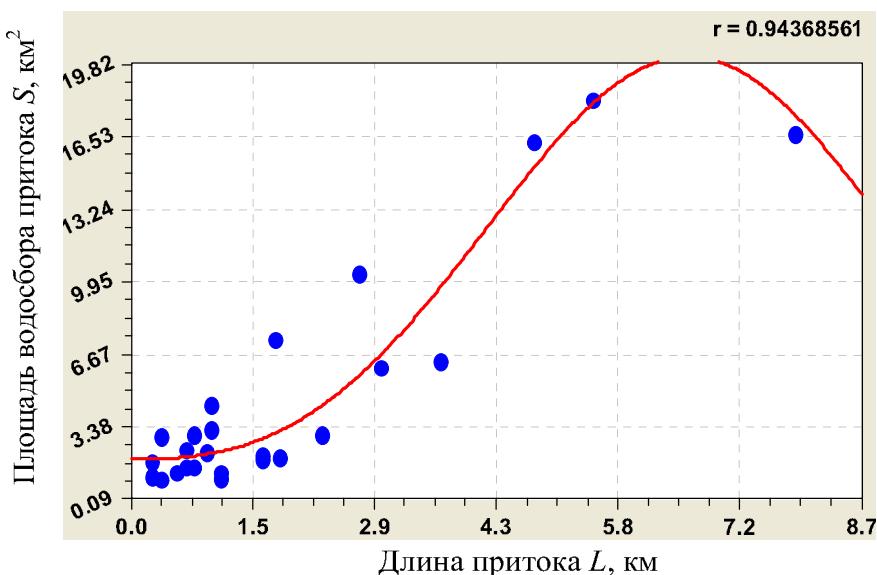


Рис. 5. Влияние длины притока на площадь его водосбора по притокам первого порядка реки Буй, у которых на водосборах растительный покров достаточен для сенокоса (код 2)

По сравнению с графиком на рис. 4 здесь максимум площади водосбора притоков выражен четче. Оптимальные (точнее - рациональные) значения длины притоков у речной сети реки Буй находятся в интервале от 6,0 до 7,2 км. Затем, с увеличением длины притоков площадь,

из-за орографических особенностей Вятского увала, снижается.

И, наконец, наибольшая теснота связи характерна (рис. 6) для притоков второго порядка, у которых водосборы имеют мало растительности для кормопроизводства (код 1) в соответствии с формулой

$$S = 2,4914 + 0,58906 L^{6,07410} \exp(-2,76771 L^{0,55984}) \quad r = 0,985 \quad (7)$$

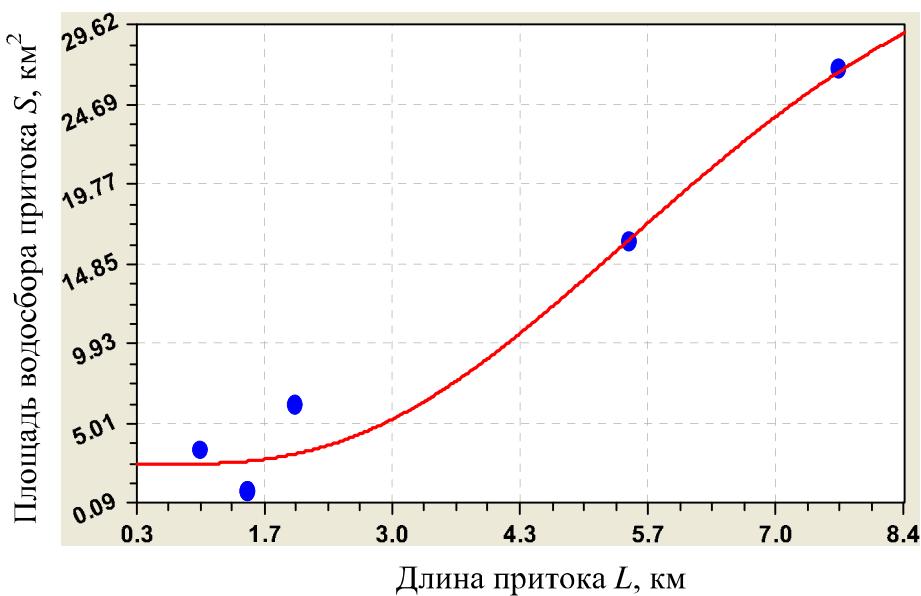


Рис. 6. Влияние длины притока на площадь его водосбора по притокам второго порядка реки Буй, у которых на водосборах мало растительности для кормопроизводства (код 1)

Сравнение формул (7) и (6) показывает, что в местах примыкания притоков первого порядка площадь водосбора в среднем должна быть около 2,5 км², т. е. в $2,4914 / 1,9226 = 1,30$ раза больше территории на истоке притоков первого порядка. При этом максимум площади водосбора по формуле (7) еще не наблюдается.

Прогнозирование площади водосборов. Анализ результатов показал, что закономерности (4 - 7) позволяют использовать прямые прогнозы (табл. 3).

Длина всех притоков реки Буй изменяется в пределах 0,30 – 7,90 км. Прогноз

можно выполнить, из-за высоких значений коэффициента корреляции, на горизонт, равный основанию прогноза. Такой прогноз является условным, так как рельеф и речную сеть человеку не дано быстро изменять. При этом в период упреждения прогноза быстро спадает (до нуля) приспособляемость (к внешним изменениям среды протекания) у части притоков с достаточным наличием растительности. Это связано с тем, что растительный покров биологически быстрее адаптируется к притокам, чем притоки геологически к рельефу водосборов.

Таблица 3. Результаты расчетов по эмпирическим закономерностям (4 - 7) площади водосбора в зависимости от длины притоков реки Буй по состояниям растительности, км^2

Длина притока L , км	Части бассейна по кодам состояния растительного покрова:							
	Река Буй в целом по притокам первого порядка, формула (4)		0 – растительность почти отсутствует, формула (5)		1 – мало растительности для корма, формула (7)		2 – достаточно травы для заготовки сена, формула (6)	
	S , км^2	k	S , км^2	k	S , км^2	k	S , км^2	k
Основание прогноза								
0	2,10	0,000	2,51	0,000	2,49	0,000	1,92	0,000
1	2,54	0,210	2,52	0,003	2,53	0,015	2,20	0,145
2	4,33	1,063	3,14	0,251	3,16	0,269	3,65	0,898
3	7,28	2,469	6,53	1,601	5,28	1,118	6,74	2,508
4	10,69	4,098	12,25	3,881	9,03	2,623	11,27	4,864
5	13,83	5,595	16,72	5,664	13,88	4,569	16,12	7,385
6	16,14	6,695	17,75	6,074	19,06	6,649	19,50	9,144
7	17,34	7,267	15,84	5,314	23,89	8,590	19,87	9,335
8	17,43	7,309	12,62	4,028	27,92	10,207	16,97	7,827
Горизонт прогноза								
9	16,59	6,908	9,41	2,750	30,91	11,407	12,17	5,330
10	15,09	6,193	6,86	1,734	32,81	12,168	7,50	2,902
11	13,22	5,305	5,09	1,028	33,68	12,518	4,30	1,239
12	11,25	4,366	3,97	0,581	33,67	12,513	2,70	0,406
13	9,37	3,465	3,30	0,315	32,94	12,220	2,11	0,100
14	7,68	2,662	2,93	0,166	31,66	11,709	1,96	0,018
15	6,26	1,985	2,72	0,085	30,01	11,044	1,93	0,002
16	5,12	1,439	2,62	0,043	28,10	10,279	1,92	0,000

Примечания: k - коэффициент приспособляемости групп притоков к рельефу; максимальные значения параметров по принятому ряду значений длины притоков выделены.

Максимумы площади водосбора S_{\max} при оптимальных значениях длины притока L^* следующие: а) для всей реки Буй $S_{\max} = 17,52 \text{ км}^2$ при $L^* = 7,6 \text{ км}$; б) для притоков без растений соответственно $17,82 \text{ км}^2$ и $5,8 \text{ км}$; в) для притоков с малой растительностью $33,77 \text{ км}^2$ и $11,5 \text{ км}$; г) для притоков с достаточным растительным покровом $20,14 \text{ км}^2$ и $6,6 \text{ км}$.

Таким образом, от людей пострадали, прежде всего, малые притоки со значительной шириной их водосборных бассейнов.

Поведение речной сети. Коэффициент приспособляемости k [7 - 11] количественно выражается как отношение вто-

рой составляющей моделей (4 - 7) к первой их составляющей, то есть к постоянному члену. Этот показатель функционирования характеризует многовековую способность речной сети формировать ту орографическую структуру и тот ландшафт речных пойм с растительным покровом, которые были созданы и затем частично изменены населением к моменту измерения гидрологических параметров.

Значения этого показателя такие: река Буй имеет в целом $k = 7,352$; без растительного покрова притоки приспособливаются к окружающей среде с напряженностью $k = 6,104$, то есть с меньшей активностью по сравнению со всей речной

сетью; часть притоков с малым растительным покровом адаптируется с $k = 12,556$; часть притоков с достаточным наличием растительного покрова адаптируется к орографической системе реки Буй с $k = 9,475$.

Предлагаемый способ измерения экологического состояния речной сети по достаточности растительного покрова на водосборах может быть применен к любой малой реке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Важнов, А.Н. Гидрология рек. Учебник для студентов спец. «География» / А.Н. Важнов. – М.: МГУ, 1976. – 339 с.
2. Васильева, Д.П. Ландшафтная география Марийской АССР / Д.П. Васильева. – Йошкар-Ола: Маркнигоиздат. 1979. – 133 с.
3. Географические закономерности гидрологических процессов юга восточной Сибири / А.Н. Антипов, Н.В. Абасов, Т.В. Бережных и др. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2003. – 208 с.
4. Данилов, М.Д. Растительность Марийской АССР / М.Д. Данилов. – Йошкар-Ола: Маркнигоиздат, 1956. – 146 с.
5. Забелин, И.Е. История Русской жизни с древнейших времен. – М.: Престиж Бук, 2007. – 704 с.
6. Иванов А.А. Экологическая оценка водосборов малых рек (на примере Республики Марий Эл): Научное издание / А.А. Иванов, П.М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 108 с.
7. Мазуркин, П.М. Геоэкология: Закономерности современного естествознания: Научное изд. / П.М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 336 с.
8. Мазуркин П.М. Лесоаграрная Россия и мировая динамика лесопользования: Научное изд. / П.М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 334 с.
9. Мазуркин, П.М. Статистическая гидрология: Учебное пособие / П.М. Мазуркин, В.И. Зверев, А.И. Толстухин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 274 с.
10. Мазуркин, П.М. Статистическая социология / П.М. Мазуркин: Учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 184 с.
11. Мазуркин, П.М. Статистическая эконометрика: Учебное пособие / П.М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 376 с.
12. Михайлов, В.Н. Общая гидрология: Учебник / В.Н. Михайлов, А.Д. Добропольский. – М.: Высшая школа, 1991. – 368 с.
13. Родин, Л.Е. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л.Е. Родин, Н.П. Ремезов, Н.И. Базилович. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.
14. Пат. 2293290 Российская Федерация, МПК G 01 C 13/00 (2006.01). Способ измерения площади водосбора реки по длине и падению притоков / Мазуркин П.М., Иванов А.А., Михайлова С.И., Волкова Л.О. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. тех. ун-т. - №2005101055/28; заявл. 18.01.2005; опубл. 10.02.2007, Бюл. № 4.

Статья опубликована при поддержке гранта 3.2.3/4603 МОН РФ

**ESTIMATION OF AN ECOLOGICAL CONDITION OF A RIVER NETWORK
OF THE RIVER BUY ON A VEGETATIVE COVER ON RESERVOIRS
OF INFLOWS**

Mazurkin P.M., Mihailova S.I.

Mari state technical university,

Yoshcar-Ola, Russia

The proposed method applies to the environmental arrangement of small rivers and can be used for environmental assessment of watersheds tributary river network of vegetation. This small tributary watersheds of the rivers are measured and evaluated under patent number 2293290, using methods of studying phytocoenosis and statistical regularities of changes in specific rivers.

For example, river Buoy shown the possibility of a new method of environmental assessment rech-network on the sufficiency of grasses.

Key words: low river, vegetation, ecological condition, estimate.