

Волчек А.А., Соболевски В., Шешко Н.Н.

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ ВОДОСБОРА Р. ЗАПАДНЫЙ БУГ

Введение. Рациональное управление водными ресурсами может быть реализовано только при наличии полной, унифицированной, достоверной и своевременной информации о состоянии и тенденциях изменения водных экосистем или их отдельных компонентов. Системами, обеспечивающими все уровни управления водными ресурсами для определения стратегии природопользования и принятия оперативных решений, являются геоинформационные системы (ГИС) [4, 3].

Одним из нормативных документов при создании ГИС (гидрографическая сеть) является Европейская Рамочная Водная Директива (ЕРВД) (Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy) [2], которая была принята в 2000 году. Этот документ регламентирует подходы в политике охраны, использования и управления водными ресурсами и призван к 2015 г. гармонизировать и унифицировать подходы стран ЕС и других Европейских стран к управлению водными ресурсами и их охране.

Западный Буг является крупной трансграничной рекой, которая берет начало на западном склоне Вольно-Подольской возвышенности, в Котловской котловине у с. Верхобуж Золочевского района Львовской области (Украина), впадает в р. Нарев на территории Польши. Общая длина реки 831 км (в пределах Беларуси 169 км). Общая площадь водосбора 73479 км², в пределах Беларуси 9990 км². В пределах Беларуси в реку впадают правобережные притоки, к основным из которых относятся: р. Мухавец (длина 113 км), р. Лесная (74 км) и р. Капоювка [1]. Отличительной чертой притоков Западного Буга является равнинность их водосборов и значительная (0,30–0,45 км/км²) густота речной сети, обусловленная мелиоративными работами.

Главная цель работы – создание геоинформационной системы гидрографической сети бассейна р. Западный Буг для нужд управления водными ресурсами стран, по территории которых протекает данная река (Беларусь, Польша, Украина).

Для достижения поставленной цели необходимо решение ряда частных задач:

1. Уточнение состояния водной сети бассейна р. Западный Буг, с учётом участков рек антропогенно преобразованных;
2. Определение различий в названиях водотоков, используемых на данный момент, и разработка предложений «о единой системе названий водотоков бассейна р. Западный Буг»;
3. Создание основы для подробных гидрографических анализов, таких как:
 - уточнение прохождения водоразделов на территориях, слабо отличающихся гипсометрически (например, Полесье), а также идентификация мест с изменением границ водоразделов под влиянием мелиорации и т.д.;
 - иерархизация речной сети и однозначное определение порядка водотоков создающих речную сеть бассейна р. Западный Буг, согласно принципам классической системы нумерации;
 - определение мест переброски и количества перебрасываемой воды между бассейном р. Западный Буг и соседними речными системами или внутри бассейна;
 - определение мест забора воды на хозяйственные нужды.

Волчек Александр Александрович, д. г. н., профессор, декан факультета водоснабжения и гидромелиорации Брестского государственного технического университета.

Шешко Николай Николаевич, ассистент кафедры сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Соболевски Войтех Ph.D., сотрудник кафедры гидрографии Университета Марии Кюри-Склодовской.

Польша, Люблин, 20-033, ул. Академическая 19/280.

4. Разработка единой, в пределах бассейна, стратегии управления водными ресурсами.

В процессе реализации вышеперечисленных задач будут расширяться научные связи и формироваться система обмена информацией между организациями, занимающимися гидрологией и водным хозяйством в Польше, Беларуси и Украине, и получение опыта в создании ГИС трансграничных территорий.

Основные понятия. ЕРВД определяет основные понятия и термины, применяемые при создании ГИС речных водосборов.

Основными объектами любой ГИС являются:

– **Карта** – географическое представление части поверхности бассейна. ЕРВД ссылается ко многим картам, из которых каждая обладает определенным тематическим содержанием. Карта может состоять из одного или более списков данных, содержащих определенный тип *географических данных*. Благодаря разработке ГИС, карты могут записываться в цифровой форме. Из цифровых данных можно создать и распечатать аналоговые карты.

– **Географические данные** – это данные, описывающие объекты и явления, которые можно представить в соотношении с поверхностью земли. Собрание географических данных является данными цифровыми, входящими в состав ГИС. Термины: *собрание географических данных, информационный слой или тематический слой* употребляются как синонимы. Слой может быть представлен в качестве пикселей, точек, линий, многоугольников либо комбинацией этих элементов.

– **Таблица** представляет собой содержание базы описательных данных. Информационные системы требуют организации сбора данных в одну или более таблиц. Колонки таблицы соответствуют полям базы данных, а заголовки таблицы – это отдельные записи базы данных. Чтобы информация из данных источников могла сравниваться, таблицы должны иметь идентичную либо близкую структуру.

– **Данные** в таблицах могут представлять собой такие элементы как: гидрографические характеристики русел, названия объектов, их местоположение в географических координатах, кодировка рек, дата взятия проб, качество воды, объем забора воды и т.д. Непосредственно количество полей с данными в таблицах может расти бесконечно по мере работы с ними.

ЕРВД требует от Европейских стран предоставления значительного количества информации в форме карт (более 13 слоев и 49 таблиц данных). Наилучшей формой предоставления большинства требуемой информации является форма тематических слоев ГИС. Это связано с тем, что большинство данных следует представлять в пространственном контексте. Внедрение ЕРВД требует сопоставления географических данных (координат местоположений) как с целью подготовки планов хозяйствования водой в бассейнах, так и с целью подготовки отчетности Бассейновых управлений. В первом случае техника ГИС является необходимой для разработки различных информационных слоев (например, характеристик бассейнов, химического и экологического состояния поверхностных и подземных вод).

Директива однозначно требует информирования, консультирования и общественного участия, что будет помогать более эффективно внедрению принятых положений. В особенности, статья 14 ЕРВД [2] пропагандирует активное участие всех заинтересованных сторон в

разработке бассейновых водохозяйственных планов, а также требует от Европейских стран информирования общества и консультирования с ним. Последние требования можно эффективно исполнить при помощи Интернет-сервисов на основе цифровых карт ГИС.

Гидрографическая карта представляет современную картину расположения водотоков и условий, в которых они формируются. Она в точности показывает форму натуральных и искусственных водотоков, а также расположение озер и водохранилищ; определяет водосбор водотоков. Желательно также, чтобы карта содержала информацию об подтопленных и периодически затопляемых территориях, уровнях грунтовых вод.

Принципы создания ГИС гидрографической сети. При разработке гидрографической карты бассейна р. Западный Буг стремились к выполнению требований [10] по содержанию и количеству тематических слоев, а также к формированию базы данных, имеющей структуру, определенную для всех стран, по территории которых протекает данная река (Беларусь, Польша, Украина).

Все цифровые данные записывались в базу данных ГИС в географических координатах. Геодезической системой сопоставления использовалась WGS 1984. Такой способ записи дал возможность легко трансформировать данные в новую систему плоских координат (1992, UTM и др.).

Во время работ над картой польской части бассейна р. Западный Буг использовалась система плоских координат «1992», утвержденная распоряжением Совета Министров Польши от 8 августа 2000 года, созданная на основе математически однозначного упорядочивания точек поверхности Земли соответствующей точкой на плоскости проекции Gauss-Krügera. Система «1992» определяется следующими параметрами:

- осевой меридиан $L = 19^\circ$ восточной долготы;
- система образует меридиональную полосу с шириной, охватывающей всю территорию Польши;
- частный масштаб по осевому меридиану 0,9993;
- точка пересечения экватора с осевым меридианом имеет координату $X = -5\,300\,000$ м, а точки, лежащие на осевом меридиане, координату $Y = 500\,000$ м.

При разработке карт белорусской и украинской частей бассейна р. Западный Буг использовались зоны 34 и 35 системы плоских координат UTM (Universal Transverse Mercator) и Пулково 1942.

Система плоских координат Пулково 1942 создана на основе референц-эллипсоида Красовского и определяется следующими параметрами:

- осевой меридиан $L = 21$ (для 34 зоны) и 27 (для 35 зоны) восточной долготы;
- частный масштаб по осевому меридиану 1,0;
- точка пересечения экватора с осевым меридианом имеет координату $X = 4\,500\,000$ м, $Y = 0$ м.

Для формирования общей карты всего бассейна р. Западный Буг должны быть использованы плоские координаты, охватывающей всю территорию исследуемого объекта. Наиболее оптимально использование системы координат, которая опирается на проекцию Mercator, для которого принято WGS 1984, как геодезическая система сопоставления. Таким образом, на основе выделенных требований сформирована система координат, имеющая следующие параметры:

- осевой меридиан $L = 23^\circ$ восточной долготы;
- система создает меридиональную полосу между 20 и 26 градусом восточной долготы и охватывает весь бассейн р. Западный Буг;
- частный масштаб по осевому меридиану 0,9996;
- точка пересечения экватора с осевым меридианом имеет координату $X = 500\,000$ м, $Y = 0$ м.

Данные параметры представлены на рис. 1.

Разработка выполнена в форме цифровой карты и сопутствующей ей базе описательных данных. В качестве формата записи цифровых данных на этапе выполнения и разработки принят формат ESRI shapefile. Все цифровые данные записывались в базу данных ГИС без картографического отражения.

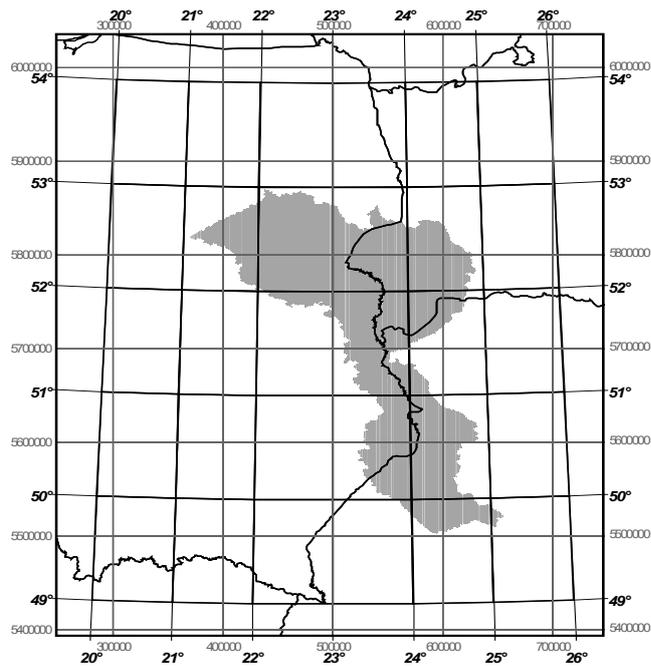


Рис. 1. Графическое представление используемой системы координат

Тематическая область содержания карты. На гидрографическую карту на первом (основном) этапе ее создания наносились следующие тематические слои:

- количественный слой, описывающий реки с записанным в базе данных их названием (или названиями) и кодировкой;
- линейный слой, описывающий расположение, форму и другие геометрические параметры объектов с разделением на отдельные слои таких элементов, как: реки, каналы, канализированные реки;
- слой полигонов, описывающий озера и искусственные водохранилища с определением объемов запаса воды, площади водного зеркала и максимальной глубины (при среднем уровне воды) – если такие данные доступны;
- слой полигонов, изображающие водосборы рек, описанные в базе данных такими параметрами, как название и кодировка водотока (или участка водотока), питаемого с этого водосбора, площадь водосбора, ширина, а также по мере возможности топографическими данными (например, средняя высота водосбора) и гидрографическими (например, модуль стока) – если такие данные доступны;
- линейный слой, содержащий границы водосборных бассейнов с указанием наименования смежных водосборов.

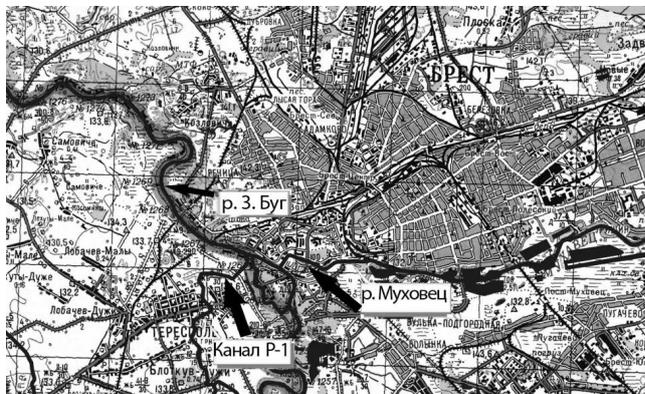


Рис. 2. Представление отдельных тематических слоев

Разработка гидрографической карты бассейна р. Западный Буг в цифровой форме дает возможность на дальнейших этапах работы над ней и в период ее использования расширения структуры базы

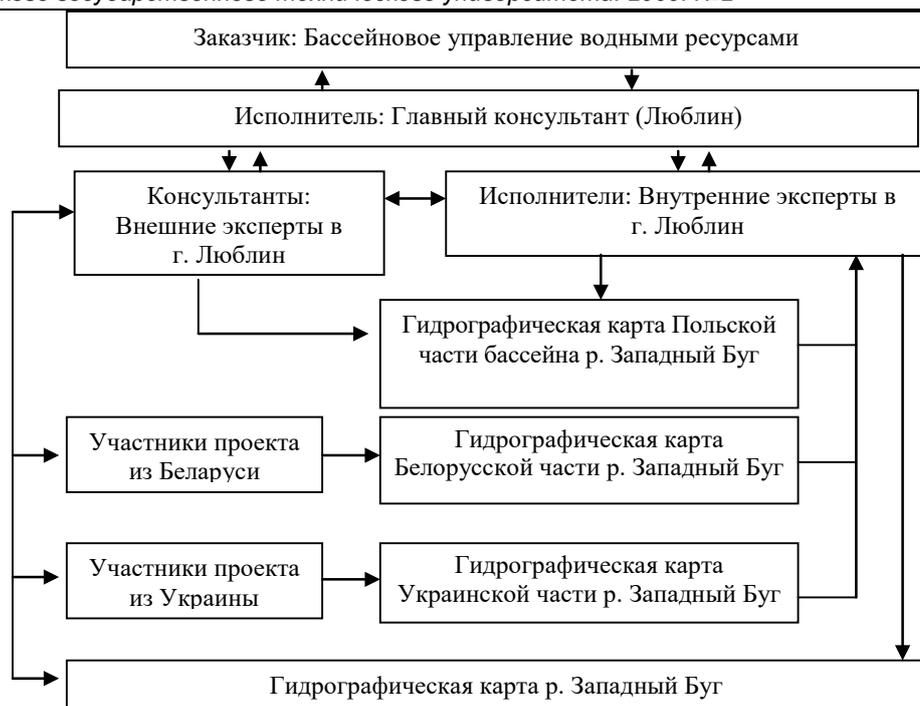


Рис. 3. Схема организации работ над гидрографической картой бассейна р. Западный Буг

описательных данных и полное приспособление ее для бассейновых управлений водными ресурсами. Простым с технической точки зрения будет присоединение к ГИС дополнительных тематических слоев, с целью приспособления ее к новым потребностям водного хозяйства и экологии.

Фоном для представления информации, содержащейся в тематических слоях и базах данных цифровых гидрографической карты, являются обзорные топографические карты крупных масштабов (М 1:200 000) в виде растровой и векторной графики (рис. 2).

Подготовительная работа. Гидрографическая карта бассейна р. Западный Буг разрабатывалась специалистами в области гидрологии, водного хозяйства и геоинформатики, под руководством научных консультантов, владеющих соответствующими знаниями, опытом и знанием территории. Отдельные элементы содержания карты разрабатывались на основе собранных материалов с различных источников. Работы выполнялись по заранее разработанной и утвержденной организационной схеме (рис. 3).

Для наполнения информацией тематических слоев и баз описательных данных необходимо было определение их источников. Так, для территории Белорусской части бассейна р. Западный Буг была сформирована база метаданных (таблица 1).

Подготовительные работы основывались на накоплении материалов из источников, охватывающих польскую часть бассейна р. Западный Буг и создании ГИС, являющуюся основой для разработки цифровой карты целого бассейна.

Тематические слои польской части бассейна р. Западный Буг требовали проверки и обновления перед их интеграцией с данными, полученными от белорусских и украинских участников проекта для создания заключительной гидрографической карты бассейна.

Основой проверки данных являлась подробная информация, полученная от организаций, управляющих водными ресурсами данного бассейна. Она сверялась с текущими данными о расположениях и состояниях различных водных объектов исследуемой территории.

Представление географических данных. Представление географической информации, собранной в ГИС, бассейна р. Западный Буг выполнялось с использованием различного рода компоновок тематических слоев. Для отдельных нужд могут создаваться карты-схемы мелкого масштаба либо также обзорные карты, охватывающие территорию всего бассейна р. Западный Буг или его части.

Листы могут представляться непосредственно на экране компьютерного монитора или же могут быть записаны в виде картинки на любом носителе информации (CDR, DVD).

Картографическая информация имеет следующие свойства:

- обладает многослойной структурой, соответствующей тематическим слоям цифровой базы данных;
- порядок наложения слоев таков, чтобы одни слои не заслоняли другие (необходимо размещение ниже всего в структуре картинки полигональных слоев, далее линейных, а в самом верш точечных слоев);
- элементы отдельных тематических слоев представляют собой графические знаки, размещенные на карте.

Под графическим знаком понимается группа векторных объектов, которая своей формой, положением и величиной создает изображение, согласующееся с условными обозначениями, принятыми для данной карты.

Непосредственно примером такого представления результатов могут быть гидрографические карты укрупненного масштаба всего водосборного бассейна р. Западный Буг наложенные на цифровую модель рельефа территории, что удобно для уточнения границ водосборов отдельных рек (рис. 4).

Заключение. В результате комплексной работы широкого круга специалистов создана одна из первых трансграничных ГИС бассейна р. Западный Буг в нашей стране. В процессе работы над гидрографической картой бассейна р. Западный Буг созданы алгоритмы, которые могут быть использованы при построении ГИС других речных систем. Опыт выполнения данных работ позволит упростить и ускорить создание новых ГИС. Это может ускорить переход на бассейновый принцип управления водными ресурсами, как в пределах Беларуси, так и в целом для бассейна. На территории соседних государств, таких как Польша, Украина, в настоящее время такие структуры существуют и активно функционируют.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гидрометцентр Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Республиканский гидрометеорологический центр. – Мн., 2001. – Режим доступа: <http://www.pogoda.by>. – Дата доступа: 12.03.2009.
2. Директива 2000/60/ЕС Европейского Парламента и Совета от 23 октября 2000 г. (Рамочная Водная Директива).
3. Шайтура, С.В. Геоинформационные системы и методы их создания / С.В. Шайтура. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 1997. – 253 с.
4. ArcView GIS: Руководство пользователя. – М.: МГУ, 1998. – 365 с.

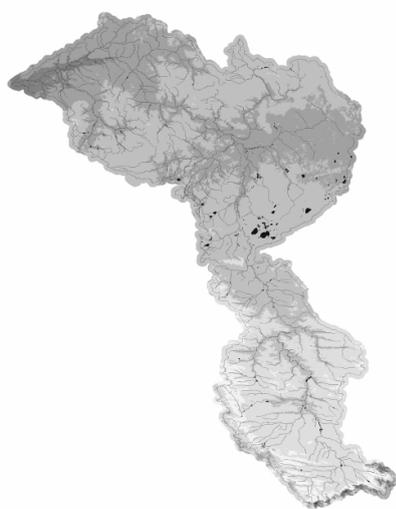
Материал поступил в редакцию 30.03.09

Таблица 1. Инвентаризации базы метаданных

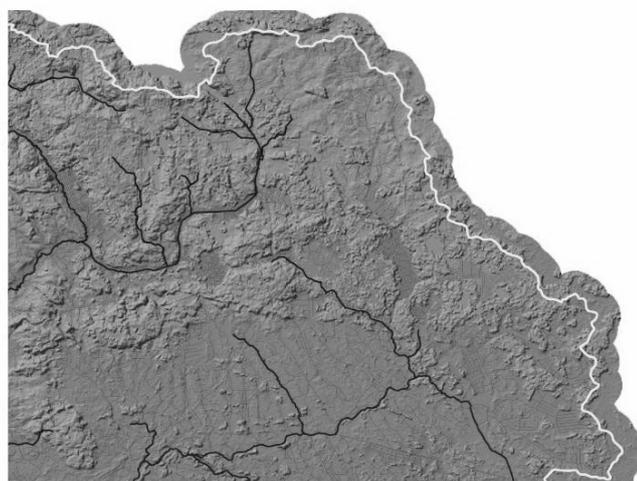
Вид данных	Название данных	Владелец	Содержание	Формат данных, масштаб, система координат	Актуальность (год издания, частота актуализации)	Доступность
I. Карты и атласы						
Топографические	Оттиски топографических карт	Госкартгеоцентр	- горизонтали - ситуация	Цифровая карта М 1:100 000 Тиражные оттиски топографических карт М 1:50 000 система координат, СК-42, СК-63	1993 обновление продолжается	Платно
Геологические	Карта четвертичных отложений (Национальный атлас Беларуси)	Белкартография	- границы зон четвертичных отложений	Тиражные оттиски карт М 1:500 000 географическая система координат	2002 обновляются по мере появления новой информации	По официальному запросу
Гидрологические	Водность рек (Национальный атлас Беларуси)	Белкартография	- водность основных рек	Тиражные оттиски карт М 1:2 000 000 географическая система координат	2002 обновляются по мере появления новой информации	В открытом доступе
Гидрографические	Векторная карта гидрографической сети	Госкартгеоцентр	- реки; водохранилища; деление на бассейны и русла; система идентификации.	Тиражные оттиски топографических карт М 1:50 000 система координат СК – 42, СК – 63	1993 обновление продолжается	Платно
Почвенные	Карта почв территории Беларуси	РУП «Институт почвоведения и агрохимии»	- типы почв - границы ареалов почв	Тиражные оттиски карт М 1:500 000 географическая система координат	2001 обновляются по мере появления новой информации	По официальному запросу
Гидрогеологические	Гидрогеологическая карта, районирование водоносных горизонтов (Национальный атлас Беларуси)	Белкартография	- гидрогеологическая структура территории	Тиражные оттиски карт М 1:2 000 000 географическая система координат	2002 обновляются по мере появления новой информации	В открытом доступе
II. Пространственные данные						
Водных устройств (например, водохранилища, пруды)	Перечень с характеристиками	ГУП «Брестмелиоводхоз» Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды	- название - состояние - местоположение - линейные размеры	Табличная форма на электронных и бумажных носителях	2005 обновление раз в 5 лет	По официальному запросу
Гидрологических и метеорологических наблюдательно-измерительных пунктов	Перечень постов	Брестский областной гидрометеорологический центр	- название - состояние - местоположение - категория	Табличная форма на электронных и бумажных носителях	2007 обновление ежегодно	По официальному запросу
Охраняемых зон и территорий (например: охраняемые зоны забора воды, охранные зоны водохранилищ, особо охраняемые территории, экологическая сеть Natura 2000)	Перечень с характеристиками Карта особо охраняемых территорий Карты землепользования	Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды Белкартография Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете	- наименование типов охраняемых зон и территорий - местоположение - границы	Список на электронных и бумажных носителях Тиражные оттиски карт М 1:500 000 географическая система координат	2008 обновление ежегодно обновляются по мере появления новой информации	В открытом доступе
Территорий, которым угрожает наводнение (например, потенциальные, непосредственные, с разной правдоподобностью)	Карты территорий потенциального затопления	Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь	- границы зон возможного затопления для различных по водности лет	Тиражные оттиски карт М 1:500 000 географическая система координат	2005 обновляются по мере появления новой информации	По официальному запросу

Структуры хозяйствования (использования) грунта (например урбанизированные территории, леса, луга)	Карты землепользования	Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете	- границы территорий землепользователей - виды землепользователей	Тиражные оттиски карт М 1:100 000 географическая система координат	2005 обновляются по мере появления новой информации	По официальному запросу
Пунктов количественного и качественного мониторинга подземных и поверхностных вод	Перечень постов	Брестский областной гидрометеорологический центр	- название - состояние - местоположение - категория	Табличная форма на электронных и бумажных носителях	2007 обновление ежегодно	По официальному запросу
Гидрографических элементов (например, реки, каналы, канавы, озера, водоразделы)	Перечень с характеристиками	ГУП «Брестмелиоводхоз» Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды	- название - состояние - местоположение - линейные размеры	Табличная форма на электронных и бумажных носителях	2005 обновление раз в 5 лет	По официальному запросу
Главных бассейнов подземных вод	Карта ресурсов подземных вод (Национальный атлас Беларуси)	Белкартография	- ресурс подземных вод по административным районам	Тиражные оттиски карт М 1:4000 000 географическая система координат	2002 обновляются по мере появления новой информации	В открытом доступе
Заборов подземных и поверхностных вод	Карта месторождений подземных вод (Национальный атлас Беларуси) Статистические отчеты	Белкартография Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды РУПП «ЦНИИКИВР» РУПП «Белгеология»	- расположение месторождений подземных вод - мощность месторождений	Тиражные оттиски карт М 1:4 000 000 географическая система координат Табличная форма на электронных и бумажных носителях	2002 обновляются регулярно	В открытом доступе
рыбхозов	Перечень рыбных хозяйств	Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды Главное управление по охране и воспроизводству рыбных запасов и регулированию рыболовства при Совете Министров РБ	- расположение - наименование - производительность	Список на электронных и бумажных носителях	2007 обновление ежегодно	По официальному запросу
очистных сооружений, места складирования отходов	Перечень очистных сооружений и места складирования отходов	Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды	- расположение - наименование - производительность	Список на электронных и бумажных носителях	2007 обновление ежегодно	По официальному запросу
административных единиц страны	Карта административного районирования РБ (Национальный атлас Беларуси)	Белкартография	- ресурс подземных вод по административным районам	Тиражные оттиски карт М 1:1 250 000 географическая система координат	2002 обновляются по мере появления новой информации	В открытом доступе
III. Описательные данные						
Данные о состоянии поверхностных и подземных вод на основе качественного и количественного мониторинга	Статистические отчеты	Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды	- компьютерная программа - характеристики вод	Таблица Компьютерная программа	2008 обновление ежемесячно	По официальному запросу
Объем потребления подземных и поверхностных вод, а также выброса сточных вод в воду и землю	Статистические отчеты	Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды	- компьютерная программа - характеристики вод	Таблица Компьютерная программа	2008 обновление ежемесячно	По официальному запросу
Данные, касающиеся источников и характеристики точечных и территориальных загрязнений	Статистические отчеты	Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды	- компьютерная программа - характеристики вод	Таблица Компьютерная программа	2008 обновление ежемесячно	По официальному запросу

Данные о воздействиях, связанных со складированием опасных веществ	Статистические отчеты	Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды	- компьютерная программа - характеристики вод	Таблица Компьютерная программа	2008 обновление ежемесячно	По официальному запросу
Данные об использовании территории и о водоочистительном хозяйстве	Статистические отчеты	Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды	- компьютерная программа - характеристики вод	Таблица Компьютерная программа	2008 обновление ежемесячно	По официальному запросу
Выданные компетентными органами разрешения на выброс сточных вод и потребления вод	Перечень разрешений и обобщенных данных	Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды	- компьютерная программа - перечень разрешений	Таблица Компьютерная программа	2008 обновление ежемесячно	По официальному запросу
Данные о количестве и виде веществ особенно опасных для окружающей водной среды, определенных в разрешениях	Перечень	Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды	- характеристики - наименования	Таблица на бумажных носителях	2008 обновление ежемесячно	По официальному запросу
Данные, касающиеся гидротехнических объектов (водохранилища, уровни воды, валы для защиты от наводнений, каналы, малая водная энергетика), а также мелиорированных территорий	Перечень	ГУП «Брестмелиоводхоз»	- характеристики - наименования	Таблица на бумажных носителях	2008 обновление ежегодно	По официальному запросу
Данные о рыбхозах и о пригодности вод для рыбной ловли	Перечень рыбхозов и водоемов пригодных для рыбозаведения	Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды ГУП «Брестмелиоводхоз»	- перечень водоемов - характеристики	Таблица на бумажных носителях и в электронном виде	2008 обновление ежегодно	По официальному запросу
Экологическое состояние вод реки и его притоков, а также затопляемых территорий	Национальная система мониторинга окружающей среды РБ	Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды	- мониторинг земель - мониторинг поверхностных вод - мониторинг подземных вод - мониторинг атмосферного воздуха - мониторинг лесов - система социально-гигиенического мониторинга	Печатное издание	2007 Обновление ежегодно	В открытом доступе



а)



б)

Рис. 4. Сопоставление местоположения водотоков и границ водосборов с цифровой моделью рельефа территории (а – крупномасштабная карта-схема бассейна р. Западный Буг; б – участок бассейна р. Западный Буг в мелком масштабе)

In article are considered by N.N.geoinformation the basic stages of creation of a hydrographic network on the basis of Geoinformation systems-technologies on an example of a transboundary reservoir of the river For-padnyj Bug. Problems and ways of their decision are stated. Use sphere on-luchennyh results is shown. Results of work on creation of geoinformation the system of a hydrographic network of a reservoir of the river the Western Bug are resulted. The characteristic of the created geoinformation system is given.

УДК 624.132.345

Дедок В.Н., Шведовский П.В.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ И ОСОБЕННОСТЕЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО КРУПНОМАСШТАБНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО НАМЫВА ГРУНТОВ НА ПОЙМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Введение. Полученные теоретически и на основании мелко-масштабных модельных лабораторных исследований [1] результаты намыва грунтов на пойменных территориях требуют проверки в полевых условиях на опытных участках.

Как показывает практика исследований, важнейший показатель, характеризующий плотность сложения намывных грунтов в массиве - плотность сухого грунта, значительно увеличивается с уменьшением масштаба модели [2].

Это происходит за счет несоответствия удельных расходов пульпы на модели и в натуре, характеризующего различное динамическое воздействие потока пульпы на структуру намываемых грунтов. При малых глубинах растекающегося потока пульпы скорость потока обуславливает дополнительную упаковку (трамбование) отдельных частиц между собой.

Исходя из этого, для проведения исследований процесса намыва грунтов в реальных, наиболее приближенных к натурным условиям исследования проводились на экспериментальной установке в масштабе 1:3.

Целью экспериментов являлась проверка запроектированных и технически обоснованных на моделях малых масштабов технологических способов намыва на пойменных территориях, обеспечивающих наибольшую плотность намывного основания и наименьшую неоднородность (в плане и по глубине).

Материалы и методика исследований. В качестве определяющих факторов приняты: технология производства работ, текстура намывного грунта, гидравлическая структура пульпы на откосе, гранулометрический состав и расчетные характеристики грунта, характер фракционирования грунтов, характер консолидации грунтов.

При моделировании соблюдены соответствия исходного грунта, концентрации гидросмеси, удельных расходов пульпы и технологических параметров. Как и на мелко-масштабных моделях [1], при проведении экспериментов моделировались три состава песков, с аналогичными режимами движения потока пульпы создаваемыми путем изменения удельного расхода пульпы и весовой консистенции в пределах - соответственно 3-16 л/см и 2-16 %.

Масштаб модели позволяет не учитывать влияние закона геометрического подобия на физико-механические свойства намывных грунтов. Удельные расходы пульпы модели и натуре равны, что характеризует соблюдение кинематического подобия. Динамическое подобие, характеризующее турбулентность потока и определяемое постоянством числа Струхала потоков одинакового геометрического сечения в условиях турбулентной автомодельности, показывает наличие подобия в структуре потока.

Исследования [1, 2, 3] подтверждают значительное влияние на плотность сухого грунта крупности, неоднородности состава и формы частиц грунта. Эти показатели предопределены карьерным грун-

том, и так как изменений их в процессе намыва не наблюдалось, то и влиянием их на изменение плотности сухого намывного грунта, при пересчете их в натуре, можно пренебречь.

В связи с этим в экспериментах изменялась только гидравлическая структура потока с изменением скоростей движения, глубин и местных уклонов.

Эти параметры определяли только такие особенности гидравлической структуры потока пульпы на откосе намыва, как неравномерность движения потока пульпы, бурное состояние и волновой режим, периодическую нестационарность, связанную с изменяющимся микрорельефом ложа потока.

В экспериментах наблюдались три режима движения потока, которые по-разному влияли на прочностные свойства намывных грунтов за счет характера фракционной раскладки раскладки грунта по фракциям по длине откоса.

Расчетные характеристики скоростных параметров потока определялись из следующих допущений:

- скорость в продольном направлении и пульсационная скорость в поперечном направлении потока являются случайными переменными с нормальным распределением;
- величина пульсации скорости в поперечном сечении потока пропорциональна величине продольной пульсации;
- вторичные течения, образующиеся в потоке, не характерны.

Для измерения скоростной структуры была разработана измерительная трехточечная система, включающая шаровые тензометрические датчики, тензометрический четырехканальный усилитель УТЧ-1 и самопишущий быстродействующий прибор П-327-3.

Анализ результатов исследований. В результате обработки методом Д.И. Кулина наиболее характерных осциллограмм определены количественные значения основных турбулентных характеристик потока по длине откоса: - проекции продольных и поперечных осредненных скоростей V_ϕ и V_z ; - проекции мгновенных минимальных и максимальных скоростей $V_{\phi\max}$, $V_{\phi\min}$, $V_{z\max}$, $V_{z\min}$; - средние квадратические отклонения пульсационных составляющих скорости V_ϕ и V_z ; - интенсивность турбулентности σ_ϕ / V_{cp} , σ_ϕ / V_ϕ , σ_z / V_ϕ ; - частота крупномасштабных пульсаций; - продольный масштаб турбулентности и числа Струхала S_h .

На рис. 1 приведены результаты измерения интенсивности потока пульпы в различные периоды намыва. Как видно из графиков, интенсивность турбулентности в процессе намыва меняется незначительно. Средняя частота пульсации продольной и поперечной составляющих скорости возрастают пропорционально увеличению скорости потока,

Дедок Владимир Николаевич, доцент кафедры оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета.

Шведовский Петр Владимирович, к.т.н., профессор кафедры оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета.

.Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.