

УДК 504.45:620.26

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ
ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНАХ
(НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА)**

© 2014 г. В.Е. Закруткин, О.Е. Архипова, Е.В. Гибков, Г.Ю. Складенко

Закруткин Владимир Евгеньевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой геоэкологии и прикладной геохимии, геолого-географический факультет, Южный федеральный университет, ул. Зорге, 40, г. Ростов н/Д, 344090, e-mail: vezak@list.ru.

Zakrutkin Vladimir Yevgenyevich – Doctor of Geological and Mineralogical Science, Professor, Head of Department of Geoecology and Applied Geochemistry, Geology and Geography Faculty, Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: vezak@list.ru.

Архипова Ольга Евгеньевна – ведущий научный сотрудник, отдел математического моделирования и информационных технологий, Институт аридных зон Южно-го научного центра РАН, пр. Чехова, 41, г. Ростов н/Д, 344006, e-mail: arkipova@ssc-ras.ru.

Arhipova Olga Evgenievna – Leading Scientific Researcher, Department of Information Technologies and Mathematical Modeling Institute of Arid Zones of Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Chekhov St., 41, Rostov-on-Don, 344006, Russia, e-mail: arkipova@ssc-ras.ru.

Гибков Евгений Викторович – преподаватель, кафедра геоэкологии и прикладной геохимии, геолого-географический факультет, Южный федеральный университет, ул. Зорге, 40, г. Ростов н/Д, 344090, e-mail: irvict@mail.ru.

Gibkov Evgeny Viktorovich – Lecturer Department of Geocology and Applied Geochemistry, Geology and Geography Faculty, Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: irvict@mail.ru.

Склярченко Григорий Юрьевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, кафедра геоэкологии и прикладной геохимии, геолого-географический факультет, Южный федеральный университет, ул. Зорге, 40, г. Ростов н/Д, 344090, e-mail: geoeco@sfedu.ru.

Sklyarenko Grigory Yurievich – Candidate of Geological and Mineralogical Science, Associate Professor, Department of Geocology and Applied Geochemistry, Geology and Geography Faculty, Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: geoeco@sfedu.ru.

На основе комплексной оценки качества речной воды и плотности населения средствами ГИС в пределах Восточного Донбасса выделены районы, соответствующие четырем уровням гидроэкологического риска – среднему, высокому, очень высокому и экстремально высокому. Большая его часть отмечается высоким и экстремально высоким риском и заслуживает приоритетного внимания со стороны природоохранных организаций.

Ключевые слова: ГИС-технологии, гидроэкологическая ситуация, экологический риск.

On the basis of a complex assessment of quality of river water and population density means of GIS within East Donbass allocated the areas corresponding to four levels of a hydroenvironmental risk – to average, high, very high and extremely high. It is revealed that its most part is noted high – extremely high risk and deserves priority attention from the nature protection organizations.

Keywords: GIS-technologies, hydroecological situation, environmental risks.

Восточный Донбасс располагается на западе Ростовской области и охватывает территории Белокалитвинского, Красносулинского, Октябрьского, Каменского и Родионово-Несветайского административных районов. На протяжении многих лет он является одним из наиболее проблемных в экологическом отношении регионов Российской Федерации. Природный комплекс здесь подвергается интенсивному техногенному воздействию. Значительный вклад в осложнение экологической ситуации вносят предприятия угольной промышленности. Реструктуризация угледобывающей отрасли, основу которой составляет ликвидация нерентабельных шахт, заметно усилила негативные явления.

Основные экологические проблемы в регионе связаны с подъемом уровня подземных вод, подтоплением и заболачиванием территории, ухудшением качества поверхностных и подземных вод, выделением из выработок токсичных и взрывоопасных газов, активизацией микросейсмических явлений [1, 2]. Среди перечисленных экологических проблем особого внимания заслуживает ухудшение гидроэкологической обстановки. Ведь ликвидация выработанных шахт сопровождается извлечением на дневную поверхность и сбросом в поверхностные водные объекты огромных объемов техногенно измененных подземных (шахтных) вод. По сравнению с исходными подземные шахтные воды более минерализованы, содержат повышенные количества сульфатов, хлоридов, натрия, магния, железа, марганца и алюминия.

Важно отметить, что наибольшее воздействие шахтных вод испытывают малые реки Восточного Донбасса. Многие из них утратили свои природные функции, происходит массовая гибель зоо- и фитопланктона, стало невозможным использование поверхностных вод не только для питьевых нужд населения, но и водопоя скота, полива и других хозяйственных целей.

В связи с этим оценка степени загрязненности поверхностных водотоков, находящихся под влиянием ликвидированных шахт, и районирование территории

Восточного Донбасса по степени остроты гидроэкологического риска являются первостепенными задачами. Однако создание целостной картины качества воды в речной сети затруднено тем, что сеть гидрохимических наблюдений охватывает ограниченную часть исследуемой территории. В настоящее время эти затруднения возможно преодолеть с использованием ГИС-технологий. Внедрение геоинформационных методов исследований открывает широкие перспективы для анализа и прогнозирования экологической ситуации, что особенно актуально для территорий, в пределах которых одновременное воздействие осуществляется предприятиями различных отраслей промышленности (сельскохозяйственными, промышленными и горнодобывающими). При оценке влияния реструктуризации угольной промышленности на окружающую среду Восточного Донбасса можно обозначить следующие основные направления использования ГИС: пространственный анализ загрязненности речных вод и районирование территории по степени остроты гидроэкологической ситуации.

Исследования в рамках первого направления осуществлялись в два этапа. На первом этапе была построена цифровая модель рельефа (ЦМР), которая использовалась как основа для гидроэкологического районирования территории, выделены водосборные территории в пределах крупных речных бассейнов (Тузлова и Северского Донца). Затем была составлена база геоданных (БГД), в которой представлены результаты мониторинговых наблюдений за водным и гидрохимическим режимом рек.

При составлении общей базы данных учитывались также результаты проведенной ранее комплексной оценки качества речных вод Восточного Донбасса [3]. По ее результатам было определено, что наихудшим качеством отличается вода рек бассейна Тузлова. В створах большинства рек оно оценивается 5-м классом – «экстремально грязная» (табл. 1). Из 19 определяемых нормируемых ингрдиентов в воде большинства створов 9–12 являются характерными загрязняющими веществами, из них 6–9 – критическими. В

число критических входят как макрокомпоненты (сульфаты – во всех створах, ионы натрия и магния – в большинстве створов), так и микрокомпоненты ($Fe_{общ}$, Al, Mn, Cu).

Таблица 1

**Показатели загрязнения речной воды
в бассейне Тузлова**

Река	Створ	Значения УКИЗВ в створах рек	Характеристика состояния загрязнения воды
Большой Несветай	Верхний	9,18	Очень грязная
	Нижний	11,57	Экстремально грязная
Малый Несветай	Верхний	10,56	То же
	Нижний	12,42	»
Грушевка	Верхний	11,86	»
	Нижний	12,37	»
Аюта	Верхний	8,83	Очень грязная
	Нижний	10,23	» »
Атюхта	Верхний	10,08	» »
	Нижний	13,56	Экстремально грязная
Кадамовка	Верхний	9,44	Очень грязная
	Нижний	11,26	Экстремально грязная
Тузлов	Верхний	9,34	Очень грязная
	Нижний	10,13	» »

Несколько ниже загрязненность воды рек бассейна Северского Донца (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели загрязнения речной воды
в бассейне Северского Донца**

Река	Створ	Значения УКИЗВ в створах рек	Характеристика состояния загрязнения воды
Большая Каменка	Верхний	8,24	Очень грязная
	Нижний	9,32	» »
Малая Каменка	Верхний	8,13	» »
	Нижний	8,46	» »
Калитва	Верхний	7,16	Грязная
	Нижний	9,12	Очень грязная
Лихая	Верхний	7,47	Грязная
	Нижний	7,02	Очень грязная
Быстрая	Верхний	7,55	Грязная
	Нижний	8,39	Очень грязная
Кундрючья	Верхний	8,61	» »
	Нижний	10,66	» »
Большая Гнилуша	Верхний	9,06	» »
	Нижний	10,34	» »
Северский Донец	Верхний	3,14	Загрязненная
	Нижний	3,82	»

Качество воды здесь по результатам комплексной оценки варьирует в пределах от 3-го класса – «загрязненная» до 4-го класса разряда «в» – «очень грязная». Самый высокий уровень загрязненности отмечается на всех створах наблюдений рек Большая Каменка, Кундрючья, Большая Гнилуша, а также в устье р. Калитва.

Из числа нормируемых ингредиентов здесь также больше половины (9–12) являются характерными загрязняющими веществами. Число же критических

показателей загрязнения (КПЗ) несколько меньше, чем в воде рек бассейна р. Тузлов и составляет обычно 3–6, хотя в воде рек Лихая, Кундрючья, Большая Гнилуша на участках, наиболее интенсивно загрязняемых шахтными водами, оно достигает 7–8.

В их состав так же, как и в бассейне Тузлова, входят соединения $Fe_{общ}$, Al, Mn, Cu, из макроэлементов – ионы магния и сульфаты. Однако следует учитывать, что такая оценка качества воды проводилась по отдельным створам, в некоторых случаях достаточно удаленным друг от друга в пространстве.

Поэтому на втором этапе для определения загрязненности речной воды на участках, не охваченных сетью мониторинга, применен компартментальный (камерный) метод, при котором русло реки разбивается на отрезки, информация в их пределах обобщается и используется для определения уровня загрязнения в контрольных точках [4]. Все используемые модели расчета концентрации примесей включены в банк моделей, опираются на единую организацию построения графа расчетной сети, единую информационную базу и общую схему функционирования моделей.

Получение итоговых результатов по второму этапу исследований предполагало выполнение следующих процедур: вычисление ранжированных индексов качества воды, выявленных с учетом характерных загрязняющих веществ, и определение качества речной воды для участков, не охваченных регулярной сетью мониторинга.

Для расчета ранжированных индексов качества выявлены основные вещества и показатели, вносящие основной вклад в загрязнение реки. На основании статистической обработки сформированы группы критических показателей по загрязняющим веществам. Затем для каждого отдельного участка реки произведен расчет уровня загрязненности. Сравнение полученных результатов осуществлялось по интегральному индексу качества воды, рассчитанному на основе оценки превышения концентрации загрязнителей над уровнем соответствующей допустимой концентрации и его повторяемости (УКИЗВ). На рис. 1 представлены результаты определения УКИЗВ по описанной модели и пример визуализации представленных результатов для р. Лихая (бассейн Северского Донца).

На основании этих результатов можно с большой точностью выявлять участки речной сети с различными уровнями загрязненности, что является необходимым условием при проведении районирования территории региона по степени остроты гидроэкологического риска. Существующие в нашей стране подходы к оценке гидроэкологического риска предполагают использование в качестве основных критериев степени загрязненности рек и плотности населения [5]. Для дифференциации речной сети по степени риска было выделено пять интервалов по уровню загрязненности – от 1 до 5, которые соответствуют классам качества воды по результатам комплексной оценки.



Рис. 1. Результаты моделирования загрязненности реки Лихая

При ранжировании территории по плотности населения использовались критерии, предложенные при комплексной оценке состояния окружающей среды Ростовской области [6]. Для этих показателей в программе ArcGis были составлены тематические слои, в которых для территории Восточного Донбасса производится районирование территории в соответствии с уровнем загрязненности речной воды и плотности сельского населения (рис. 2).

Итоговый балл, отражающий уровень гидроэкологического риска, определялся по формуле $B_p = \sqrt{B_1 \times B_2}$, где B_1 – оценка состояния речных вод по УКИЗВ; B_2 – балльная оценка плотности населения; B_p – балльная оценка уровня гидроэкологического риска.

Использование возможностей программы ArcGis позволило выделить для Восточного Донбасса территории, соответствующие 4 уровням гидроэкологического риска: экстремально высокому, очень высокому, высокому и среднему (табл. 3).

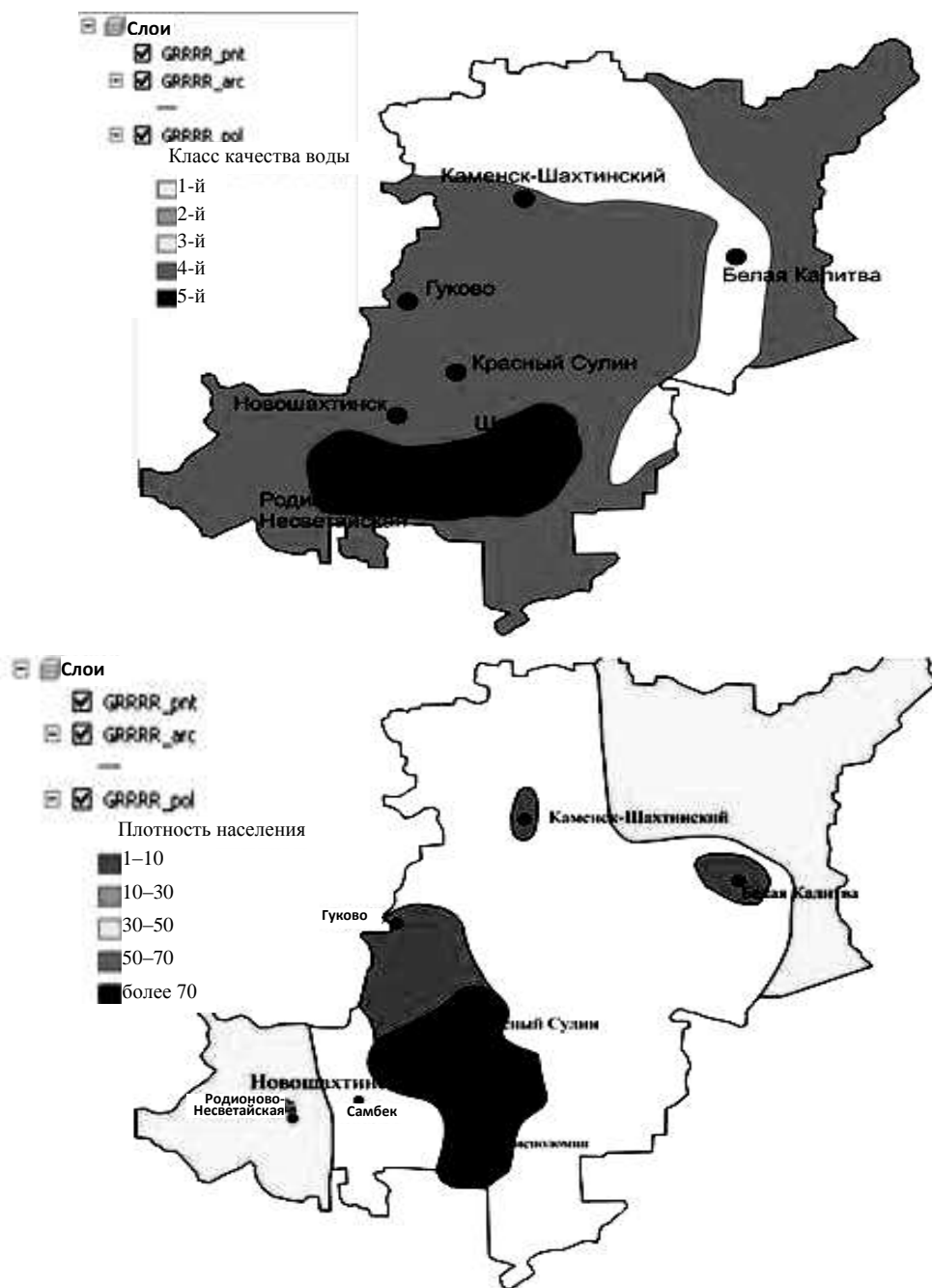


Рис. 2. Районирование Восточного Донбасса: а – по уровню загрязнения речной воды; б – по плотности населения

Таблица 3

Показатели гидроэкологического риска для отдельных территорий Восточного Донбасса

Уровень риска	Ранг		Суммарный индекс	Территории, отвечающие определенному уровню риска
	Плотность населения	Уровень загрязнения		
Средний	2	4	2,8	Восточная часть региона
	1	5	2,2	Юго-западная часть Восточного Донбасса
Высокий	2	5	3,1	Центральная часть Восточного Донбасса; к северу от г. Новошахтинска и п. Самбек
Очень высокий	4	5	4,4	Агломерации г. Белая Калитва и г. Каменска-Шахтинского, ст. Родионово-Несветайская
Экстремально высокий	5	5	5	Между, г. Новошахтинск, Шахты, п. Каменоломни

Наибольшим гидроэкологическим риском характеризуется территория в районе г. Шахты, где наряду с высокой степенью загрязнения речных вод отмечается наибольшая плотность населения (рис. 3). Здесь же сосредоточено и наибольшее количество ликвидируемых шахт.

Очень высокий гидроэкологический риск отмечается для территорий, прилегающих к городам Белая Калитва, Красный Сулин, Каменск-Шахтинский и Новошахтинск. Около половины исследуемой территории находится в зоне среднего риска, что обусловлено, прежде всего, низкой (в юго-западной части) и средней (на востоке) плотностью населения.

Таким образом, результаты оценки состояния загрязненности речных вод одного из наиболее депрессивных регионов РФ и пространственного моделирования с использованием ГИС-технологий позволили получить более полную картину гидроэкологической обстановки в регионе, чем при традиционных методах исследования, когда анализ ограничивался данными по отдельным створам мониторинговых наблюдений.

Результаты исследования достаточно убедительно указывают на необходимость неотложной разработки и реализации соответствующих мероприятий, направленных на снижение негативного влияния техногенных шахтных вод на природную среду. При этом, как свидетельствуют итоги районирования по степени гидроэкологического риска, приоритетного внимания со стороны природоохранных организаций заслуживает по меньшей мере 50 % территории Восточного Донбасса.

Литература

1. Мохов А.В., Журбицкий Б.И., Карасев Г.К., Дымна А.И. Влияние угольного комплекса на геоэкологическую ситуацию // Проблемы и перспективы комплексного освоения мине-

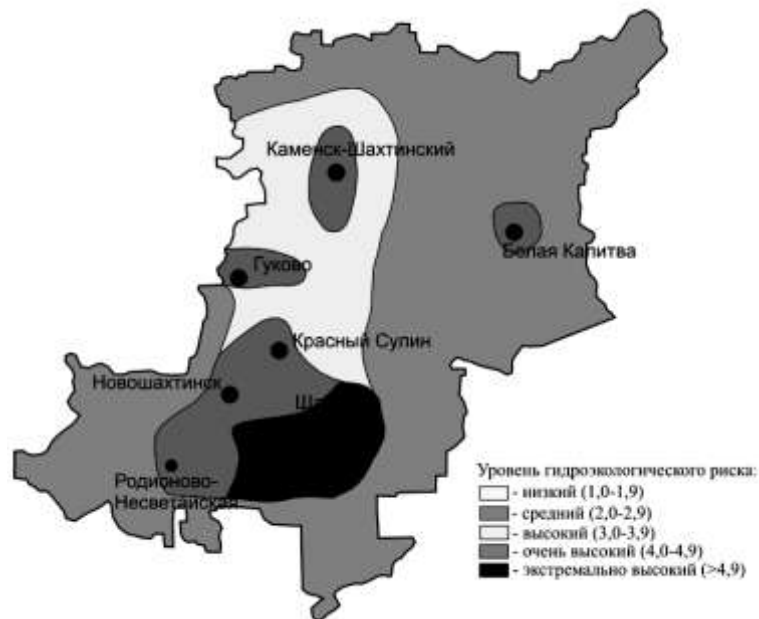


Рис. 3. Районирование Восточного Донбасса по степени остроты гидроэкологического риска

ральных ресурсов Восточного Донбасса. Ростов н/Д, 2005. С. 129 – 138.

2. Приваленко В.В. Загрязненность поверхностных вод // Проблемы и перспективы комплексного освоения минеральных ресурсов Восточного Донбасса. Ростов н/Д, 2005. С. 143 – 147.

3. Закруткин В.Е., Иваник В.М., Гибков Е.В. Оценка влияния реструктуризации угольной промышленности на гидроэкологическую ситуацию в Восточном Донбассе // Изв. РАН. Сер. географическая. 2010. № 5. С. 94 – 102.

4. Архипова О.Е., Сурков Ф.А. Геоинформационная среда оценки качества поверхностных вод бассейна Нижнего Дона // Комплексные гидробиологические базы данных: ресурсы, технология, использование. Ростов н/Д, 2005. С. 35 – 46.

5. Долгов С.В. Гидроэкологические последствия современных изменений хозяйственной деятельности (в Курской области) // Россия и ее регионы: внешние и внутренние экологические угрозы / под ред. Н.Н.Клюева. М., 2001. 216 с.

6. Экологический атлас Ростовской области / под ред. В.Е. Закруткина [и др.]. Ростов н/Д, 2000. 120 с.