

УДК 504.064.3:004.9+669.1

*к.т.н. Подлипенская Л. Е.,
Кусайко Н. П.,
Филатова Н. А.,
Золочевский С. П.*

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, lida.podlipensky@gmail.com)

РАЗРАБОТКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГИС И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

В статье показана необходимость использования геоинформационных систем (ГИС) для повышения экологической безопасности объектов гидросферы на территориях с высокой техногенной нагрузкой. Разработана структура гидроэкологической ГИС, выполнены геопространственная привязка и наполнение слоев географической и атрибутивной информацией на примере картографирования зоны воздействия на окружающую среду Алчевского металлургического комбината. Сформулированы направления использования ГИС на предприятиях черной металлургии.

***Ключевые слова:** геоинформационная система, ГИС, экология, черная металлургия, Алчевский металлургический комбинат, QGIS.*

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. По запасам водных ресурсов Луганская Народная Республика является недостаточно обеспеченной, что связано как с природными, так и с антропогенными факторами. Особенностью водного режима рек Республики является неравномерное распределение стока в течение года. Местные водные ресурсы не обеспечивают разбавления сточных, особенно загрязненных вод, не дают возможности поддерживать должное санитарно-экологическое состояние водных объектов.

Крупнейшим предприятием Луганской Народной Республики является филиал № 1 «Алчевский металлургический комбинат» ООО «ЮГМК».

Металлургические процессы производства чугуна, стали и их последующего передела сопровождаются образованием большого количества отходов в виде вредных газов и пыли, шлаков, шламов, сточных вод, содержащих различные химические компоненты, скрапа, окалины, боя огнеупоров, мусора и других выбросов, которые загрязняют атмосферу, воду и поверхность земли.

Основное негативное воздействие Алчевского металлургического комбината

(АМК) на гидросферу заключается в изъятии больших объемов воды из природных источников и загрязнении водных объектов в результате сброса недостаточно очищенных сточных вод.

Источниками технического водоснабжения Алчевского металлургического комбината являются Исаковское водохранилище и Верхне- и Нижне-Орловские водохранилища. Для эффективного использования поверхностных вод водоемов в производственных процессах, а также в целях ресурсосбережения и охраны окружающей среды очень важно контролировать водные объекты, подверженные техногенному воздействию производств предприятия.

Необходимость повышения экологической безопасности объектов гидросферы требует применения современных подходов в сфере охраны окружающей среды, ориентированных на более глубокое использование информационных технологий, в том числе геоинформационных систем.

Анализ исследований и публикаций. Как показывают публикации научных работ [1–3], посвященных экологической оценке состояния водоемов и водотоков Алчевска и его окрестностей, в последние

годы состояние поверхностных вод значительно ухудшилось.

Дефицитность водных ресурсов в последние годы объясняется некоторыми авторами не только большими заборами воды промышленными предприятиями и населением, а и климатической составляющей глобального и регионального водного баланса. В работах [4–5] наблюдающееся уменьшение стока объясняется прежде всего прекращением откачки шахтных вод, сбросы которых находятся на водосборе реки Белая. В работах [6–7] прогнозируется увеличение дефицита водных ресурсов, связанного с наступлением маловодной фазы и увеличением количества экстремальных засух на территории Донбасса.

Для решения водной проблемы в зоне техногенного влияния металлургических производств актуальными направлениями исследований являются организация мониторинга гидросферы, которая включает как организацию и проведение полевых наблюдений, так и обработку данных, систематизацию и анализ ретроспективных данных, прогноз текущей и перспективной экологической ситуации и визуальное представление результатов. Выполнение таких работ невозможно без поддержки геоинформационных технологий, позволяющих собирать, анализировать и визуализировать экологическую информацию, имеющую географическую привязку и значительную пространственную протяженность.

Однако в научных исследованиях, посвященных влиянию предприятий черной металлургии на окружающую среду, геоинформационные системы используются слабо, в основном для визуализации объектов техносферы, в то время как ГИС представляют собой мощный аппарат, включая обширные базы данных, для оценки экологической ситуации и управления территориями.

Постановка задачи. В настоящее время картографический подход, используемый для оценки влияния техносферы на окружающую среду (ОС), реализуется с помощью современных ГИС, представляющих

собой сложные многослойные системы, содержащие как общегеографические, социально-экономические слои, так и узкоспециализированные по компонентам ОС группы слоев (гидросфера, атмосфера, литосфера, биосфера и др.)

В данной работе представлен первый этап создания экологической ГИС, в которой акцент делается на гидрологической компоненте.

Цель исследования — разработка проекта геоинформационной системы гидрологической и экологической направленности, ориентированного на использование в регионах Луганской Народной Республики, подверженных негативному воздействию предприятий черной металлургии.

Объект исследования — водоемы и водотоки в зоне техногенного воздействия производственной деятельности предприятия черной металлургии. В качестве основного объекта негативного воздействия на гидросферу выбрано предприятие черной металлургии в Луганской Народной Республике — Алчевский металлургический комбинат.

Предмет исследования — научно-методическая и техническая база комплексного геоинформационного картографирования техногенной и экологической среды территории, подверженной влиянию производств черной металлургии.

Задачи исследования:

- анализ водных объектов, находящихся в зоне воздействия АМК;
- разработка структуры ГИС в виде многоуровневой древовидной системы папок и файлов и реализация проекта с помощью соответствующего программного обеспечения;
- наполнение слоев ГИС реальной информацией, создание картографической продукции эколого-гидрологического содержания.

Материалы и методы исследования. В работе применен комплекс методов по сбору полевого материала, его камеральной и аналитической обработкам. Исследования базируются на стандартных, гидрохимических, сравнительно-географических, геоин-

формационных методах и методах математической статистики. В качестве основного программного средства для создания ГИС-проекта использовалась программа QGIS.

1. Характеристика водных объектов.

Алчевск расположен на водоразделе рек Лозовой и Белой (притоки р. Лугани, входящей в бассейн р. Северский Донец). Согласно данным Минприроды ЛНР на территории города имеются 10 водоемов различного назначения:

– два водохранилища технического и рекреационного назначения (Верхне-Орловское и Нижне-Орловское, бассейн р. Белой);

– семь прудов бассейна р. Белой (Верхне-Лиманский и Нижне-Лиманский, Школьный, Больничный, Васильевский, Бубыринный, Ящиковский);

– один пруд поселка Административный бассейна р. Лозовой.

В окрестности Алчевска, на расстоянии 6–9 км от города, находится Исаковское водохранилище, расположенное на реке Белой.

Забор воды из Исаковского водохранилища осуществляется через окна водозаборной башни по двум трубам диаметром 700 мм, сифонным водозабором диаметром 1000 мм. На базе Исаковского водохранилища действует завод по производству питьевой воды. После обработки воды на заводе потребителям подается вода питьевого качества.

Из Нижне-Орловского водохранилища осуществляется забор воды через сифон по двум трубам диаметром 700 мм.

Нами проделан анализ водоемов по комплексу факторов, в котором для клас-

сификации экологической ситуации по уровню остроты проявления на исследуемых водоемах использовалась 5-балльная шкала, где большим значениям показателя соответствует худшее состояние среды (табл. 1). Качество воды оценивалось с помощью индекса загрязнения воды.

Анализ таблицы 1 позволяет сделать следующий вывод: экологическая ситуация на водоеме Больничный характеризуется как критическая, на водоеме Школьный и Нижне-Орловском водохранилище — напряженная, на Верхне-Орловском — напряженная, причем состояние его прибрежной зоны, если не принять соответствующих мер, может в дальнейшем ухудшить ситуацию до критической.

В работах [1, 3] на основе комплексного анализа состояния водоемов авторы показали значительную подверженность Верхне-Орловского и Исаковского водохранилищ антропогенному загрязнению. По ряду химических и микробиологических показателей они не соответствуют допустимым нормам. Под воздействием множества как природных, так и антропогенных факторов водохранилища самостоятельно не справляются с загрязнением в летний период. Поэтому в теплый период необходимо активное обогащение воды кислородом, перемешивание водных потоков для равномерного распределения разбавления загрязнений, обеспечение и контроль над очисткой сточных вод, использование приемов экологического обустройства водохранилищ.

Таблица 1

Оценка водоемов г. Алчевска по комплексу факторов

Водоем	Показатели геоэкологической оценки			Оценка остроты проявления экологической ситуации		
	Индекс загрязнения воды	Оценка прибрежной территории	Оценка антропогенной нагрузки	Качество поверхн. вод	Состояние прибрежной зоны	Уровень антроп. нагрузки
Больничный	5,148	5	5	Низкое	Неудовл.	Высокий
Школьный	3,603	2	3	Среднее	Удовл.	Средний
В.-Орловское	2,344	4	2	Среднее	Неудовл.	Средний
Н.-Орловское	1,706	2	1	Среднее	Удовл.	Низкий

2. Характеристика АМК как источника антропогенного воздействия на гидросферу. Алчевский металлургический комбинат расположен на территории города Алчевска, территориально занимает более 850 га. Отличительной характеристикой предприятия является то, что это производство работает при полном закрытом технологическом цикле. Завод — старейшее предприятие Луганщины и на сегодняшний день является одним из самых крупных и мощных. Данное предприятие производит металлургическую продукцию в широком ассортименте: сортовой прокат, чугуны, заготовки, листы, шлак.

В то же время металлургический комбинат может представлять значительную экологическую угрозу для всех геосфер Земли, в том числе для гидросферы.

Зона негативного воздействия Алчевского металлургического комбината на гидросферу затрагивает как водные объекты, из которых изымаются большие объемы воды, так и водоемы и водотоки, загрязняемые при непосредственном поступлении в них недостаточно очищенных сточных вод и косвенно — в результате атмосферных выпадений, складирования и хранения различных техногенных отходов производств, шлама.

В результате производственной деятельности на предприятии образуются технологические, хозяйственно-бытовые и ливневые сточные воды.

Образующиеся на предприятии технологические и ливневые сточные воды через систему 7 выпусков, приуроченных к водоемам и водотокам на балках Каменеватая (выпуски 1–2) и Должик (выпуски 3–7), сбрасываются в реки Лозовую и Белую (бассейн Северского Донца). При этом попутно загрязняются пруд Больничный, Верхне-Орловское и Нижне-Орловское водохранилища.

В р. Белую по водотоку балки Должик с водоемами Больничный и Школьный и каскаду из двух водохранилищ — Верхне-Орловского и Нижне-Орловского сбрасы-

ваются среди прочего сточные фильтровальные воды с пруда гранулировочной установки, а также переливы из оборотного цикла гранустановки.

Схема использования поверхностных вод водоемов в качестве источника технической и питьевой воды на АМК, а также в системе водоотведения сточных вод предприятия представлена на рисунке 1. Для геоэкологической оценки ситуации необходимо связать географические и атрибутивные данные об источниках загрязнения и истощения водных объектов, гидрологические и экологические параметры самих водных объектов и другие показатели. Это позволит анализировать и оперативно управлять ситуацией, обеспечивая экологически безопасное использование водных объектов и эффективную работу металлургического предприятия. Для этого разработана геоинформационная система, в основу которой легли связи представленной схемы, а также подробная информация о выпусках сточных вод предприятия, пунктах отбора проб воды и результаты экологического мониторинга в зоне воздействия АМК.

3. Разработка ГИС проекта «АМК.gidro». На сегодняшний день для решения ряда основных гидрологических задач стандартной практикой является использование географических информационных систем (ГИС), в том числе в процессе подготовки данных для прогнозирования и управления водными ресурсами.

Географическая информационная система — это комплекс программ и приложений, обеспечивающих сбор, хранение, обработку, анализ и отображение пространственных и связанных с ними атрибутивных данных.

В основе идеологии ГИС лежит понятие векторного объекта карты, который обладает метрической и семантической информацией.

Метрическая информация включает в себя массив двух- или трехмерных координат, полученных в результате оцифровки (векторизации) данных фотосъемки ме-

ГЕОЭКОЛОГИЯ

стности. Семантическая информация объекта представляет собой набор качественных характеристик объекта (высота, глубина водоема, название населенного пункта и т. п.) Преимущества ГИС — в связи баз данных (БД) с пространственной составляющей позволяют решать разнообразные задачи визуализации, анализа, осуществления динамических запросов и управления в области картографирования.

В данной работе экологическое картографирование производилось на базе свободной кроссплатформенной геоинформационной системы QGIS [8].

В настоящей работе использовалась настольная версия QGIS 3.16.3-Hannover (<https://www.qgis.org/ru/site/>). ГИС-проект

сохранялся в формате «.qgz», для векторных слоев брался формат «.shp», для растровых — формат «.geotiff», стили отображения векторных слоев сохранялись в формате «.gml», шаблон макета карты — в формате «.qpt», а сами карты для печати выводились в PDF-файлы.

Источниками картографической информации для проекта послужили следующие ресурсы: SAS.Planet, OpenStreetMap, QuickMapServices, Викимания и др.

Также использовались бумажные карты и карты-схемы, содержащие необходимую информацию о водных объектах региона и источниках сброса сточных вод с АМК. Структура ГИС-проекта с характеристикой основных слоев представлена в таблице 2.

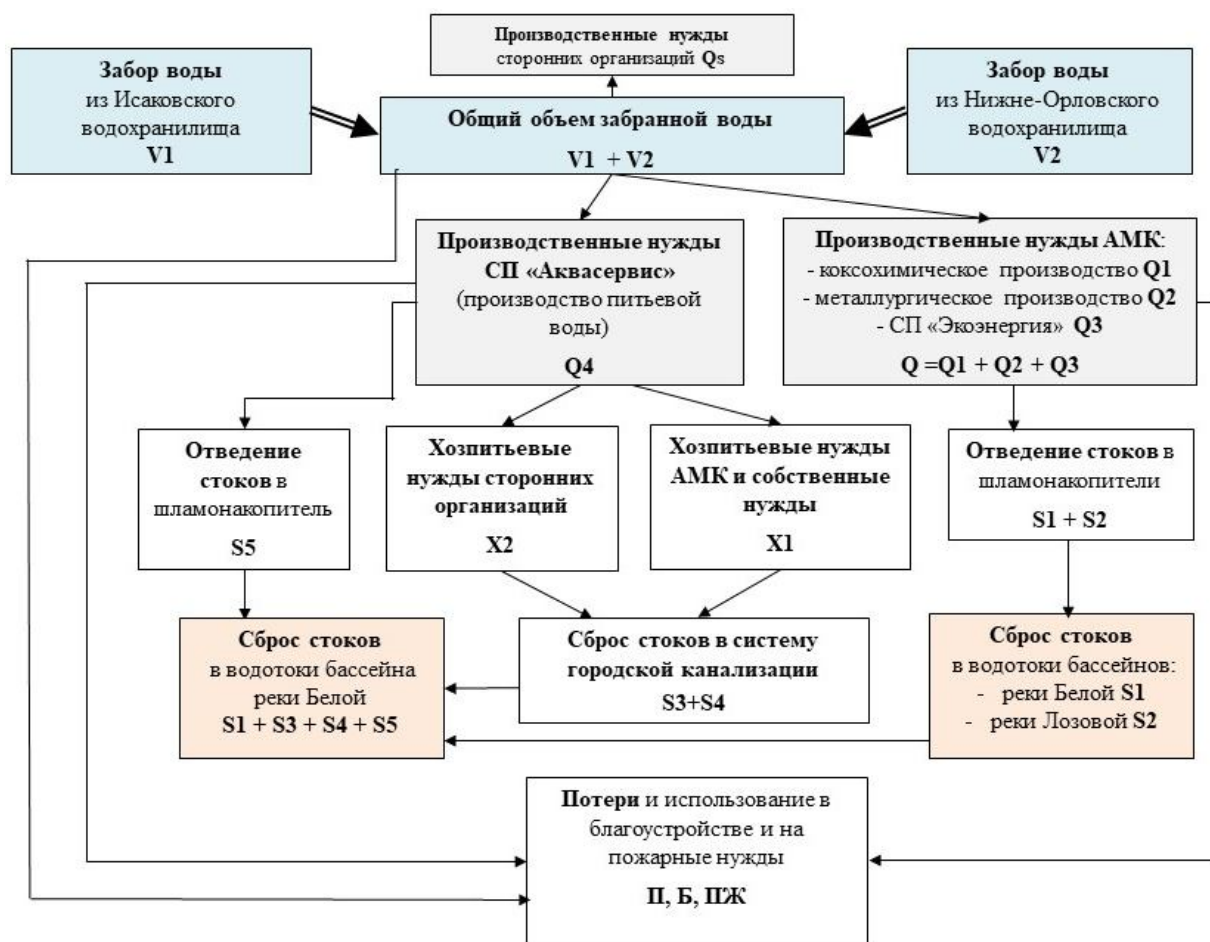


Рисунок 1 Схема водопотребления и водоотведения на АМК

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Таблица 2

Структура ГИС-проекта «АМК.gidro»

№ п/п	Название группы слоев	Тип слоя	Тип геометрии объектов слоя	Объекты слоя
1	Контроль водопользования и водоотведения на АМК	Векторный	Точечный	Точки контроля объемов поступления воды
		Векторный	Точечный	Точки контроля объемов сброса сточных вод
2	Экологический мониторинг: подгруппа «посты мониторинга гидросферы»	Векторный	Точечный	Створы лаборатории АМК
		Векторный	Точечный	Гидрологические створы НЦМОС
3	Алчевск (группа слоев)			
3.1	Экологическая группа			
3.1.1	подгруппа «Водные объекты»	Векторный	Полигональный	Водоемы
		Векторный	Линейный	Реки
		Векторный	Точечный	Родники
3.1.2	слой «Зеленые насаждения»	Векторный	Полигональный	Зеленые насаждения
3.2	Техногенная нагрузка (группа)	Векторный	Полигональный	Шлаковые горы
		Векторный	Полигональный	Отвалы
		Векторный	Полигональный	Предприятия
		Векторный	Точечный	Свалки
		Векторный	Точечный	АЗС
		Векторный	Точечный	Терриконы
3.3	Географическая группа	Векторный	Точечный	Соц. инфраструктура
			Линейный	Дороги
3.3.1	Жилая застройка	Векторный	Полигональный	Многоквартирные дома Частные дома
3.3.2	Районы	Векторный	Полигональный	Районы города
4	Алчевский металлургический комбинат (группа слоев)			
4.1	Источники загрязнения	Векторный	Точечный	Источники загрязнения гидросферы
		Векторный	Точечный	Источники загрязнения атмосферы
4.2	Цеха	Векторный	Полигональный	Цеха АМК
4.3	Аквасервис	Векторный	Полигональный	СП «Аквасервис»
4.4	Экоэнергия	Векторный	Полигональный	СП «Экоэнергия»
5	ГИС интернет-сервисы	Растровый		OSM standart
				OpenTopoMap
7	Карты рельефа	Растровый		Srtm 4403 ЦМР

На рисунке 2 показано рабочее окно проекта. Основные слои отражают географические особенности и районирование территории, представляющей собой зону воздействия АМК на окружающую среду.

В данной работе делается акцент на тех компонентах негативного влияния коксохимического и металлургического производств предприятия, которые связаны с гидросферой.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

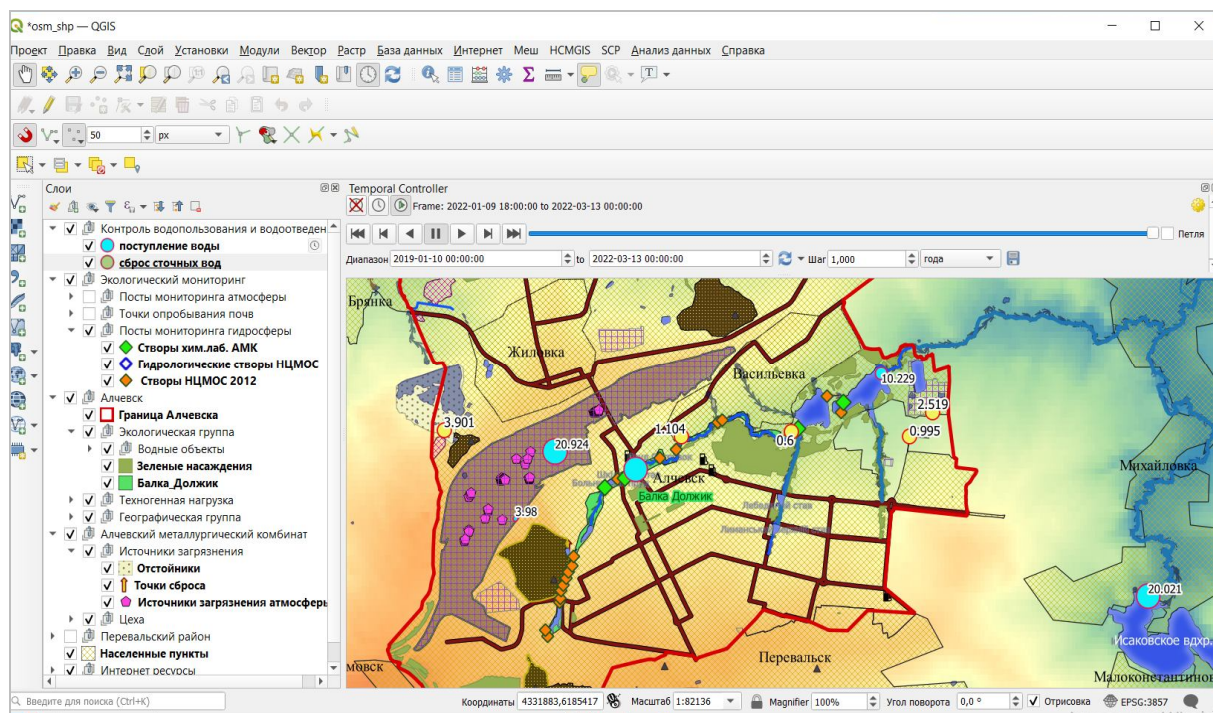


Рисунок 2 Рабочее окно проекта «AMK.gidro»

4. Наполнение слоев ГИС проекта «AMK.gidro» актуальной информацией.

Информационная составляющая геоинформационного картографирования представляет собой систему сбора, систематизации и оперативного обновления баз специализированных данных и общегеографической информации.

Базы тематической направленности данного проекта привязаны к следующим группам и слоям:

- «Экологическая группа» (данные об объектах пополняются периодически);
- группа «Экологический мониторинг» (данные об объектах пополняются регулярно на основании полевых наблюдений в створах, расположенных на водных объектах из зоны воздействия АМК);
- слой «Контрольные точки замеров расходов воды на АМК (регулярный мониторинг);
- слой «Контрольные точки сбросов сточных вод АМК (регулярный мониторинг).

Важной частью реализации проекта «AMK.gidro» является проведение полевых наблюдений, которые осуществляются

различными организациями, являющимися субъектами экологического мониторинга.

Начиная с 2019 года силами сотрудников Научного центра мониторинга окружающей среды Донбасского государственного технического института стали организовываться экспедиции по изучению состояния водных объектов региона. В частности, засушливым летом 2020 года решалась задача анализа текущего состояния расходов воды в реке Белой и питающих ее водотоках в водосборном бассейне Исаковского водохранилища.

Для измерения скорости течения применялся метод «площадь-скорость» с использованием вертушки гидрометрической речного типа ГР-99. В отдельных створах также применялся поплавочный способ.

Створы для наблюдений за расходами воды выбирались в узловых точках реки и ее притоков в районах населенных пунктов Городище, Малоивановка, Ящикова, Селезневка, Бугаевка.

В ходе полевых наблюдений фиксировалась информация об экологическом состоянии водотоков и их берегов. По каж-

дому створу в журнал заносились следующие данные: координаты точки (широта, долгота и высота над уровнем моря), дата и время измерения, температура воды и воздуха, параметры, характеризующие скорость потока воды и профиль сечения реки. Также для выполнения гидрохимического, бактериологического и сапробиологического анализа в каждом створе брались пробы поверхностных вод.

Схема пунктов отбора проб и результаты определения расходов воды в сечениях

водотоков представлены на рисунке 3. Данная информация добавляется в ГИС-проект как атрибутивная и может накапливаться во временном масштабе. Для этого в программе QGIS в атрибутивную таблицу соответствующего векторного слоя добавляется поле с форматом даты. Программа предусматривает возможность выведения результатов в виде анимации в пределах установленного пользователем временного промежутка.

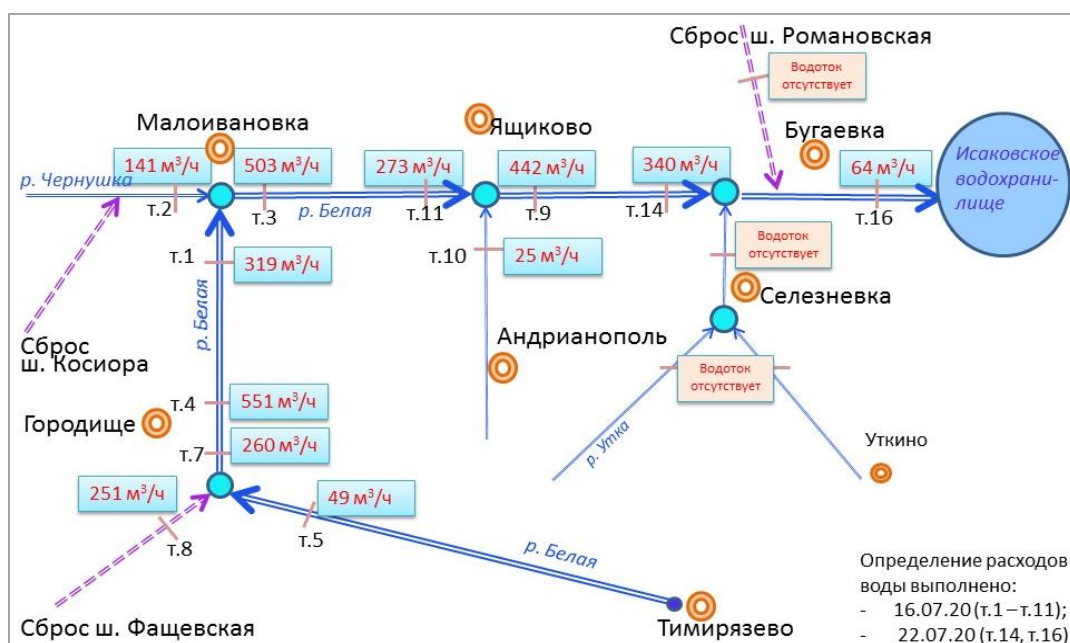


Рисунок 3 Схема определения расходов воды в сечениях р. Белой

Обобщая полученные в процессе полевых работ и камеральной обработки результаты, можно сделать следующие выводы:

– по характеру берега и дна реки Белой и питающих ее водотоков необходимо отметить сильную размывость береговых линий, при этом почти повсеместно русло загромождено остатками погибших древесно-кустарниковых насаждений, в воде наблюдается в значительных количествах водная растительность. Это существенно ухудшает качество поверхностных вод и их гидрологические характеристики, точность измерения параметров водного потока значительно уменьшается;

– при сравнении расходов воды в основном русле р. Белой и в ее природных притоках отмечается незначительный объем вод, поступающих в реку с водотоков Андрианопольской и Селезневской линий;

– значительными источниками питания р. Белой являются (или могут являться) водотоки со сбросами шахтных вод. Отметим, что данный вид питания р. Белой и, соответственно, Исаковского водохранилища является традиционным для региона и при этом наиболее простым способом решения проблемы наполнения водоема;

– данная экологическая экспедиция осветила ряд проблем, связанных с органи-

защитой и проведением наблюдений на р. Белой в комплексе с Исаковским водохранилищем. Это связано прежде всего с большой изменчивостью водного потока реки и ее русла в разные годы и разные сезоны года. И хотя река Белая относится к малым рекам Луганской Народной Республики, ее значение в регионе крайне велико: собирая воды с территорий, которые испытывают значительную антропогенную нагрузку, и питая Исаковское водохранилище — значительный водный ресурс Республики, данная река нуждается в постоянном гидроэкологическом мониторинге, организованном на современном научно-техническом уровне.

5. Направления использования ГИС-проекта для повышения экологической безопасности водных объектов региона. Направления использования ГИС-проекта «АМК.gidro» определяются необходимостью решения ряда основных задач, связанных с обеспечением экологической безопасности водных объектов региона, с одной стороны, и повышением эффективности систем водообеспечения и водоотведения на Алчевском металлургическом комбинате, с другой стороны. При этом необходимо регулярное обновление географической и экологической информации, составляющей информационную базу проекта.

Перечислим основные задачи, которые могут решаться с использованием инструментов ГИС данного проекта в отношении водных объектов, связанных с производствами Алчевского металлургического комбината:

А. Задача в широком смысле:

– сосредоточение всей необходимой информации, имеющей географическую привязку, по объектам и субъектам воздействия предприятия черной металлургии (такого, как АМК) на гидросферу с целью создания современной системы оперативного управления рационального водопользования в регионе.

Б. Задачи специального назначения:

– определение морфометрических характеристик водных объектов и оценка их

изменений. Здесь используются снимки и методы дистанционного зондирования Земли, которые позволяют использовать разновременные данные для отслеживания динамических изменений важных параметров водных объектов;

– анализ водопотребления (по точкам контроля транспортировки воды) для оперативного управления системой водоснабжения всех производств предприятия;

– совместный анализ водоотведения (по точкам сброса сточных вод) и точек мониторинга поверхностных вод в зоне воздействия предприятия с целью оперативного реагирования на регулярные и внезапные загрязнения водных объектов в результате производственной деятельности АМК;

– совместный анализ климатических, метеорологических характеристик и гидрологических параметров водоемов и водотоков, являющихся источниками поступления воды на АМК.

Выводы и направление дальнейших исследований. Создание ГИС-проекта под названием «АМК.gidro» является примером интеграции пространственных данных с экологической и технологической информацией, что делает его важным инструментом управления в экологии и природопользовании на предприятиях черной металлургии.

Дальнейшие исследования по данному направлению будут посвящены насыщению слоев проекта конкретной информацией как из прошлых периодов, так и свежими данными. Также на базе цифровых карт рельефа местности будет осуществлено геомоделирование для создания в проекте слоев бассейнового разделения территории, карт теневой отмывки рельефа, крутизны и экспозиции склонов, направлений локальных потоков и др. Будет также решаться задача дренажного анализа по определению нисходящих потоков по поверхности земли на территориях, входящих в зону воздействия АМК на гидросферу.

Библиографический список

1. Высоцкая, Е. П. Оценка экологического состояния водоемов города Алчевска [Текст] / Е. П. Высоцкая, Н. А. Филатова, Л. Е. Подлипенская // Сборник научных работ студентов Донбасского государственного технического института. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — Вып. 14. — С. 340–344.
2. Давиденко, В. А. Оценка экологического состояния водных объектов г. Алчевска методами фито- и биотестирования [Текст] / В. А. Давиденко, С. С. Швыдченко, В. С. Федорова // Научный вестник ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». — Луганск : ГОУ ЛНР «ЛНАУ», 2020. — № 8 (1). — С. 138–148.
3. Федорова, В. С. Оценка качества поверхностных вод водоёмов как объектов рекреации [Текст] / В. С. Федорова, Ю. С. Бакуменко // Экологический вестник Донбасса. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — Вып. 2. — С. 17–27.
4. Павлов, В. И. Анализ изменения составляющих водного баланса бассейна водосбора Исаковского водохранилища [Текст] / В. И. Павлов, Н. П. Кусайко, С. И. Кулакова // Экологический вестник Донбасса. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — Вып. 2. — С. 73–82.
5. Основные факторы, влияющие на наполняемость водных объектов ЛНР на примере Яновского водохранилища [Текст] / А. А. Крамаренко, А. К. Коптева, И. Л. Лысенко, О. В. Сергейчук, Н. П. Кусайко // Экологический вестник Донбасса. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — Вып. 2. — С. 60–70.
6. Изменения климата Луганщины и их прогнозирование. Основания для оптимизма [Текст] / И. Д. Соколов и др. — Луганск : ФЛП Пальчак А. В., 2017. — 200 с.
7. Подлипенская, Л. Е. Мониторинг гидрологических засух по результатам многолетних данных Центра гидрометеорологии города Луганска [Текст] / Л. Е. Подлипенская, Н. П. Кусайко, И. А. Ладыш, Долгих Е. Д. // Экологический вестник Донбасса. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — Вып. 2. — С. 83–91.
8. Экологические приложения Quantum GIS [Текст] : учебное пособие для студентов биологических специальностей / А. В. Коросов, А. А. Зорина. — Петрозаводск : ПетрГУ, 2016. — 211 с.

© Подлипенская Л. Е.

© Кусайко Н. П.

© Филатова Н. А.

© Золочевский С. П.

**Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. МЧМ ДонГТИ Проценко М. Ю.,
нач. службы экологической безопасности и производственной санитарии
управления охраны труда и промышленной безопасности
Филиала № 1 «АМК» ООО «ЮГМК» Красноносом Н. Н.**

Статья поступила в редакцию 28.03.2022.

Ph.D. Podlipenskaya L. E., Kusayko N. P., Filatova N. A., Zolochevskiy S. P. (DonSTI, Alchevsk, LPR, lida.podlipensky@gmail.com)

DEVELOPMENT OF HYDROECOLOGICAL GIS AND ITS USING IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF FERROUS METALLURGY ENTERPRISES

The paper shows the need to use geographic information systems (GIS) to improve the environmental safety of hydrosphere objects in areas with a high technogenic load. The structure of the hydroecological GIS has been developed, geospatial referencing and filling of layers with geographic and attributive information has been carried out using the example of mapping the environmental impact zone of the Alchevsk Iron-and-Steel works. Directions for GIS use at ferrous metallurgy enterprises are formulated.

Key words: geographic information system, GIS, ecology, ferrous metallurgy, Alchevsk Iron-and-Steel works, QGIS.