

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДПОЧВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ НА ПЛОЩАДЯХ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЮЖНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

Э.Н. Шкутов, кандидат технических наук

В.П. Иванов, кандидат технических наук

А.И. Ракицкий, аспирант

РУП «Институт мелиорации»

г. Минск, Беларусь

Аннотация

Экспериментально доказана хозяйственно значимая возможность проведения увлажнительных мероприятий на площадях осушительных систем без использования подпорных сооружений. Для подъема уровня воды в открытой сети предлагается использовать управляемое зарастание русел водотоков водной и околоводной растительностью.

Ключевые слова: *увлажнение площадей осушительных систем, водная растительность*

Abstract

E.N. Shkutov, V.P. Ivanov, A.I. Rakitsky

EVALUATION OF THE POSSIBILITY TO MOISTURIZE THE DRYING SYSTEMS OF THE SOUTHERN AND CENTRAL PART OF BELARUS

The economically significant possibility humidifying measures on the areas of drainage systems without the retaining structures has been proved experimentally. controlled overgrowing of riverbeds of watercourses with water and near-water vegetation is proposed to be used to raise the water level in an open network.

Keywords: *humidification of drainage systems, water vegetation*

Введение

Природно-климатические условия Беларуси характеризуются частой сменой влажных и засушливых периодов. Наряду с потребностью в осушении территорий ежегодно встает вопрос о необходимости увлажнения посевов в засушливые периоды. Частично эти нужды могут удовлетворять осушительно-увлажнительные системы (УОС). Из 3417,3 тыс. га осушенных земель 752,9 тыс. га (22%) занимают системы с двухсторонним регулированием водного режима (подпочвенное увлажнение). От осушительных УОС отличаются наличием водоисточника и подпорных гидротехнических сооружений, расставленных на открытых каналах так, чтобы поддерживать в них требуемые уровни воды при осушении и при увлажнительных шлюзованиях.

УОС более капиталоемки и их использование выгодно только при определенном наборе природных условий (22% осушенных площадей), поэтому они и не получили более широкого применения.

При неконтролируемом зарастании русел мелиоративных водотоков во влажные годы потери также могут достигать значительных величин из-за недостаточной пропускной способности русел осушительной сети. В публикациях приводятся материалы наблюдения за влиянием водной растительности в руслах мелиоративных водотоков на изме-

нения режима стока (скорость течения воды в каналах, а значит, и их пропускную способность, снижающуюся в 3-4 раза). Во многих случаях убытки, связанные с естественным зарастанием равнинных болотистых рек, в принципе не поддаются учету. Зарастание рек сопровождается подпором уровня воды, который нередко достигает по данным различных источников 0,4–0,8 м, а иногда и 1,5 м, что в естественных условиях равнинных рек ведет к заболачиванию пойменных земель.

Проведенный патентный поиск и анализ ранее опубликованных работ показал, что все исследования направлены на борьбу с зарастанием и торможением потока водной растительностью, т.е. на обеспечение требуемых режимов уровней воды во влажные периоды или в сети специфических систем (например, польдерных) в условиях постоянного притока грунтовых вод. В этой части результаты исследований обеспечивают качественное проектирование русел мелиоративных водотоков и режимов обслуживания. Вопросы же использования потенциала водной растительности для увлажнения площадей осушительных площадей оказались совершенно не исследованы.

В то же время потери сельскохозяйственной продукции из-за засушливых периодов на осушительных системах в среднем составляют около 15 %.

Если во влажные года потери продуктивности по причине переосушения отсутствуют, то в засушливые они могут достигать 50 %.

Поддержание приемлемого водного режима на осушительных системах в засушливые периоды актуально, особенности, если наблюдающиеся в настоящее время тенденции глобального потепления и аридизации климата останутся неизменными.

В данной работе обсуждается организация двустороннего управления водным режимом осушительных систем без применения подпорных гидротехнических сооружений посредством водной растительности, оказывающей тормозящее действие в руслах мелиоративных каналов на водный поток.

Оценка видового состава водной растительности в каналах осушительных систем

По результатам анализа опубликованных материалов и по результатам наших наблюдений установлено, что зарастание мелиоративных водотоков обуславливается широким набором видового состава водных и околотовных растений.

Существенным для разрабатываемого проекта является интразональность водной растительности, т.е. наличие одних и тех же видов в разных географических зонах республики, с той лишь разницей, что в зонах более теплых водные растения того же вида крупнее, чем в холодных. Различается и время периодов вегетации, в более теплых районах оно более длительное.

Только представителей цветковых водных растений (это высшие водные растения) на территории Беларуси насчитывается свыше 250 видов, принадлежащих к 40 семействам. Очевидно, что на практике невозможно оценить параметры гидравлической шероховатости всех видов. Да и в практике проектирования было бы затруднительно учитывать видовой состав из 250 компонентов при расчетах параметров русел каналов.

В работе рассмотрены наиболее распространенные и эффективные в части формирования гидравлической шероховатости русел виды: тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*), представители семейства рдестовых (*Potamogeton*), элодея канадская (*Elodea canadensis*), осоковые, растущие у уреза воды. Для исследования изменений параметров потока выбирались участки, где водная растительность образует дос-

таточно однородные и протяженные по длине мелиоративных каналов сообщества, достаточные для получения на них значимых для практики эксплуатации мелиоративных систем результаты изменения параметров потока (увеличение глубин воды, изменения расходов).

В ходе экспедиции весной 2014 года в качестве объекта исследований был выбран канал «Дричинский», Пуховичского района, Минской области. Исток канала находится в большом болотном массиве, поэтому круглогодичный сток гарантирован. В зоне опытных участков расход летней межени канала «Дричинский» колеблется в зависимости от водности года в пределах 0,08–0,3 м³/с, скорость течения – в пределах 0,1–0,3 м/с. Русло чаще всего параболического сечения, глубина потока в 2014 г. колебалась в пределах 0,35–1,0 м. Ширина русла при меженных уровнях составляла 3–7 м.

Исследования канала в зимний и ранневесенний период выявили участки с одновидовыми зарослями тростника (на участке ПК 38+77..ПК 43+89 имеется три таких зоны). На рисунке 1 представлен пример такой зоны.



Рисунок 1. – Заросли тростника в русле и по берегам канала «Дричинский»

Рост и развитие водной растительности на примере опытного участка канала «Дричинский»

Фенологическая фаза развития вида влияет на гидравлическую шероховатость, которая напрямую зависит от размеров растения и густоты. Помимо высокой интенсивности и продолжительности времени торможения потока воды выбранным видом водной растительности очень важно, чтобы фаза развития растения с такими свойствами совпадала с периодами, когда эти свойства будут востребованы организациями, эксплуатирующими осушительные мелиоративные системы.

По имеющимся данным, сезонные изменения состояния водной растительности можно разделить на следующие восемь этапов:

1. Предвесна (температура воды 7-10°C). Начало вегетации тростника (среднесуточный прирост 1,2 мм), нимфейных (кубышки желтой). Осока начинает активно вегетировать вдоль уреза воды в русле мелиоративного водотока.

2. Начало весны (температура воды 10-12°C). Цветение осоки, дальнейший рост молодых побегов тростника (среднесуточный прирост 3,9 мм), появление на поверхности плавающих листьев нимфейных (кубышки желтой), дальнейший рост рдестовых.

3. Весна (температура воды 12-15 °C). Дальнейший рост водных и околоводных растений. Нарастание биологической массы, сдерживающей водный поток, (среднесуточный прирост 4,4 мм).

4. Раннее лето (температура воды 15-18 °C). Массовое цветение рдестов и камыша. Появление бутонов у тростника (среднесуточный прирост 1,4 мм). Начало массового цветения нимфейных (кубышки желтой).

5. Лето (температура воды 18-25°C). Массовое цветение нимфейных, рдестов, к концу лета тростника (среднесуточный прирост 1,2 мм). Начало созревания плодов. Все виды водной растительности теряют биомассу.

6. Ранняя осень (температура воды 12-15 °C). Окончание вегетации большинства видов прибрежно-водных растений. Отцветает тростник, появление бурой окраски у листьев большинства растений.

7. Осень (температура воды 9-12 °C). Отцветают нимфейные, рдесты оседают на дно, образуются турионы.

8. Зима (температура воды менее 9 °C).

В европейских условиях вегетирующие водные и прибрежные растения наибольшую способность к замедлению стока имеют в августе, приемлемую – с июня по октябрь [1].

В 2014 г. были проведены наблюдения за развитием водной растительности опытного участка канала «Дричинский» и эпизодически на ряде других мелиоративных водотоков.

После весеннего половодья 2014 г. и повышения температуры воды началось отрастание кубышки желтой. Для гидравлического исследования были подобраны три участка с одновидовыми зарослями

(ПК 61+52...ПК62; ПК 59+88...ПК 61+35; П 55+70..ПК 57+54). На рисунке 2 показан рост кубышки желтой в разные периоды.



а) 22.05.2014; б) 18.07.2014

Рисунок 2. – Отрастание кубышки желтой в русле канала «Дричинский» на участке ПК 59+88...ПК 61+35

Биомасса кувшинки при максимальном развитии и покрытии 80-90 % поверхности воды составляет 1,5-1,75 кг/м².

Велись наблюдения за скоростью отрастания и тростника. Тростник в русле и по берегам не окшивался, но весной был сожжен практически на всей прибрежной территории кроме узких полосок по обеим берегам, находившимся в это время под водой. Кроме того русло канала после весеннего половодья оказалось очищенным от тростника льдинами (рисунок 3).

На рисунке 4 приведены средние (на откосах разная степень увлажненности, время начала вегетации, скорости роста конечной высоты растений) результаты по скорости прироста тростника обыкновенного (аналогичные результаты были получены [1]).



Рисунок 3. – Заросли тростника в начале интенсивного отрастания молодых побегов на опытном участке канала «Дричинский», 22.05.2014 г.

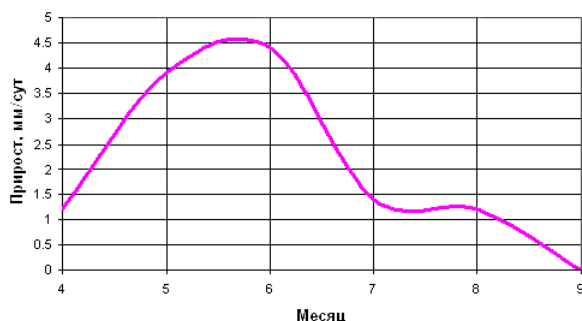


Рисунок 4. – Изменение среднего прироста высоты тростника обыкновенного в течение вегетационного периода

Процесс отрастания кубышки желтой отследить сложнее. Дело в том, что кубышка желтая имеет несколько фаз развития или трансформации листьев в зависимости от условий. Причем гибель и опад листьев происходит на любой фазе. В конце марта были зафиксированы проростки в виде кустиков 5–7 см с листьями, свернутыми в трубочки. В апреле–начале мая отмечался медленный рост и разворачивание листьев до вида подводных гофрированных, высотой 15–30 см, расположенных под разными углами ко дну канала. Далее произошло резкое отрастание черенков (60–70 см за две недели) с выносом части листьев на поверхность воды. В июне продолжались вынос листьев и цветоносов на поверхность и увеличение перекрытия поверхности воды (до 90 % зеркала). При этом в местах отрастания нарастали новые подводные листья, часть из них опадала,

так и не выйдя на поверхность, часть заменяла изъеденные отмирающие листья на поверхности.

Гидрологические условия 2014 г. на опытном участке сложились благоприятно для роста кубышек. Весеннее половодье практически отсутствовало, повышенный уровень (около 1 м) продержался до конца апреля, далее началось снижение, и уровень в течение лета колебался в пределах средних глубин 35–70 см. У первых весенних листьев длина черенков сформировалась в пределах 60–80 см. Значительная их часть просуществовала до созревания семян. С понижением уровня листья перемещались ниже по течению на длину черенка. На отмелях и в местах полного перекрытия поверхности воды часть листьев стала полностью воздушной (рисунок 5). Они оказывали сопротивление потоку только черенками. Однако во время дождевого паводка этот тип листьев будет создавать значимое сопротивление, задерживая сток, поэтому при отборе проб на величину биомассы воздушную часть следует учитывать отдельно.



Рисунок 5. – Образование воздушных листьев у кубышки желтой в местах полного перекрытия поверхности воды плавающими листьями

За счет своей развитой корневой системы кубышка желтая предотвращает размыв дна, закрепляя растущей корневой массой вновь отложившиеся наносы, тем самым способствуя заилению дна.

Оценка совпадения интервалов потребности в повышении уровней воды в сети осушительных систем с фенологическими фазами развития водных растений

Использование водной и околотоводной растительности для задержания стока имеет смысл только

в том случае, если фазы развития растений с максимальной биомассой совпадают с временными интервалами, когда площади осушительных систем нуждаются в подпочвенном увлажнении. В ходе исследования были установлены интервалы вегетационного периода, когда подъем или хотя бы замедленное снижение уровней воды в мелиоративных водотоках будут необходимы для улучшения водного режима на осушенных землях центральной и южной части республики.

Погодные условия 2007 года в центральной части Белорусского Полесья характеризовались недобором (относительно среднееголетней нормы) осадков в марте-июне при повышенном фоне температуры воздуха (рисунок 6). Требуемые в мае-июне диапазоны уровней грунтовых вод (УГВ) составляли для трав 55–80 см (от поверхности почвы); для зерновых 80–105 см; для картофеля – 65–96 см. Реально УГВ в зависимости от мезорельефа на площади объекта колебались в это период в пределах 100–155 см.

В таких условиях однозначно требовались увлажнительные мероприятия. Со второй декады мая по третью декаду июня там, где позволяли возможности водоисточника, проводилось увлажнительное шлюзование полей с торфяными почвами вдоль р. Бобрик (рисунок 6, наблюдательные створы 21–22).

Аналогичный анализ погодных и гидрологических условий на мелиоративных системах Полесья был проведен для всех сезонов за период с 1997 по 2013 г. Обобщение результатов приведено на рисунке 7. Они позволили выделить интервал вегетационного периода в Полесье (отобранного, как наиболее мелиорированного региона Республики), когда сельскохозяйственные культуры, возделываемые на осушительных системах, больше всего нуждаются в поддержании УГВ в пределах наиболее безопасного диапазона, за счет замедления стока посредством реализации управляемого зарастания русел мелиоративных каналов водной растительностью.

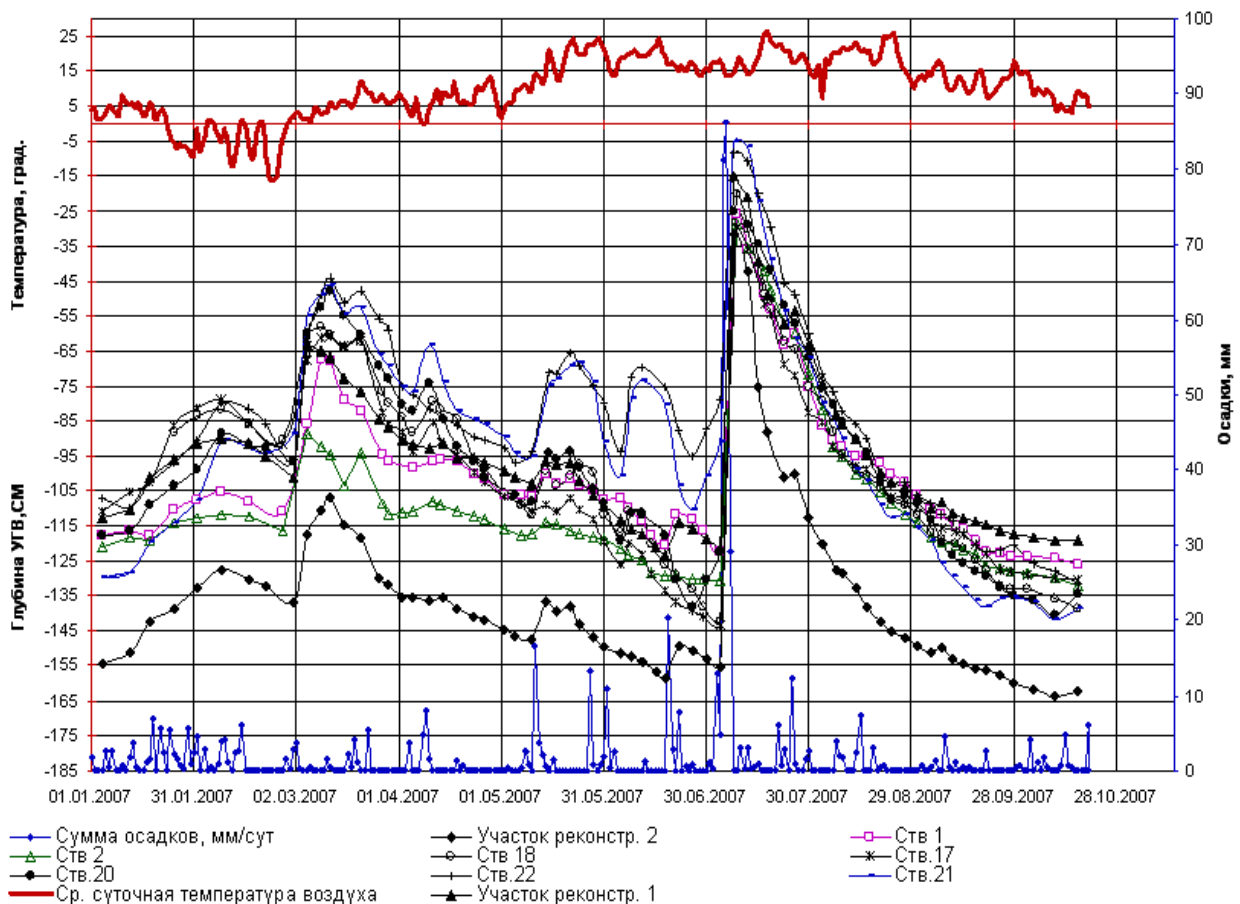


Рисунок 6. – Пример динамики уровней грунтовых вод в 2007 г. на типичном для центральной части Полесья объекте – осушительно-увлажнительной системе (ОУС) ПОСМЗиЛ, Лунинецкого района, Брестской области

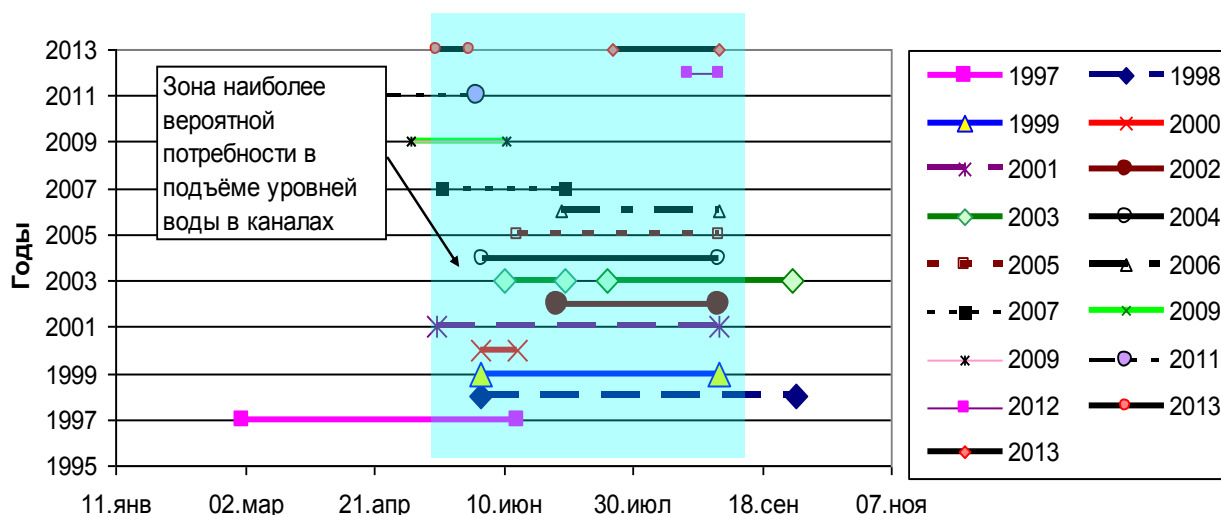


Рисунок 7. – Временной интервал вегетационного периода наиболее вероятной необходимости замедления стока и поддержания требуемых уровней воды в каналах осушительных мелиоративных систем

Таким образом, практическую значимость имеют растения, которые достигают приемлемого стокоудерживающего эффекта в период с третьей декады мая до первого сентября. Далее увлажнительные мероприятия имеют незначительный практический эффект в части повышения продуктивности мелиорированных земель, однако могут потребоваться, например, для противопожарных мероприятий на торфяниках.

В течение лета 2007 года потребовалось не только проведение увлажнительных мероприятий, но и весь ресурс осушительной сети для отвода катастрофического количества осадков (250,9 мм), выпавших в первой декаде июля. Таким образом, крайне важно спрогнозировать ситуацию, когда возникает необходимость в быстром переводе сети от режима увлажнения к режиму осушения.

Необходима дифференциация режимов окоски различных видов водной и прибрежной растительности. Например, кубышка желтая выводит свои листья на поверхность в среднем к июню. Она тормозит поток именно в русле водотоков при уровнях близких к межженным значениям. Осенью листья отмирают и освобождают русло с осенним похолоданием.

При выпадении мощных дождей эти растения существенно увеличивают сопротивление потоку затопленными листьями снизу, наверху же основная часть потока проходит беспрпятственно, во всяком случае в первые 5–10 суток. Сложно утверждать, что

кубышка идеально взаимодействует с потоками летне-осенних паводков, главное, что она не ухудшает пропускную способность русел каналов в период весеннего половодья – наиболее критичный период для работы мелиоративной сети.

Что касается тростника, то его тормозящее воздействие касается именно критических периодов: весеннего половодья и нескольких суток после мощных осадков.

В русле, при уровнях воды близких к межженным, тростниковые заросли оказывают небольшое влияние, поскольку группируются в основном вдоль берегов. Центральная часть русел проточных каналов остается относительно свободной. Тростник необходимо удалять как из русла, так и с откосов. Заросли же кубышки желтой могут относительно безопасно использоваться для замедления стока и подъема уровней воды в водотоках мелиоративных систем. Правда при этом следует учитывать возможности ускорения заиления русел каналов.

При изменении скорости течения воды (например, при очистке вышележащего отрезка канала от водной растительности, сбросе или подаче воды при увлажнительных мероприятиях, после выпадения мощных осадков) гидравлические сопротивления в заросшем русле также изменяются. Однако эти изменения зависят от вида водной растительности. Так, при увеличении скорости течения растения с относительно твердым упругим стеблем (камыш, тростник, хвощи и т.п.) изгибаются под на-

пором потока и, начиная вибрировать, уменьшают сопротивление. Стелющиеся растения (рдесты, остролисты и т.п.) прижимаются течением ко дну, создавая плотный ковер и уменьшая тем самым гидравлические сопротивления. Растения с плавающими листьями (кувшинки, лилии, кубышки) при увеличении уровня воды резко увеличивают сопротивления за счет значительного тормозящего действия погружившихся листьев. К сожалению, в настоящее время отсутствуют расчетные методики, позволяющие учитывать эти изменения.

Определение параметров русла опытного участка канала «Дричинский»

Для оценки условий формирования водного потока (жесткая или размываемая модель) были проведены исследования геометрических характеристик

русла опытного участка канала «Дричинский»: съемка поперечных профилей русла канала; георадарная съемка продольного профиля.

Летний период 2014 г. в водосборе канала «Дричинский» был относительно маловодным, расходы в вегетационный период исследуемых растений снизились от 0,3 м³/с в апреле до 0,08 м³/с в июле. Выпадавшие осадки изменяли уровенный режим водотока незначительно, в пределах ±0,3 м, поэтому все наблюдения проведены на фоне малых расходов и скоростей в русле опытного участка канала.

Поперечные профили канала нивелировались через 200 м. Результаты исследования геометрических характеристик русла опытного участка канала «Дричинский» приведены на рисунке 8.

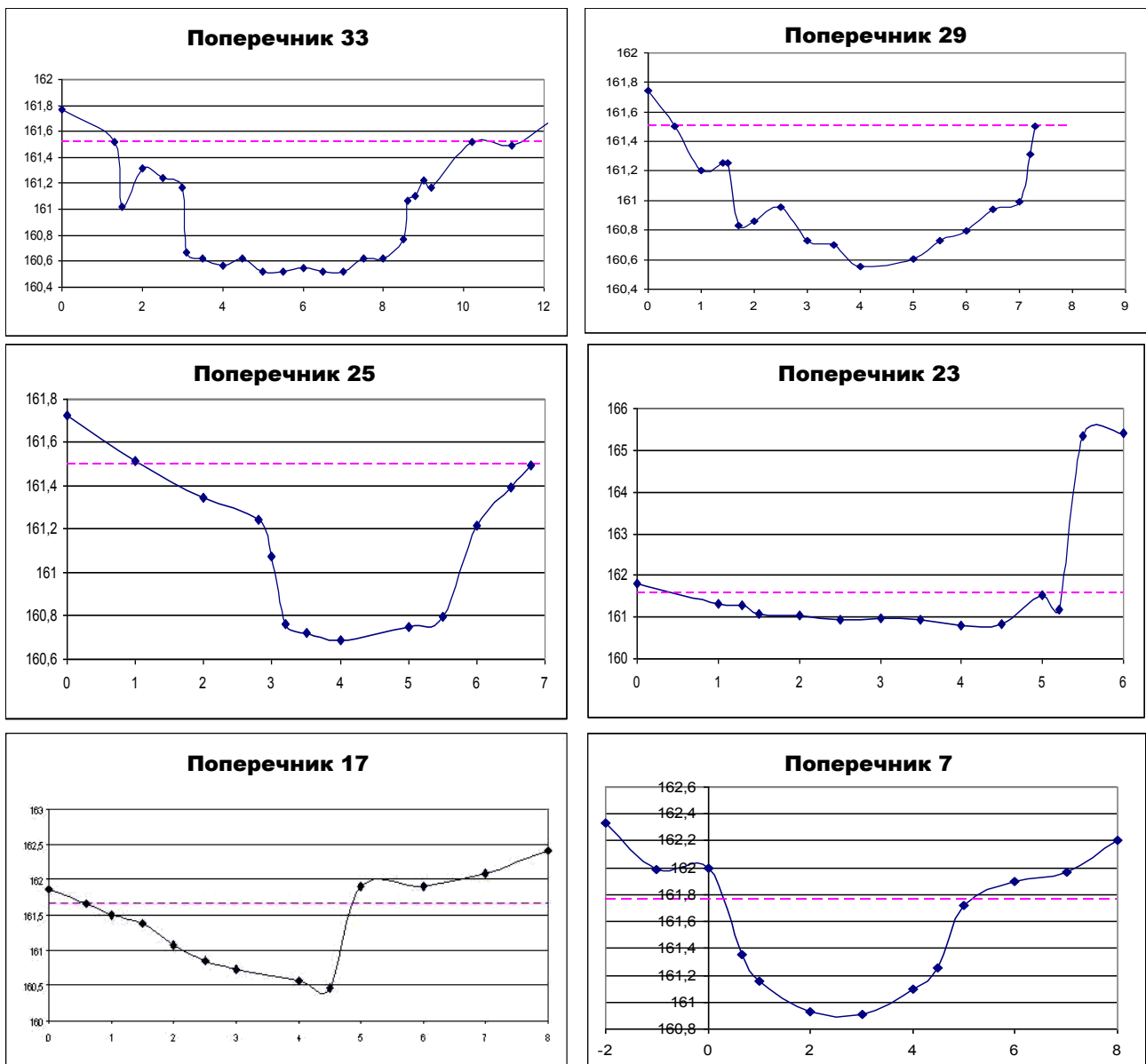


Рисунок 8. – Типичные поперечные профили канала «Дричинский» на опытном участке

Съемка продольного профиля участка канала, заросшего кубышкой желтой, осуществлялась георадаром «ОКО-2» с антенной АБ-400. Технология съемки обеспечивала перемещение антенны по оси канала. Резиновые надувные лодки не препятствовали радиолокации и не повреждали растительность, что было важно для продолжения наблюдений за параметрами потока при неповрежденной растительности.

На рисунке 9 представлен продольный профиль участка канала длиной около 1450 м, оцифрованный с помощью матобеспечения георадара, программы «GeoScan-32 (участок канала «Дричинский», заросшего кубышкой желтой).

По результатам проведенных работ можно сделать следующие выводы по условиям определения гидравлической шероховатости русла канала, зарастающего водной растительностью:

- Русла мелиоративных водоприемников с течением времени или после подчисток теряют признаки призматичности и, как в данном случае, приобретают много местных сопротивлений потоку, стохастически распределенных по длине канала. Поэтому для выделения гидравлической шероховатости опытного участка канала, связанной с зарастанием, необходимо и возможно только экспериментальное определение гидравлической шероховатости русла канала, в ходе сравнения параметров потока без водных растений и при заросшем русле.

- На радарограмме (рисунок 10) в начале профиля на дне явно просматривается углубление и возвышенность. Эти образования искусственного происхождения, в русле они возникли около 3 лет назад при проведении в рамках другой темы экспериментов по размыву наносов в русле с помощью плотиков из фашин. Эти образования послужили реперным участком для оценки скорости изменения геометрических параметров русла канала «Дричинский» на опытном участке.

Относительная сохранность углубления и намывного бугра в течение трех лет показала, что рельеф дна потока в канале «Дричинский» в зоне опытного участка достаточно устойчив, чтобы, как минимум, на протяжении одного вегетационного периода считать русло неразмываемым. Следовательно, можем ожидать, что параметры потока, полученные весной при отсутствии растений, будут идентичны, например, полученным осенью, при таких же условиях. Соответственно, в течение всего остального периода вегетации водных растений можно без больших погрешностей допустить, что параметры русла и его гидравлическая шероховатость, вызванная геометрией русла, и грунтами, его слагающими, неизменна.

На рисунке 10 представлена необработанная радарограмма рабочего отрезка профиля в масштабе, позволяющим оценить размеры неровностей дна (наиболее типичные 5–10 м).

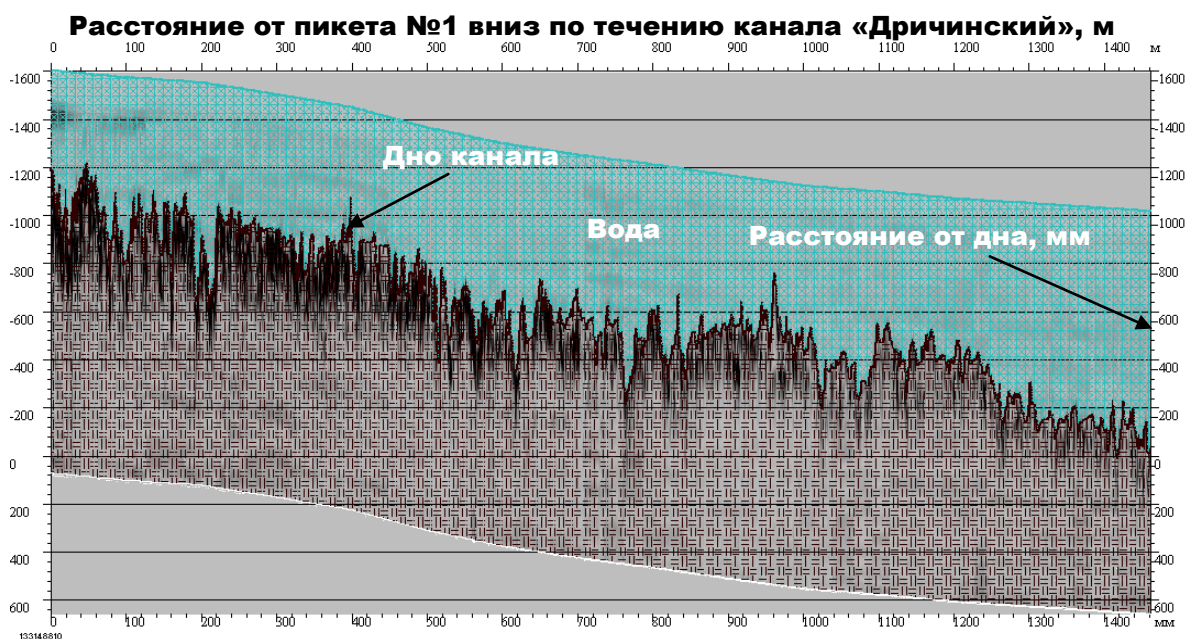


Рисунок 9. – Радарограмма продольного профиля канала «Дричинский», опытный участок зарастающий кубышкой желтой

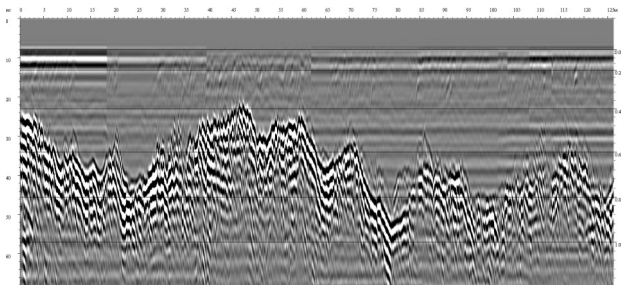


Рисунок 10. – Исходная радарограмма начального участка профиля (126 м)

Из применяемых критериев оценки степени зарастания наиболее приемлемым в контексте будущего применения разрабатываемых технологий является биомасса растений на метровой полосе через все русло канала (рисунок 11). Для сравнительных оценок различных размеров русел следует использовать средний вес биомассы на квадратном метре сечения. На рисунке 11 приведены примеры производства таких работ в зарослях кубышки желтой и тростника.



а) заросли кубышки желтой;

б) заросли тростника обыкновенного

Рисунок 11. – Определение биомассы растительности в метровой полосе водотока

Вес биомассы кубышки при максимальном развитии и покрытии 80–90 % поверхности воды составляет 1,5–1,75 кг/м², тростника (подводной части) – 0,2–0,3 кг/м².

Результаты нивелировки поверхности воды опытного участка канала «Дричинский»

В течение весенне-летнего сезона 2014 г. велись наблюдения за параметрами водного потока в условиях отсутствия и наличия растительности исследуемых видов в текущих погодных условиях. На рисунке 12 приведены фрагменты данных нивелировки водной поверхности при различных уровнях зарастания канала.

Приведенные данные позволяют отметить, что до середины апреля кубышка желтая, еще не начавшая вегетировать (21.03.2014) либо находившаяся в стадии начала роста «гофрированных листьев» 15 см от дна (10.04.2014), не оказывала существенного влияния на поток. При близкой к максимальной зарастаемости русла кубышкой (03.06. и 17.07.2014) отмечается сглаживание водной поверхностью переломов уклона дна. Что касается участков тростниковых зарослей, то они тоже наращивали биомассу в русле потока и содействовали этому сглаживанию.

Определение численных значений гидравлической шероховатости русел мелиоративных водотоков, формируемой различными видами водной растительности

В ходе анализа имеющихся данных было установлено, что режим течения в канале турбулентный. Это обусловило выбор коэффициента Шези (С) в качестве показателя шероховатости. Была проведена дополнительная обработка данных, направленная на выявление возможных внутрисезонных изменений показателя шероховатости и на сравнение уже имеющихся показателей с собственными полевыми данными (рисунок 13). Из данного графика следует, что

- на польдерных системах Голландии за сезон проводят окашивание водной растительности минимум два раза;
- в естественных условиях коэффициент Шези по ходу зарастания канала уменьшается с 22 до 2;
- двукратная окоска позволяет поддерживать значения коэффициента Шези в каналах польдерных систем в пределах 16-28.

Помимо этого коэффициент Шези является достаточно точным показателем для характеристики

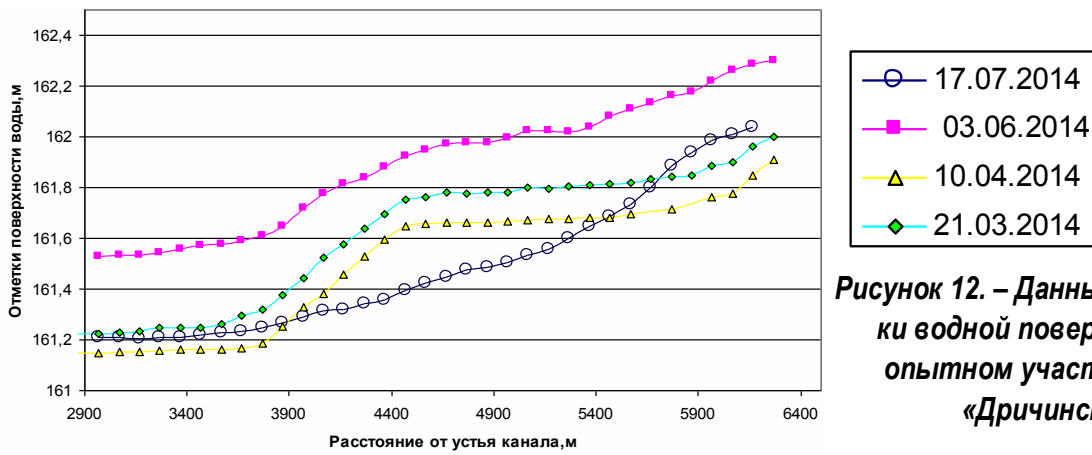


Рисунок 12. – Данные нивелировки водной поверхности на опытном участке канала «Дричинский»

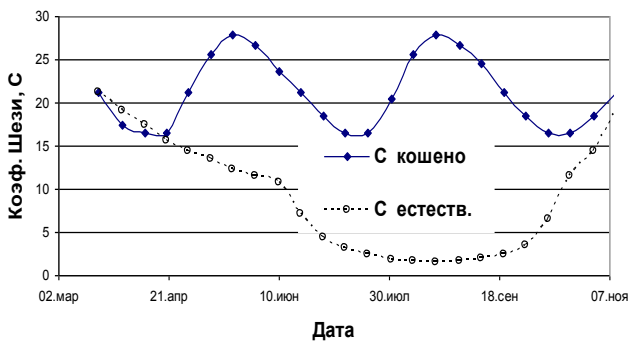
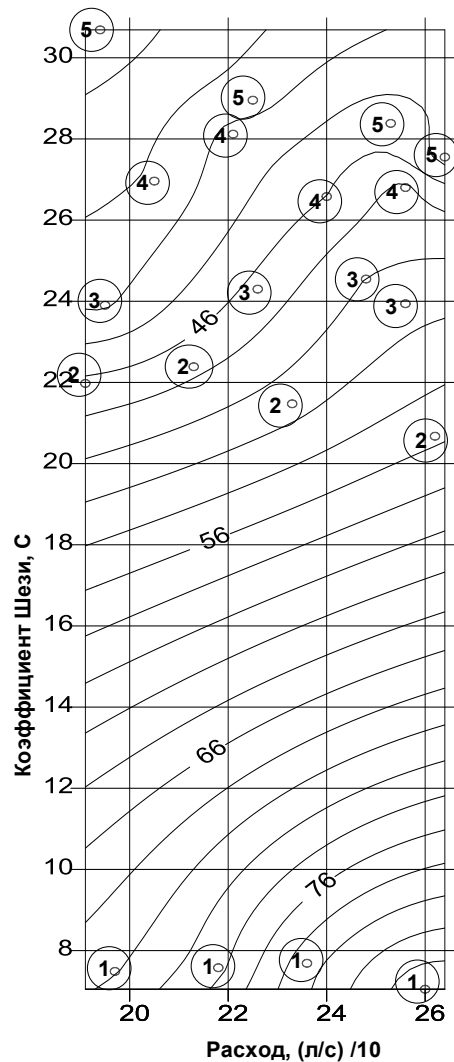


Рисунок 13. – Изменение коэффициентов Шези в зависимости от зарастаемости канала в естественных условиях и при выкашивании

канала даже в условиях частого выкашивания водной растительности.

Результаты дополнительной обработки материалов опыта по влиянию высоты окашивания тростниковых зарослей на гидравлическую шероховатость канала [1] обобщены на рисунке 14.

Условия опыта [1] (расходы, уровни воды, параметры поперечного сечения, плотность зарослей тростника, $I=0,0006$, длина опытного участка $L = 150$ м) были близкие к условиям на канале «Дричинский», поэтому его результаты представляют практический интерес в рамках разрабатываемого проекта. Эксперимент заключался в пропуске различных известных расходов воды и замере уровней воды при постоянной по всей длине опытного участка шероховатости русла канала. По окончании каждой серии опытов производилось окашивание растительности (на 90 % тростника) на заданную высоту, а затем выполнялась следующая серия опытов. Опыты проводились последовательно на заросшем канале с различной высотой среза растений от дна.



2° – экспериментальная точка с номером серии опытов;

- 1– естественные заросли на всю глубину потока;
- 2– высота стерни 0,15 м;
- 3– высота стерни 0,1 м;
- 4– высота стерни 0,05 м;
- 5– высота стерни 0 м (срез на уровне дна)

Рисунок 14. – Зависимость глубин в водоподводящем канале от расхода и коэффициента Шези (функция высоты среза растений)

По результатам опытов можно отметить в целом монотонную с изменяющейся нелинейностью зависимость уровня от расхода и шероховатости русла. На единицу изменения коэффициента Шези приходится изменение уровня воды в 1,5 см, а на изменения расхода в 1 л/с приходится изменение уровня воды в канале на 0,15 см.

Из материалов полевых наблюдений (2014 г.) за параметрами водного потока и состоянием водной растительности на опытном участке канала «Дричинский», Пуховичского района, Минской области отобраны для сопоставления наиболее контрастные фрагменты накопленной информации, в которых сравниваются данные по параметрам потока без водной растительности, с разными расходами воды. Целью являлось определение величины

подъема уровня из-за зарастания русла путем установления влияния сопутствующих факторов на изменение уровней воды в канале и данных на момент полного развития биомассы водной растительности (рисунок 15).

Расчеты и измерения скоростей потока в канале «Дричинский» в условиях 2014 г. (рисунок 16), а также наблюдения за распространением визуальных меток в водном потоке, наличие микровихрей при обтеканиях стеблей растений показали, что несмотря на низкие средние скорости, в теле потока имеются зоны квадратичного режима, следовательно использование в работе коэффициентов Шези вполне обоснованно. Зарастание русла канала «Дричинский» привело к двукратному снижению скоростей течения воды в летний период.

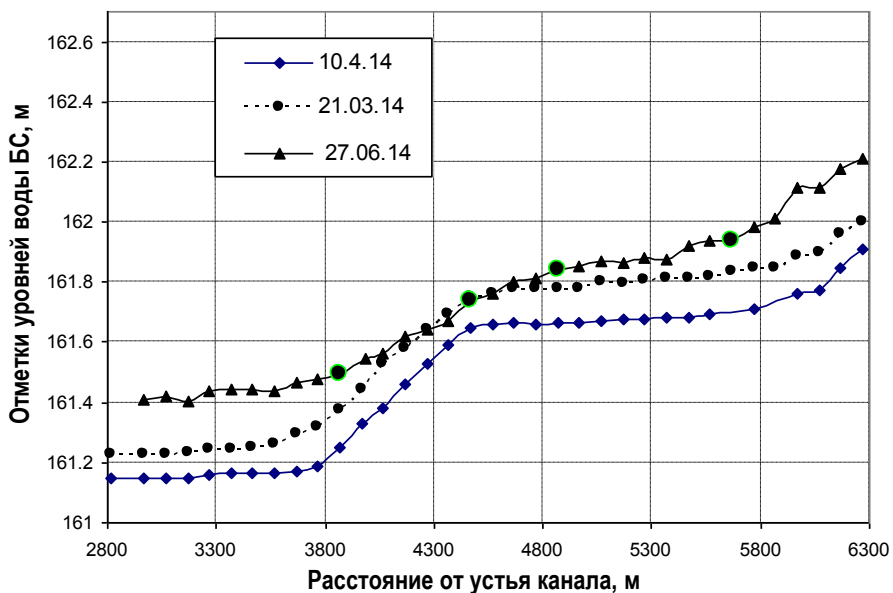


Рисунок 15. – Уровни поверхности воды на опытном участке канала «Дричинский» в характерные даты 2014 г.

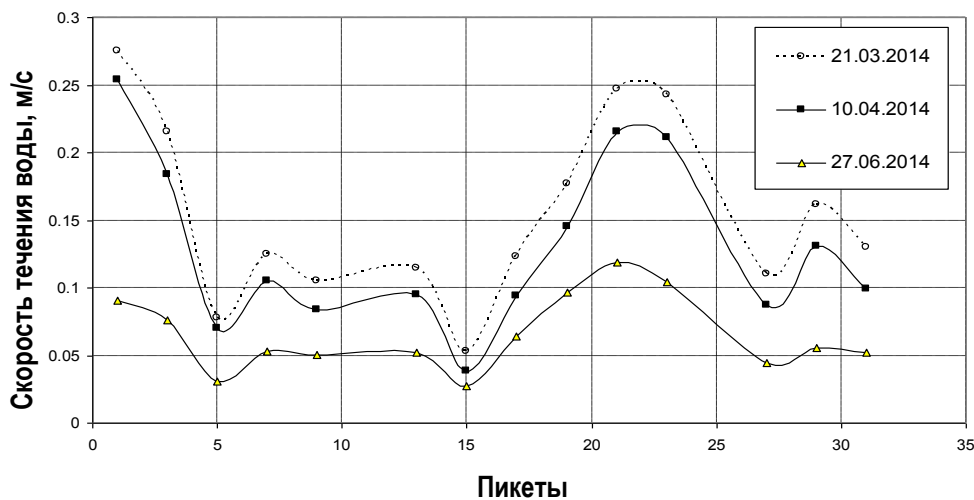


Рисунок 16. – Средние скорости течения по сечениям потока в различных условиях зарастания и расходов воды

Сравнение прироста уровней воды от изменения расходов при отсутствии растительности с увеличением уровней в канале и из-за его зарастания водной растительностью при постоянном расходе приведено на рисунке 17.

На рисунке 18 приведены результаты расчета фактических коэффициентов Шези по нечетным пикетам опытного участка канала «Дричинский» на вышеупомянутые даты.

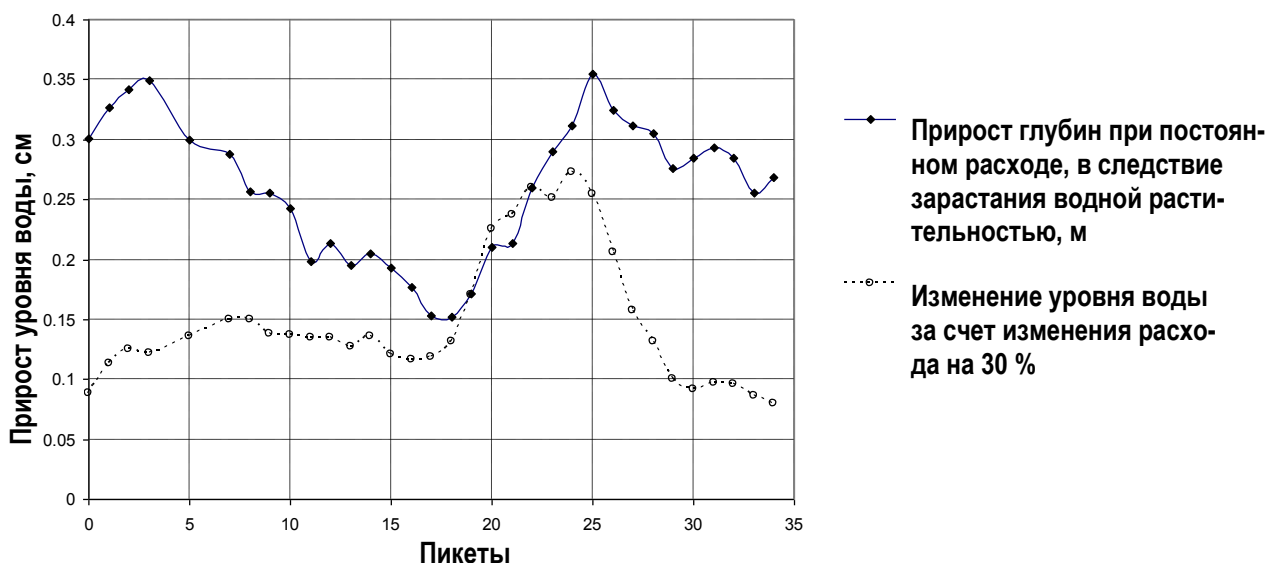


Рисунок 17. – Сравнение величин подъема уровней воды в канале при постоянном расходе вследствие его зарастания водной растительностью с изменениями при вариациях расхода в отсутствии водной растительности

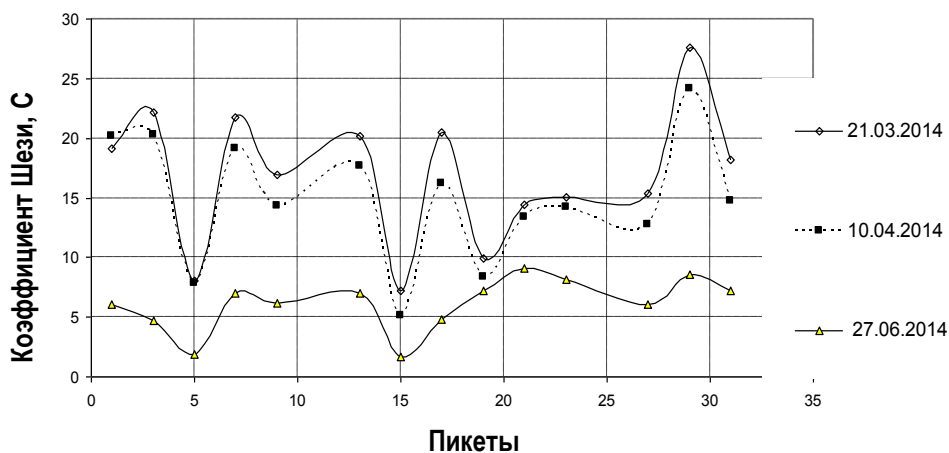


Рисунок 18. – Значения коэффициентов Шези, рассчитанные для сечений канала "Дричинский", при различных условиях зарастания водной растительностью и расходах воды

Заключение

1. Рабочая гипотеза о возможности проведения увлажнительных мероприятий на зарастающих водной растительностью осушительных системах, не оборудованных подпорными гидротехническими сооружениями, подтверждается. Экспериментальным путем получены хозяйственно значимые увеличения глубин воды для проведения увлажнительных меро-

приятий на осушительных системах с помощью регулирования степени зарастания водными растениями русел мелиоративных каналов.

2. По результатам полевых наблюдений и обобщения опубликованных данных установлено, что коэффициент Шези является эффективным показателем гидравлических условий в руслах водотоков, он легко определяется экспериментально и доста-

точно чувствителен к изменениям условий в руслах водотоков. Его применение эффективно как в рамках проводимых исследовательских работ, так и в перспективе при управлении степенью зарастания русел каналов в производственных условиях.

3. Значения коэффициентов Шези близки к уже имеющимся цифрам [1, 2] для соответствующих крайних условий (при полном отсутствие растительности и при полном зарастании русла). Этот факт, при совпадении ряда других условий (густоты растительности, продуктивности биомассы водных растений, уклоны, параметры русел используемых каналов) позволяет, во-первых, полноценно использовать данные эксперимента [1] в работе по разрабатываемому проекту, а, во-вторых, демонстрирует универсальность коэффициента Шези для характеристики гидравлических условий работы мелиоративных каналов. Выявленный диапазон изменения коэффициента Шези достаточно велик, поэтому позволяет детально характеризовать различные стадии изменения гидравлической проводимости каналов при развитии водной растительности. В маловодном

вегетационном периоде 2014 г. с помощью водной растительности удалось на фоне расходов летней межени увеличить уровни воды в канале. Подъем УГВ на значительных площадях сельскохозяйственных посевов на 15-35 см может без использования подпорных сооружений обеспечить благоприятный водный режим корнеобитаемой зоны в засушливый период и значительный прирост продуктивности осушенных земель.

С течением времени русла мелиоративных каналов с постоянным водотоком в условиях Республики Беларусь теряют призматичность, появляется много стохастически распределенных по длине канала местных сопротивлений, которые обуславливают существенную гидравлическую шероховатость русла, местами соизмеримую с влиянием водной растительности. Потерю проводящей способности мелиоративных каналов с постоянным водотоком необходимо учитывать как при проектировании реконструкции мелиоративных систем, так и при планировании увлажнительных мероприятий на осушительных системах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Погоров, Т.А. Влияние растительности и высоты ее среза на эффективность пропускной способности мелиоративных каналов ЮФО / Т.А. Погоров, А.В. Федирко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. Сборник статей. – 40. – Часть I. – Новочеркасск, 2008. – С. 111-116.
2. Querner, E.P. Aquatic weed control an integrated water management framework / E.P. Querner // Wageningen (Netherlands) : DLO Winand Starting Center, 1993. – 203 p.
3. Печкуров, А.Ф. Устойчивость русел рек и каналов / А.Ф. Печкуров. – Минск. – 1964. – С. 6-10.

Поступила 6.06.2017