



УДК 504.058, 504.064.2.001.18

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД НА ВОДНОСТЬ РЕК БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ <sup>1</sup>****О.А. Чепелев <sup>1</sup>,****В.И. Пичура <sup>2</sup>, Я.В. Павлюк <sup>1</sup>,****О.М. Самофалова <sup>1</sup>,****Э.А. Терехин <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85, E-mail: samofalova@bsu.edu.ru; pavlyuk@bsu.edu.ru

<sup>2</sup>ГВУЗ «Херсонский государственный аграрный университет», Херсон, Украина, 73006, Херсон, ул. Р. Люксембург, 23

С применением методов нелинейного оценивания и анализа временных рядов изучены данные гидрологических наблюдений на реках, испытывающих воздействие объектов горнорудной промышленности (Оскол, Осколец). Выделены периоды со сходной динамикой среднегодовых расходов воды, установлена доля изменений, связанных с антропогенным влиянием с использованием метода естественного аналога. В качестве реки эталона рассматривался Северский Донец в его верхнем течении. Установлено, что, не смотря на высокую степень зарегулированности стока р. Оскол, в настоящее время его динамика подчиняется природным закономерностям. Однако, в настоящее время природные климатические факторы определяют только 50% колебаний водности реки Осколец.

Ключевые слова: водность рек, горнорудная промышленность, статистический анализ.

**Введение**

Влияние горнодобывающих предприятий на гидрологический режим территории – многоаспектная геоэкологическая проблема. Работы по водопонижению на объектах КМА были начаты на самых ранних этапах освоения ее запасов. Наибольшего масштаба изменение гидрологического режима подземных вод достигло после ввода в строй Лебединского карьера. Мероприятия по водопонижению в карьерах привели к образованию депрессионной воронки площадью 380 км<sup>2</sup>, на площади более 75 км<sup>2</sup> уровень подземных вод понижен более чем на 10 м [1]. В настоящее время р. Осколец течет «подвешенной» над депрессионной воронкой, а ее существование связано только с наличием местного водоупора. По сообщениям ученых [2, 3], непосредственно в р. Осколец Лебединский ГОК сбрасывает воды в количестве порядка 10 млн. м<sup>3</sup> в год (48% от среднегодового расхода воды). ОАО «Стойленский ГОК» сбрасывает дренажные воды хвостохранилища в р. Чуфичка, производственные воды в балку Волчий Лог, из которой они попадают в р. Чуфичка, в количестве порядка 3 млн. м<sup>3</sup> в год (0.095 м<sup>3</sup>/с). По данным В.П. Самариной около 70% вод, откачиваемых при осушении месторождений КМА, поступает в реки Осколец, Чуфичка напрямую или в виде неорганизованного рассеянного сброса через купола растекания хвостохранилищ и отстойников, меняя водные режимы указанных рек [4]. Л.К. Решетниковой [5] проведены исследования, согласно которым годовой сток р. Оскол уменьшился на 33% после 1972 г, в связи с поэтапным вводом в строй Старооскольского водохранилища к 1976 г. Стокорегулирующая роль водохранилища не позволяет в полной мере проявляться тенденциям изменения водности реки, обусловленным влиянием объектов горнорудной промышленности, а изучение этих процессов сопряжено с необходимостью отдельного рассмотрения двух больших периодов: до и после создания водохранилища.

**Объекты и методы исследования**

Проведенные нами исследования ставили своей целью выделить антропогенно обусловленную часть динамики водности рек, в бассейнах которых ведется добыча железных руд КМА. Для этого статистическому анализу с использованием методов нелинейного оценивания, анализа временных рядов и искусственных нейросетей были подвергнуты ряды данных среднегодовых расходов воды рек Оскол и Осколец, предоставленные отделом гидрологических наблюдений Белгородского ЦГМС. Ряд данных, полученный на водомерном посту в г. Старый Оскол, охватывает период времени с 1933 по 2007 г. Дополнительно был изучен ряд гидрологических наблюдений по р. Осколец с 1933 по 2007 г., как реки, в наибольшей степени подверженной влиянию деятельности горно-обогатительных предприятий.

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 12-05-97510-р\_центр\_а, гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области (договор № Г-03 от 10.11. 2013 г.).

### Результаты и их обсуждение

Анализ динамики среднегодовых расходов воды р. Оскол показал, что в ряде наблюдений можно выделить три основных периода. Первый период (1933–1958 гг.) характеризуется стабильной положительной вариационной динамикой ряда. Колебания расходов в этот период связаны с естественными причинами – изменением климатических параметров, т. к. работы по строительству гидротехнических сооружений или водоотбору в этот период не проводились.

Второй период (1959–1975 гг.) может быть охарактеризован, как стабильно отрицательное вариационное формирование стока реки с явным увеличением стока в начале периода и явно выраженной отрицательной трендовой составляющей. После сооружения водохранилища амплитуда колебаний водности р. Оскол снизилась. Третий период (1976–2007 гг.) связан, со стабильным вариационным формированием стока реки с незначительным проявлением отрицательной трендовой составляющей (рис. 1). В целом за три периода можно наблюдать уменьшение среднего значения расходов реки на 0.83 м<sup>3</sup>/с (18.51%).

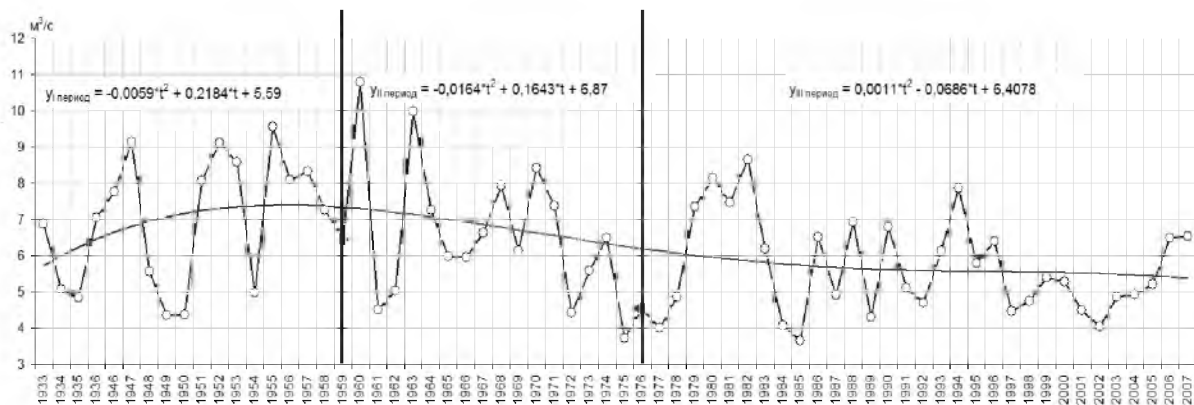


Рис. 1. Динамика среднегодовых расходов воды р. Оскол (1933–2007 гг.)

Динамика расхода воды в р. Оскол достаточно хорошо описывается моделью, построенной по климатическим рядам данных (среднегодовой температурой и количеством осадков), т. е. изменение среднегодовых расходов подчиняется естественным закономерностям. Коэффициент корреляции влияния климатических факторов на динамику стока реки составил – 0,89. Доля дисперсии, объясненная влиянием климата равна 0.80.

С целью разработки среднесрочного прогноза изменения водности р. Оскол был выполнен анализ методом авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего (АРПСС или ARIMA). В результате анализа была получена модель для прогнозирования динамики стока р. Оскол вида (1,1,1)(2,0,0) с сезонным лагом, выявленным на этапе сезонной декомпозиции –13. Коэффициент корреляции фактических и расчетных значений составил – 0.89. Достоверность модели – 79.6%. По созданной модели на этапе прогнозирования были рассчитаны значения среднегодового расхода воды для р. Оскол на период с 2007 по 2020 г. Так как имевшийся ряд эмпирических данных заканчивался в 2007 г., результаты исследования были переданы в отдел гидрологических измерений Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды для прямой оценки достоверности прогноза. По данным Белгородского ЦГМС в 2008–2011 гг. среднегодовой расход воды в р. Оскол на водомерном poste «Старый Оскол» отличается от прогнозных значений на 3.5–22.9%, что является удовлетворительным результатом (рис. 2). Установлено, что в период с 2012 по 2020 г. среднегодовые расходы будут изменяться в пределах от 4.25 до 5.94 м<sup>3</sup>/с при среднем значении 5.28 м<sup>3</sup>/с.

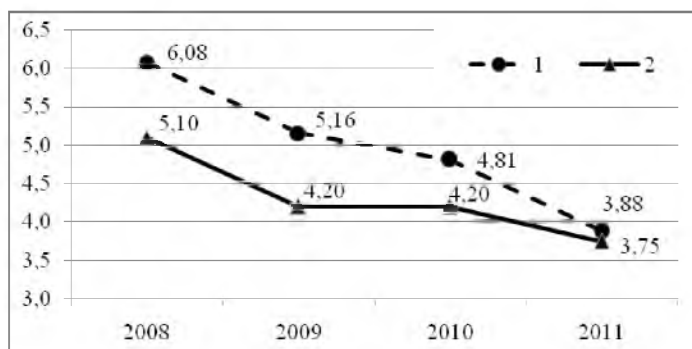


Рис. 2. Полученные по модели (1) и фактические значения (2) расходов воды в р. Оскол за 2008–2011 гг., м<sup>3</sup>/с



Несколько иные результаты получены при анализе временного ряда изменения среднегодовых расходов воды в р. Осколец. Эта река – правый приток Оскола – не имеет крупных гидротехнических сооружений. Воды р. Осколец текут в 600 м к северу от края Лебединского карьера и в 2 км от Стойленского, что приводит к существенному изменению гидрологического и гидрохимического режимов реки [3, 4, 6, 7]. В динамике ряда среднегодовых расходов Оскольца выделяются два основных периода (рис. 3).

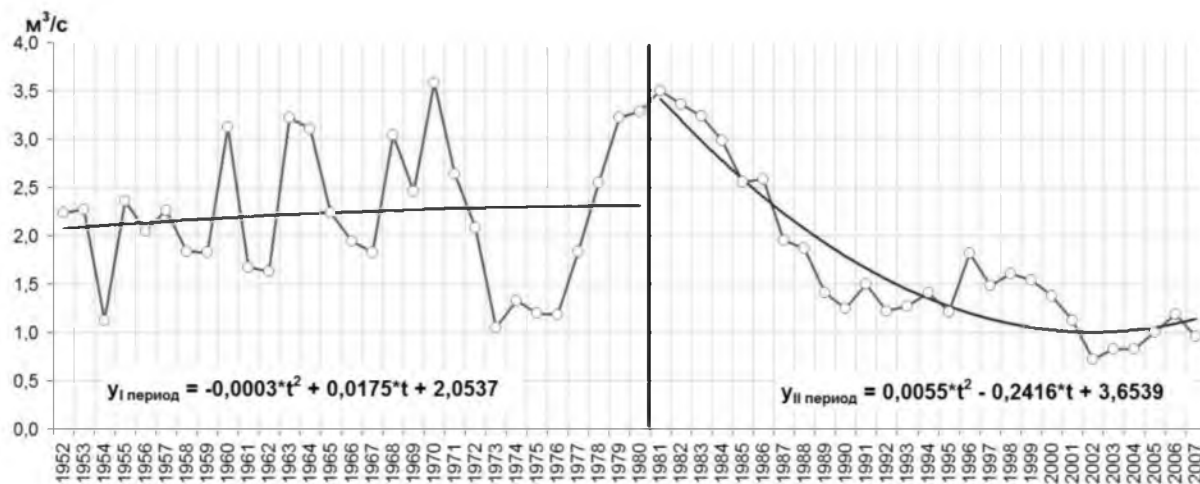


Рис. 3. Изменение среднегодовых расходов воды в р. Осколец

Первый период (1952–1980 гг.) характеризуется стабильной вариационной динамикой ряда со слабовыраженной положительной трендовой составляющей, что указывает на устойчивое (стабильное) формирование стока реки. В первом периоде выделяется минимум 1973–1976 г., который совпадает с аналогичным периодом минимальных расходов на р. Оскол (1972–1977 гг.). Есть основания полагать, что маловодный период вызван естественными причинами. На р. Оскол в это время уже заполнялось водохранилище, что привело к сглаживанию колебаний стока и продлению маловодного периода на один год. Годы ввода в эксплуатацию Лебединского и Стойленского карьеров (1971 и 1983 гг.) на графике четко прослеживаются как точки, после прохождения которых, среднегодовой расход воды в р. Осколец сокращается.

Начало активного освоения железистых кварцитов на карьере Стойленского ГОКа ознаменовало начало второго периода в динамике водности Оскольца (1981–2007 гг.), на протяжении которого имеет место нестабильное вариационное формирование стока реки с явной отрицательной трендовой составляющей. Это может быть объяснено сочетанием влияния климатических факторов и антропогенного воздействия, связанного с проведением водопонижения и последовавшим сокращением питания реки из подземных источников.

Таким образом, в ходе проведения исследований не нашел подтверждения тезис о том, что в результате антропогенного влияния, сток р. Осколец за последние 20 лет увеличился на 30% [1]. По имеющимся данным произошло сокращение среднегодовых расходов воды приблизительно на 25%, что согласуется с данными исследований С.А. Колмыкова [6].

Для выявления антропогенно обусловленной составляющей динамики среднегодового расхода воды в р. Осколец был использован метод естественного аналога. В качестве такого аналога рассматривали Северский Донец в верхнем течении (водомерный пост «Киселево»). В период до 1980 г. р. Северский Донец и р. Осколец имеют сходную вариационную динамику. В рядах прослеживаются одинаковые экстремумы и сходная амплитуда колебаний водности. Аппроксимация обоих рядов полиномиальным трендом дает очень похожие результаты (рис. 4).

В то же время, начиная с 1967 г. водность р. Северский Донец изменяется на более высоком уровне, чем у р. Осколец. С 1980 г. эти изменения становятся особенно заметными: временной ряд среднегодовых расходов воды для Северского Донца сохраняет базовый уровень колебаний, а для Оскольца прослеживается выраженная тенденция к снижению стока вплоть до конца изученного ряда наблюдений (2007 г.).

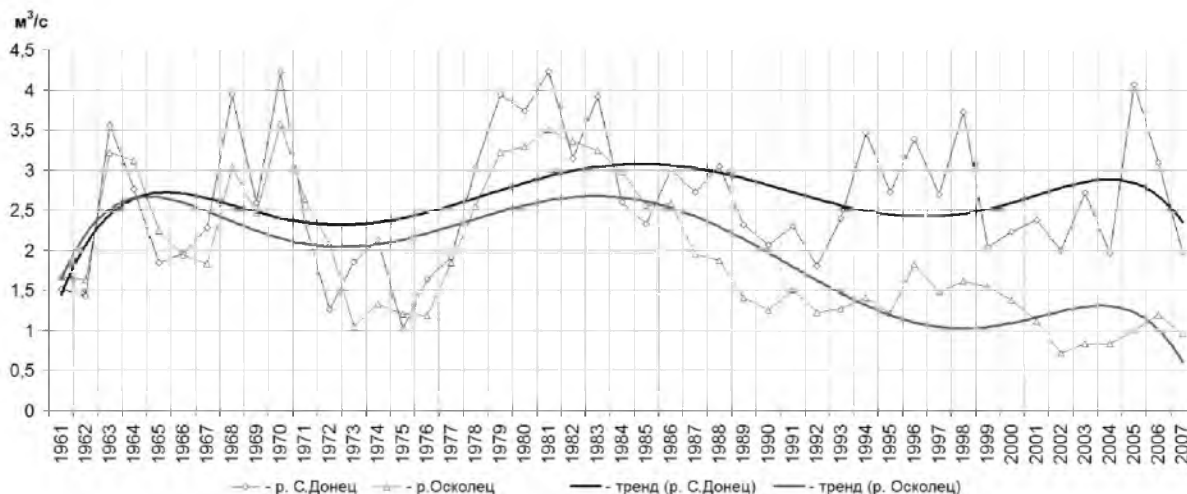


Рис. 4. Динамика среднегодового стока р. Северский Донец и р. Осколец

Нами была проведена оценка тесноты связи между значениями среднегодовых расходов воды для рек Северский Донец и Осколец по двум, выявленным ранее, периодам. Результаты корреляционно-регрессионного анализа указывают на то, что в первом периоде (1961–1980 гг.) доля природных факторов в формировании стока р. Осколец составляла 87,5% ( $\pm 5\%$ ). Во втором периоде (1981–2006 гг.) ослабевающая связь рядов данных свидетельствует о включении антропогенных механизмов регуляции стока р. Осколец, которые приводят к отклонению временного ряда от естественного режима динамики. Результаты дают основание полагать, что во втором периоде природные факторы объясняют только 49,7% ( $\pm 5\%$ ) изменчивости стока. Таким образом, наблюдается увеличение антропогенного влияния на динамику стока р. Осколец в 4 раза.

### Заключение

В ходе проведенных исследований установлено, что для исследуемых рек, в бассейне которых ведется добыча железных руд Курской магнитной аномалии в настоящее время характерна нестабильная вариационная динамика изменения среднегодовых расходов воды с четко выраженным отрицательным трендом. Нисходящий тренд наблюдается с 1980 г. в ряде среднегодовых расходов воды Оскола и Оскольца. За последние 20 лет среднегодовые расходы воды в реке Осколец снизились на 25 %. Удалось установить, что в настоящее время природные климатические факторы определяют около 50 % колебаний водности этой реки.

\*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 12-05-97510-р\_центр\_а, гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области (договор № Г-03 от 10.11. 2013 г.).

### Список литературы

1. Хрисанов В.А., Петин А.Н., Яковчук М.М. Геологическое строение и полезные ископаемые Белгородской области: учеб. Пособие / Белгород: Издательство БелГУ, 2000. – 245 с.
2. Геоэкологическая ситуация малых рек в зоне влияния Старооскольско-Губкинского промышленного узла / А.Г. Корнилов, А.Н. Петин, М.Г. Лебедева, С.Н. Колмыков // Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки». – 2009. – №11 (6). Вып. 9/2. – С. 101–108.
3. Сравнительная характеристика воздействия горнодобывающих предприятий КМА на экологическую ситуацию рек Белгородской области / А.Г. Корнилов, С.Н. Колмыков, Е.В. Кичигин, Л.Ю. Гордеев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №6. – С. 134–139.
4. Самарина В.П. Влияние инженерно-хозяйственной деятельности в регионе КМА на экологическое состояние речных вод // Геохимия. – 2008. – №9. – С. 998–1005.
5. Решетникова Л.К., Лебедева М.Г. Изменение водного режима рек юга Центрально-Черноземного региона в условиях возрастающей техногенной нагрузки на рубеже XX-XXI вв. // Геология, география и глобальная энергия. – 2009. – №2 (33). – С. 72–76.
6. Колмыков С.Н. Гидрохимический анализ состояния рек, подверженных влиянию горнодобывающей промышленности на территории: автореф...канд. геогр. наук. – Белгород, 2008 – 33 с.
7. Косинова И.И. Теория и методология крупномасштабных эколого-геологических исследований: Автореф... докт. геол.-мин. наук. – М.: МГУ, 1999 г – 45 с.



## ASSESSMENT OF MINING IRON ORE ON THE WATER AVAILABILITY IN BELGOROD REGION

**D.A. Chepelev**<sup>1</sup>, **V.I. Pichura**<sup>2</sup>,  
**Y.V. Pavlyuk**<sup>1</sup>, **O.M. Samofalova**<sup>1</sup>,  
**E.A. Terekhin**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia, 308015, Belgorod, street Pobedi, 85,*

<sup>2</sup> *Kherson State Agrarian University, 23 R. Luxembourg St, Kherson, 73006, Ukraine*

*E-mail: pavlyuk@bsu.edu.ru*

With the application of nonlinear methods of estimation and analysis of time series the data of hydrological observations on rivers impacted by mining industry (the Oskol, the Oskolets) are examined. Periods of similar dynamics of average annual water consumption are isolated, the share of changes associated with anthropogenic influence is established, using the method of the natural counterpart. The river Seversky Donets is considered as a standard in its upper reaches. It is found that, despite the high degree of flow regulation of the Oskol River, now its dynamics obeys natural laws. The study showed that the current natural climatic factors account for about 50 % of the variation of water content of the Oskolets River.

Keywords: water content, mining, statistical analysis.