

УДК 631.425.(476)

ВЛИЯНИЕ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ РЕГУЛИРОВАННЫХ РЕК-ВОДОПРИЕМНИКОВ

В. Шаулис^{1,2}, доктор технических наук

О. Барвидене², докторант

Институт водного хозяйства Литовского сельскохозяйственного университета¹
Вильнюсский технический университет Гедиминаса²

Ключевые слова: реки-водоприемники, пропускная способность, расчетные расходы, заиление русел, древесно-кустарниковая растительность

Введение

С интенсификацией сельскохозяйственного производства и увеличением урожайности сельскохозяйственных культур на многих переувлажненных землях были сооружены осушительные системы. Естественные реки спрямлены, углублены и очищены от древесно-кустарниковой и другой прибрежной растительности. В Литве при уменьшении объемов традиционных видов уходных работ, а в некоторых случаях и отсутствии надлежащего ухода регулированные реки-водоприемники заиляются, русла зарастают водной растительностью, в них интенсивнее проявляются русловые процессы, развивается извилистость русла. Откосы русла, как правило, начинают зарастать древесно-кустарниковой и жесткой травяной растительностью.

В последнее время необходимо пересматривать технологии ухода в целях осушения регулированных рек, которые подвержены воздействию различных естественных и искусственных факторов. Ведутся поиски способов повышения эффективности осушенных земель и их продуктивности и тем самым хотя бы частично восстановить экологическое состояние водоотводящей сети.

Многие исследователи обращаются к натурализации водоотводящей сети с учетом водоохранных и природоохранных значений [3, 4, 10, 13]. Следует отметить: восстановление ранее регулированных русел возможно только при условии, что после возвращения к естественному руслу оно выполнит свою основную – осушительную функцию.

Биологический способ ухода за водоотводящей сетью основан на необходимости сохранения древесно-кустарниковой растительности на откосах. В этом случае надо обратить особое внимание на пропускную способность расчетных расходов, чтобы уровни воды не оказали существенного влияния на действие дренажа.

Влияние древесно-кустарниковой растительности на пропускную способность русла изучали многие исследователи [2, 5, 8, 9]. Общий вывод: каждая дополнительная помеха (деревья, кусты, травы) увеличивает сопротивления потоку и уменьшает пропускную способность русла. Коэффициент шероховатости в некоторых случаях увеличивается до

0,142 (кустарники Ø 2,5 см, плотность 16 ед./м²) и даже 0,300 в случае обрастания жесткой травяной растительностью (откосы и дно, заросшие тростником плотностью 400 ед. / м²).

Установлено, что древесно-кустарниковая растительность на откосах водоотводящих каналов осушительных систем уменьшает пропускную способность, и тем самым мешает выполнению их основной осушительной функции. В то же время деревья затеняют русла, что снижает развитие травяной растительности на русловой части канала и тем самым играют водоохранную и почвозащитную роль (дефляция). Имеют они также эстетическую ценность [1, 6, 7].

Цель наших исследований – оценка степени зарастания регулированных русел древесно-кустарниковой и жесткой травяной растительностью, определение их характеристик и пропускной способности расчетных расходов.

Методика и результаты исследований

В Восточной части Литвы в бассейне реки Нерис проводили полевые исследования 9 регулированных рек с общим числом участков 210. На каждом участке, на самом репрезентативном месте русла, выбрали поперечный профиль, в котором измеряли морфометрические параметры, определяли породы, частоту и плотность распространения древесно-кустарниковой растительности (ДКР).

На откосах регулированных русел растут различные породы ДКР. Из 210 исследуемых участков в 86 обнаружена древесно-кустарниковая растительность, всего 32 породы, из которых 14 деревьев и 18 пород кустарника [11]. Общая частота распространения ДКР на откосах регулируемых русел составляет 0,76. Частота распространения кустарника 0,66, а деревьев 0,45.

На откосах регулируемых русел из всех растущих пород ДКР наиболее вероятно найти серую иву (*Salix cinerea*), иву козью (*Salix caprea*) и серую ольху (*Alnus incana*). Частота ($D \cdot 10^{-2}$) десяти наиболее распространенных пород древесно-кустарниковой растительности на откосах регулированных русел представлена ниже.

Породы ДКР	Частота ($D \cdot 10^{-2}$)
<i>Ива серая (Salix cinerea)</i>	42,73
<i>Ива козья (Salix caprea)</i>	22,73
<i>Ольха серая (Alnus incana)</i>	20,00
<i>Ольха черная (Alnus glutinosa)</i>	14,55
<i>Ива чернеющая (Salix myrsinifolia)</i>	13,64
<i>Береза бородавчатая (Betula pendula)</i>	11,82
<i>Ива ломкая (Salix fragilis)</i>	11,82
<i>Ива ушастая (Salix aurita)</i>	9,09
<i>Осина обыкновенная (Populus tremula)</i>	8,18
<i>Лещина обыкновенная (Corylus avellana)</i>	8,18

Плотность древостоя (Т) определяли по количеству стволов на 1 м² откоса. Общая плотность древостоя на исследуемых участках регулированных русел $T_{oc} = 0,351 \pm 0,044$ ед./м², плотность деревьев $T_d = 0,070 \pm 0,013$, а кустарника $T_k = 0,281 \pm 0,042$ ед./м².

Как частота, так и плотность распространения древесно-кустарниковой растительности по длине откоса неодинакова. Для множества пород ДКР условия роста наилучшие на средней и прирусловой (нижнем ярусе) части откоса. На средней части откоса общая плотность древостоя достигает $T_{oc} = 0,73 \pm 0,14$, а в прирусловой части $T_{он} = 0,34 \pm 0,09$ ед./м². Условия развития таких пород древесно-кустарниковой растительности, как ольха черная (*Alnus glutinosa*) и ива ломкая (*Salix fragilis*), лучше на нижнем ярусе откоса, здесь они встречаются наиболее часто, а их плотность выше.

Для серой ольхи (*Alnus incana*), ивы пятичичиной (*Salix pentandra*), ивы козьей (*Salix caprea*) наилучшие условия развития на средней части откоса. Черенчатый дуб (*Quercus robur*), обыкновенную ель (*Picea abies*) и липу мелколистную (*Tilia cordata*) встретим только в верхней части откоса.

Многие русла, регулированные в целях осушения, имеют некоторый запас пропускной способности и могут пропустить паводки без затопления поймы даже при увеличенной шероховатости. Однако при малых уклонах и слишком большой шероховатости этого запаса может не хватить.

Для оценки пропускной способности регулированного русла, заросшего древесно-кустарниковой растительностью, выбрали речку Нямежа длиной 10,3 км с площадью водосбора 42,8 км². Расход весеннего половодья 10%-ной обеспеченности составляет 5,11-5,50 м³/с, а расход паводка вегетационного периода 10%-ной обеспеченности – 0,33-0,36 м³/с.

Для оценки сопротивлений древесно-кустарниковой растительности определили средний коэффициент шероховатости (Маннинга) русла используя методику гидравлического расчета [9]. Данная методика позволяет оценить гидравлические сопротивления древесно-кустарниковой растительности, определить коэффициенты шероховатости и скорости потока. Методика основана на оценке силы сопротивления цилиндрического ствола, которая подсчитывается по формуле:

$$T = \gamma C_f K_r H d \frac{\alpha v^2}{2g}, \quad (1)$$

где g – объемный вес жидкости;

C_f – коэффициент, оценивающий форму стволов;

K_r – коэффициент, оценивающий плотность стволов;

H – высота подтопленной части ствола;

d – диаметр ствола;

a – коэффициент Кориолиса;

V – скорость потока;
 g – гравитационное ускорение.

Заменив силу сопротивления ствола на эквивалентный напор, получим потери напора потока, коэффициенты сопротивления и в связи с сопротивлениями создавшийся гидравлический уклон. Тогда средняя скорость потока рассчитывается по формуле:

$$v = \sqrt{\frac{2gi}{\frac{\xi}{l} + \frac{\lambda}{4R}}}, \quad (2)$$

где i – гидравлический уклон;

X – коэффициент гидравлического сопротивления стволов ДКР;

l – среднее расстояние между стволами ДКР;

λ – коэффициент гидравлического трения дна и откосов русла;

R – гидравлический радиус.

Уровни воды в регулируемом русле моделированы для расхода весеннего паводка 10%-ной обеспеченности. На всех исследуемых участках определили показатель разлива, он положительный ($h_B \leq h_P$), если уровень воды меньше глубины русла, и отрицательный ($h_B > h_P$), если уровень воды больше глубины русла. В этом случае вода разливается на пойму.

После оценки степени зарастания регулируемых русел древесно-кустарниковой растительности, определения ее плотности 0,16-0,68 ед./м² и подсчета коэффициента шероховатости оказалось, что в реке Нямежа при существующей шероховатости 0,030-0,045 расход весеннего паводка не разливается. Во всех участках глубина русла h_P больше уровней воды h_B (табл.1).

Таблица 1. Коэффициенты шероховатости и показатели разлива в реке Нямежа при расходе весеннего паводка 10%-ной обеспеченности

Исследуемые участки	Число участков	Коэффициент шероховатости	Показатель разлива
NE3, NE4, NE2, NE5, NZ1, NE1, NE7, NE6, NZ8	9	0,025–0,034	Положительный ($h_B \leq h_P$)
NZ14, NZ16, NZ12, NZ15, NZ13, NZ5, NZ3, NZ4, NZ10, NZ11, NZ7, NZ6, NZ9	13	0,035–0,044	Положительный ($h_B \leq h_P$)
NZ2	1	0,045–0,054	Положительный ($h_B \leq h_P$)

Примечание: h_B – уровень воды в русле; h_P – глубина русла.

Дальнейшее моделирование плотности зарастания исследуемых участков древесно-кустарниковой растительности, т. е. увеличивая сопротивления потоку и коэффициента шероховатости, показало, что при чистом русле ($n=0,025$) уровни воды вегетаци-

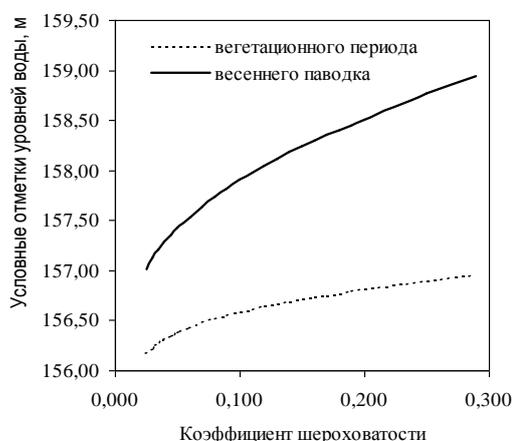


Рис. 1. Динамика уровней воды весеннего паводка и вегетационного периода 10%-ной обеспеченности в реке Нямежа в зависимости от коэффициента шероховатости

онного периода достигают условной отметки 156,17 и 157,01 м – когда пропускается расход весеннего паводка (рис. 1).

С увеличением коэффициента шероховатости ($n=0,100$ и $n=0,200$) уровень воды вегетационного периода поднимается до условных отметок 156,59 и 156,81 м, а когда пропускается расход весеннего паводка 10%-ной обеспеченности – до 157,90 и 158,50 м. Зарастание русла древесно-кустарниковой и жесткой травяной растительностью увеличивает коэффициент шероховатости даже до 0,290 и тем самым поднимает уровень воды вегетационного периода на 0,78, а весеннего паводка на 1,93 м.

Показатели разлива, моделируя степень зарастания участков реки Нямежа, приведены в табл.2. Показатель разлива становится отрицательным, когда коэффициент шероховатости переходит рубеж $n=0,080$.

Результаты моделирования шероховатости реки Нямежа показывают, что с уве-

Таблица 2. Показатели разлива в реке Нямежа при расходе весеннего паводка 10%-ной обеспеченности

Коэффициент шероховатости	Число участков	Показатель разлива
0,025–0,080	23	Положительный ($h_B \leq h_P$)
0,081–0,135	15 8	Положительный ($h_B \leq h_P$), Отрицательный ($h_B > h_P$)
0,136–0,165	4 19	Положительный ($h_B \leq h_P$), Отрицательный ($h_B > h_P$)
$\geq 0,166$	23	Отрицательный ($h_B > h_P$)

личением коэффициента шероховатости до 0,135 уже в 8 участках показатель разлива отрицательный, а увеличивая коэффициент до $\geq 0,166$ на всех участках уровни весеннего паводка 10%-ной обеспеченности больше глубины русла.

На участках с отрицательными показателями разлива уменьшается шероховатость русла, т. е. удаление древесно-кустарниковой растительности уже необходимо. В одном случае при недостаточной пропускной способности можно ограничиться только работами по уходу и удалению растительности с нижнего яруса.

Исследования показали, то древесно-кустарниковую растительность с нижнего яруса необходимо удалять во всех случаях, даже если в настоящее время хватает про-

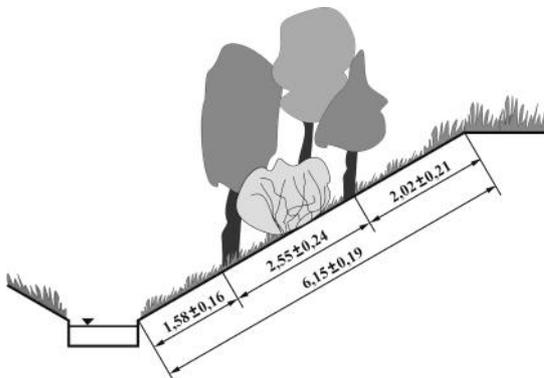


Рис. 2. Среднестатистический поперечный профиль регулированных русел заросших древесно-кустарниковой растительностью

нижняя часть откоса всегда меньше обрастает древесно-кустарниковой растительностью. В бассейне реки Нерис (Восточная часть Литвы) среднестатистический показатель чистого нижнего яруса откоса составляет $1,58 \pm 0,16$ м. Если в водоотводящей сети нет запаса пропускной способности, то на откосах русл не может быть древесно-кустарниковой растительности, т.е. правильная и своевременная эксплуатация таких участков приведет к отсутствию растительности.

Вывод

В целях рационального использования средств, выделяемых на уход водоотводящей сети осушительных систем, они должны направляться, прежде всего, на работы по скашиванию откосов с целью предотвращения зарастания их древесно-кустарниковой растительностью на участках, где запас пропускной способности отсутствует. Если зарастание водоотводящей сети древесно-кустарниковой растительностью в какой-то степени приемлемо (пропускная способность русла обеспечивается), то во всех случаях необходимо ее удаление с нижнего яруса откоса.

Литература

1. Бяранкене, Л. A vegetation cover research on at land – reclamation canal slopes and bottom./ Л. Бяранкене //Water Management Engineering. – 1997. – Vol. 3(25). – P. 178–183 (на лит. яз., резюме на рус.яз.).
2. Вайкакас, С., Ламсодис Р. Snowdrift formation in forested open drains: field study and modelling patterns./ С. Вайкакас, Р. Ламсодис //Nordic Hydrology. – 2007. – Vol. 38. – № 4–5. P. 425-440.
3. Долгополовене, А. Naturalization processes of channels in Lithuania research and evaluation./ А. Долгополовене// The 6th International Conference “Environmental Engineering”. Selected Papers. – Vol I. –Vilnius: Lithuania, 2005. – May 26–27. – P. 350-355.
4. Кондратьев, В. Н. Технологические решения и средства механизации для сводки древесно-кустарниковой растительности с откосов мелиоративных каналов и водоприемников./ В. Н. Кондратьев, В. Н. Титов, Н. Г. Райкевич, Н. Н. Прокопович //Мелиорация переувлажненных земель. – 2004 №1(51). – С. 53–60.

5. Карнаухов, В. Н. Способы ремонта и реконструкции русел рек-водоприемников и проводящих каналов./ В. Н. Карнаухов// Мелиорация переувлажненных земель.– 2006.– №2 (56).– С.37-44.
6. Ламсодис, Р. Botanical structure and spread of woody vegetation in drainage channels./ Р. Ламсодис. *Water Management Engineering*. –2002. – Vol. 20(42). – P. 31-40 (на лит. яз., резюме на англ. яз.).
7. Ламсодис, Р. On preconditions for the development of natural functions of drainage channels./ Р. Ламсодис// *Water Management Engineering*. – 2001. – Vol. 16(38). – P. 61-67.
8. Ламсодис, Р. Ekological approach to management of open drains. /Р.Ламсодис, В.Моркунас, В.Пошкус, А.Повилайтис// *Irrigation and Drainage*. – 2007. – Vol. 55. – P. 479-490.
9. Римкус А., Вайкакас С. Supplementing of hydraulic–mathematical model of canals and its application for planning of naturalization. *Water Management Engineering*. – 1998. – Vol. 5(27). – P. 80–88 (на лит. яз., резюме на англ.яз.).
- 10.Римкус, А. Naturalization of brooks canalized for land reclamation and their maintenance as water recipients in Lithuania. XXII Nordic Hydrological Conference./ А. Римкус, С. Вайкакас, В. Пошкус, В. Шаулис //Nordic Association for Hydrology. – Roros. – Norway 4–7, August, 2002. – P. 389–397.
- 11.Сурвилайте, О. Investigations of regulated streams covered with woody vegetation in South–East Lithuania./ О. Сурвилайте, В. Шаулис // Сурвилайте, О. Шаулис В.. – 2006. – Vol. 29(49). P. 50–56 (на лит. яз., резюме на англ. яз.).
- 12.Шаулис, В. Эксплуатация осушительных систем./ В. Шаулис, Н. Бастене. – Вилайнай. – 2007. – 80 с. (на лит. яз.).
- 13.Шаулис, В. Эколого-экономические аспекты использования осушительных систем в Литовской Республике. / В. Шаулис, Н. Бастене //Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI веке: проблемы и перспективы. Докл. Междунар. научно-практ. конф. – Минск, 20–22 марта 2007 г. – С. 337–339.

Summary

Barvidienė O., Šaulys V.

The article presents the functionality (hydraulic permeability) modelling of the regulated South-east Lithuanian streams overgrown with woody vegetation and the possibilities to plan naturalization of the regulated streams. The research of woody vegetation was carried out in the Neris river basin.

Поступила 27 марта 2008 г.