РАЗДЕЛ 2

ГЕОИНФОРМАТИКА И УЧАСТИЕ ОБЩЕСТВЕННОСТИ В ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И В УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ИСТОРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ РЕЧНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Н. Петин, М.А. Петина*, М.Г. Лебедева*, В.Г. Белеванцев**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»
(НИУ «БелГУ»)*

Белгород, Россия, petin@bsu.edu.ru, petina_m@bsu.edu.ru, lebedeva_m@bsu.edu.ru, belaral@bk.ru

APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES IN HISTORICAL ANALYSIS OF RIVER SYSTEMS ON AN EXAMPLE BELGOROD REGION

A.N. Petin, M.A. Petina*, M.G. Lebedeva*, V.G. Belevantsev**

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education
'Belgorod National Research University'
Belgorod, Russia*

petin@bsu.edu.ru, petina_m@bsu.edu.ru, lebedeva_m@bsu.edu.ru, belaral@bk.ru

Abstract. Historical and cartographic analysis with the use of GIS technologies showed that in the basin of Pena river (the basin of Dnepr) in the late nineteenth century the decline of the river network was 27%, and by the end of the XX century – 29% in comparison with the end of the XVIII century. In the basin of the Black Kalitva (Don river basin), these values amounted to 67% and 75% respectively. The maximum degradation marks of the river network in the basin of the Black Kalitva were traced for the period from the 1780s through the 1880s. In both observed basins the rivers of 3–5 orders were exposed by the maximal degradation as a result of destroying from the mid-nineteenth century a considerable part of the ravine forests in their source areas (west of the region) and practically complete agricultural development of natural steppes in the east of the territory.

Keywords: GIS technologies, the river network, agricultural development, hydrographie.

Введение. Одним из регионов, подвергшихся активному хозяйственному освоению и значительному антропогенному преобразованию природной среды, является юг Среднерусской возвышенности. Определение количественных и качественных показателей природных компонентов в начальные и последующие этапы хозяйственного освоения территорий позволяет оценить степень антропогенной нагрузки и пути минимизации негативных проявлений для компонентов природной среды.

Состояние природной среды и ее антропогенная трансформация на юге Среднерусской возвышенности исследовались многими учеными [11]. Однако работ, в которых освещаются вопросы деградации речной сети Белгородской области, значительно меньше [19].

Имея относительно густую речную сеть, реки региона не отличаются полноводностью, что объясняется климатом, равнинным характером территории и близостью к водораздельной оси между бассейнами Дона и Днепра.

Материалы и методы. Проведена реконструкция речной сети Белгородской области и историко-картографический анализ ее изменений на примере бассейнов двух рек: на западе региона – р. Пены (бассейн р. Днепр – лесостепной ландшафт) и на востоке – р. Чёрной Калитвы (бассейн р. Дон – степной ландшафт).

Письменные источники, используемые для реконструкции состояния природной среды и ее антропогенных изменений за последние 200 лет, недостаточны и разрознены. Поэтому, на наш взгляд, наиболее полную информацию об изменении во времени различных компонентов геосистем можно получить путем исследования карт периодов Генерального (конец XVIII в.) и Специального межеваний (середина – конец XIX в.), а также других картографических источников Российской империи в контексте их сравнительного анализа с современными картами.

В данном исследовании применяется, в основном, историко-картографический метод, практическое значение и продуктивность использования которого освещается рядом авторов [2,3] и геоинформационные технологии [8].

Ключевыми материалами исследования являются карты разных периодов:

- генерального межевания, представляющие собой нетопографические цветные карты конца XVIII в., с масштабами 1:42 000 1:84 000 [10],
- конца XIX начала XX вв. – военно-топографические карты Российской Империи, в масштабе

1:126 000 [13–18],

- современного периода (конец XX в.) – топографическая карта Белгородской области в масштабе 1:200 000 [12].

При помощи геоинформационных систем была произведена обработка карт, включающая их оцифровку, выделение на картах изучаемых компонентов, расчёты количественных показателей компонентов. Для обработки материалов использовалось программное обеспечение БелГИС (разработчик ОАО «ВИОГЕМ») обладает возможностью подключения различных структур баз данных, имеет единый формат их хранения и представления, удобный и интуитивно понятный интерфейс, а также имеет возможность создания и редактирования пространственно-координированной информации [20]. В результате были определены характеристики речной сети в бассейнах Пены и Чёрной Калитвы в пределах Белгородской области по состоянию на конец XVIII, конец XIX и конец XX вв. (рис. 1).

Рис. 1. Речная сеть бассейнов: а) Пены и б) Чёрной Калитвы Белгородской области в 1780-е, 1880-е и 1980-е гг.

Результаты. Анализ состояния речной сети в разные исторические периоды позволяет наблюдать существенные отличия в скорости деградации рек Белгородской области в разных ее частях, примером чему

служит исследование бассейнов двух рек примерно одинаковой площади и протяженности – Пены и Чёрной Калитвы (рис. 1).

В границах Белгородской области площади изучаемых бассейнов рек составили: Пены – 1 066 км², Чёрной Калитвы – 1 276 км². На начальный период исследования (конец XVIII в.) речная сеть бассейна Пены по протяженности превосходила бассейн Чёрной Калитвы на 9 %.

В бассейне Пены на конец XVIII в. протяженность и густота рек составляла 345 км и 0,32 км/км² соответственно. К концу XIX в. данные показатели составляли 253 км и 0,24 км/км², а к концу XX в. – 244 км и 0,23 км/км² соответственно. Сокращение протяженности рек и их густоты в бассейне Пены за период с конца XVIII в. по конец XIX в. составило 27%, а к концу XX в. показатели деградации речной сети составили лишь 29% от уровня конца XVIII в. Из чего видно, что максимальное сокращение вышеуказанных показателей произошло с конца XVIII в. по конец XIX в.

В бассейне Чёрной Калитвы протяженность и густота рек в конце XVIII в. составляла 315 км и 0,25 км/км² соответственно. К концу XIX в. данные показатели были равны 104 км и 0,08 км / км², а к концу XX в. – 79 км и 0,06 км/км² соответственно. Если с конца XVIII в. по конец XIX в. сокращение длины и густоты речной сети уже составило 77%, то к концу XX в. показатели деградации речной сети увеличились лишь до 75% от уровня конца XVIII в., т.е. деградация рек в рассматриваемом бассейне в XIX–XX вв. привела к сокращению длины и густоты речной сети в 4 раза по сравнению с показателями конца XVIII столетия (табл. 1).

Таблица 1

Некоторые показатели изменения речной сети в бассейнах Пены и Чёрной Калитвы (Белгородская область) за 200 лет

Исторический период	Бассейн р. Пена. Площадь 1066 км ²		Бассейн р. Чёрная Калитва. Площадь 1276 км ²	
	Длина речной сети в км	Густота речной сети в км на км ²	Длина речной сети в км	Густота речной сети в км на км ²
1780-е гг.	345	0,32	315	0,25
1880-е гг.	253	0,24	104	0,08
1980-е гг.	244	0,23	79	0,06

В бассейне Пены в 1780-х гг. суммарная длина рек 1-2 порядков составляла 223 км, а 3–4 порядков – 122 км, к концу XIX в. реки 1–2 порядков имели длину 194 км, 3–4 порядков – 59 км. К настоящему времени длина рек 1–2 порядка сократилась до 185 км, а реки 3–4 порядков по протяжённости, как и в конце XIX в., соответствуют 59 км. С конца XVIII в. по конец XIX в. произошло сокращение протяженности рек 1–2 порядка на 13%, 3–4 порядков на 52%. За 200 летний период сокращение речной сети по рекам 1–2 порядка составило 17%, а по рекам 3–4 порядка, как и в период с конца XVIII в. по конец XIX в., более чем на 52%.

В бассейне Чёрной Калитвы в 1780-х гг. реки 1–2 порядков составляли 315 км, а 3–5 порядков – 96 км, к концу XIX в. эти значения составили 1–2 порядков – 94 км, 3–4 порядков (реки и ручьи 5 порядка исчезли) – 10 км. К настоящему времени эти цифры соответствуют по рекам 1–2 порядка – 78 км и 2 км лишь по рекам 3 порядка соответственно (исчезли реки и ручьи 4 порядка). С конца XVIII в. по конец XIX в. произошло сокращение протяженности рек 1–2 порядка на 70%, 3–5 порядков на 90%, а за 200 лет сокращение речной сети по рекам 1–2 порядка составило 75%, а по рекам 3–5 порядка более чем на 99 %.

Сравнительный бассейновый анализ степени деградации речной сети (рис. 1, табл. 2) выявил, что наиболее значительное сокращение длины водотоков произошло в бассейне Чёрной Калитвы. Наибольшему сокращению подверглись реки 2-го порядка, причем особенно сильно этот процесс проявился в верхнем и среднем течении рек. Здесь полностью исчезли реки 5-го порядков и практически полностью 3 и 4 порядков (1% и 0,2% от 100% показателей конца XVIII в.) уже к концу XIX в., которые в настоящее время являются временными водотоками, функционирующими лишь в наиболее влажные сезоны года (рис. 1, 2).

Как видно из расчетов, в результате антропогенной деградации (сведение лесов на западе области и увеличение распаханности территории на востоке), уже к концу 1880-х гг. в значительной степени пострадали малые реки.

Столь существенная деградация водоформирующих (3–5 порядков) рек связана со сведением к середине XIX в. значительной части байрачных лесов в их истоковых участках и распашкой естественных степей [3]. Негативные изменения с крупными реками изучаемых речных бассейнов оказались незначительными для р. Пены (бассейн Днепра) и весьма значимыми для р. Чёрной Калитвы (бассейн Дона). В частности, р. Пена по длине осталась неизменной, а Чёрная Калитва сократилась по длине на 9 км. Расчетные данные длин рек разных порядков за три исторических периода приводятся в табл. 2.

При одинаковой степени освоения территории на востоке, по сравнению с западом, области показатели деградации речной сети значительно выше. Бассейн Чёрной Калитвы, по сравнению с бассейном Пены, с конца XVIII в. по конец XIX в. уступает по протяженности рек, с сокращением речной сети пропорцио-

нально в 27% и 67% . Эти тенденции сохраняются и к настоящему времени с соответствующими показателями в 29% и 75%.

Следовательно, за исследуемые периоды с конца XVIII в. по конец XIX в. – значительно, а с конца XIX в. по конец XX в. – умеренно, деградация речной сети, в общей её протяженности, прослеживается в бассейне Чёрной Калитвы.

а)

б)

в)

Рис. 2. Длина рек разных порядков в бассейнах изученных рек:
а) в 1780-х гг., б) в 1880-х гг., в) в 1980-х гг.

Таблица 2

Изменение характеристик речной сети бассейнов рек Пены и Чёрной Калитвы с 1780 по 1980 гг.

Характеристики	1780-е гг.					1880-е гг.					1980-е гг.				
	Порядковый номер рек					Порядковый номер рек					Порядковый номер рек				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
р. Пена (бассейн р. Днепр)															
Число рек	1	19	40	9	–	1	10	18	4	–	1	11	18	5	–
Длина в км	58	165	106	16	-	58	136	51	8	-	58	127	50	9	-
р. Черная Калитва (бассейн р. Дон)															
Число рек	1	19	20	14	3	1	6	1	1	-	1	4	1	-	-
Длина в км	52	167	66	25	5	50	44	8	2	-	43	34	2	-	-

Бассейн Чёрной Калитвы расположен на стыке лесостепной и степной природных зон, в то время как бассейн Пены располагается полностью в лесостепной зоне, ближе к лесной зоне. Следовательно, причины более значительной деградации речной сети бассейна Тихой сосны, возможно, связаны с меньшим количеством осадков и площади лесов, более мощными процессами выветривания и как следствием слабой устойчивостью природной среды к процессам интенсивного землепользования. Также уже к концу XIX в., по сравнению с концом XVIII в., происходит резкое сокращение естественных степей порядка в 4–5 раз в результате активного сельскохозяйственного освоения территории бассейна Чёрной Калитвы.

Выводы. Проведённый историко-картографический анализ в бассейне Черной Калитвы (степной ландшафт) с использованием геоинформационных технологий позволил установить, что в период с конца XVIII в. по конец XX в. в бассейне Чёрной Калитвы произошло снижение длины и густоты рек в четыре раза (75%), в то время как в бассейне Пены (лесостепь) это снижение составило 29%.

Причины более значительной деградации речной сети бассейна Чёрной Калитвы связаны со слабой устойчивостью природной среды степных участков к процессам интенсивного землепользования на протяжении последних столетий в восточных, более засушливых частях Белгородской области.

Максимальные показатели деградации речной сети в бассейне Чёрной Калитвы прослеживаются за период с 1780-х по 1880-е гг, когда происходило интенсивное заселение степных участков региона. В бассейне Пены (лесостепной ландшафт) процесс деградации речной сети во все рассматриваемые периоды имел более равномерный характер.

В обоих рассматриваемых бассейнах наибольшей деградации были подвержены реки 3–5 порядков, практически прекратившие своё существование в бассейне Чёрной Калитвы, как результат сведения к середине XIX в. значительной части байрачных лесов в их истоковых участках и практически полного сельскохозяйственного освоения естественных степей.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ № МК-6142.2014.5, 2014–2015 гг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК REFERENCES

1. Берг Л.С. Климат и жизнь. – М.: Огиз-Географгиз, 1947. – 356 с.
Berg L.S. Klimat i jizn [The climate and life]. – М.: Ogiz - Geografiz, 1947. – 356 s. (In Russian).
2. Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация. – М.: Мысль. 1986. – 240 с.
Berlyant AM Obraz prostranstva – karta i informaciya [The image of the space: map and information]. – М.: Misl. 1986. – 240 ss. (In Russian).
3. Гедымин А.В., Харитоновичев А.Т. Использование старых картографических материалов при изучении ландшафтов // Современные проблемы географии. – М.: Наука, 1964. – С. 298–302.
Gedymn AV, AT Kharitonych Ispolzovanie starih kartograficheskikh materialov pri izuchenii landshaftov [The use of old cartographic materials in the study of landscapes // Modern problems of geography]. – М.: Nauka, 1964. – S. 298–302. (In Russian).
4. Кириков С. В. Человек и природа Восточно-Европейской лесостепи в X – начале XIX в.в. М.: Наука, 1979, 156 с.
Kirikov SV Chelovek i priroda Vostochno_Evropeiskoi lesostepi v X _ nachale XIX v.v. [Man and nature of the East European steppe in X – the beginning of XIX centuries] М.: Nauka, 1979, 156 s. (In Russian).
5. Корнилов А.Г., Колмыков С.Н., Кичигин Е.В. Трансформация реки Чуфичка под воздействием горнодобывающей деятельности // Недропользование – XXI в.. – 2010. №5. – С. 78–81.
Kornilov AG, Kolmykov SN, Kichigin EV Transformaciya reki Chufichka pod vozdeistviem gornodobivayuschei deyatelnosti [The transformation of the river under the influence of Chufichka mining // Subsoil – XXI century]. – 2010. №5. – S. 78–81. (In Russian).
6. Мильков Ф.Н. Проблема реликтов на Среднерусской возвышенности // Поосколье. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1980. – С. 38–57.
Milkov FN Problema reliktov na Srednerusskoi vozvishennosti [The problem relics on Upland] // Pooskole. – Voronezh : Publishing house of Voronezh . University Press, 1980. – S. 38–57. (In Russian).
7. Петина М.А. Анализ и оценка водных ресурсов Белгородской области с использованием ГИС-технологий: дис. ... канд. геогр. наук. Воронежский гос. пед. университет, Воронеж, 2012.
Petina MA Analiz i ocenka vodnih resursov Belgorodskoi oblasti s ispolzovaniem GIS-tehnologii [Analysis and evaluation of water resources of the Belgorod region using GIS technology] : dis Cand. geogr . Sciences . Voronezh State . ped . University, Voronezh , 2012 . (In Russian).
8. Петина М.А., Лебедева М.Г. Геоинформационное и картографическое обеспечение оценки состояния водных ресурсов староосвоенного региона (на примере Белгородской области). ИнтерКарто-ИнтерГИС-20: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение / Материалы международной конференции. Белгород, Харьков (Украина), Кигали (Руанда) и Найроби (Кения), 23 июля – 8 августа 2014 г. – Белгород 2014. – с. 311–315
Petina MA, MG Lebedeva Geoinformacionnoe i kartograficheskoe obespechenie ocenki sostoyaniya vodnih resursov staroosvoennogo regiona _na primere Belgorodskoi oblasti [GIS and cartographic support for water

resources assessment staroosvoennyh region (on the example of the Belgorod region)]. InterCarto-InterGIS-20: Sustainable Development of Territories : cartography and GIS software / Proceedings of the international conference. Belgorod, Kharkov (Ukraine) , Kigali (Rwanda) and Nairobi (Kenya) , July 23 – August 8, 2014 – Belgorod , 2014. – p. 311–315. (In Russian).

9. Постников А.В. Развитие крупномасштабной картографии в России. – М.: Наука, 1989. – 248 с.

AV Postnikov Razvitie krupnomasshtabnoi kartografii v Rossii [The development of large-scale mapping in Russia]. – М.: Nauka , 1989 – 248 p. (In Russian).

10. РГАДА. Межевое хранение. Фонд 1356, опись 1, 1783.– Л. 1920 – 1921, 1924–1926, 1935–1938, 1953–1954, 1957–1958, 1977–1979; 1780.– Л. 632–635, 698–702, 792–794, 816–819; 1785.– Л. 6393 – 6394

RGADA. Mejevoe hranenie [Megeve storage]. Fond 1356_ opis 1_ 1783._ L. 1920 – 1921_ 1924_ 1926_ 1935_ 1938_ 1953_ 1954_ 1957_ 1958_ 1977_ 1979; 1780._ L. 632_ 635_ 698_ 702_ 792_ 794_ 816_ 819; 1785._ L. 6393 – 6394

11. Среднерусское Белогорье. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1985. – 238 с.

Srednerusskoe Belogore [Central Russian Belogorie] . – Voronezh : Publishing house of Voronezh . University Press, 1985. – 238 p. (In Russian).

12. Топографическая карта «Белгородская область». Ред. Ерошкин И., Андреев В. – М.: ЦЭВКФ, 1996 а.

Topograficheskaya karta «Belgorodskaya oblast» [Topographic map" Belgorod region ."] Ed. Eroshkin I. Andreev V. – М.: TSEVKF , 1996 a. (In Russian).

13. Трёхвёрстная военно-топографическая карта, Ряд XX, Листь 16, 1868. РНБ, СПб.

Trehverstnaya voenno-topograficheskaya karta [military topographic map], Ryad XX, List 16, 1868. RNB, SPb. (In Russian).

14. Трёхвёрстная военно-топографическая карта, Ряд XXII, Листы 14–15, 1869. РНБ, СПб.

Trehverstnaya voenno-topograficheskaya karta [military topographic map], Ryad XXII, Listi 14–15, 1869. RNB, SPb. (In Russian).

15. Трёхвёрстная военно-топографическая карта, Ряд XXI, Листь 17, Ряд XXII, Листы 16–17, губ. Воронежской и г. Харьковской, 1870. РНБ, СПб.

Trehverstnaya voenno-topograficheskaya karta [military topographic map] Ryad XXI, List 17, Ryad XXII, Listi 16–17, gub. Voronejskoi i g. Harkovskoi, 1870. RNB, SPb. (In Russian).

16. Трёхвёрстная военно-топографическая карта, Ряд XX, Листы 14–15, 1875. РНБ, СПб.

Trehverstnaya voenno-topograficheskaya karta [military topographic map] Ryad XX, Listi 14–15, 1875. RNB, SPb. (In Russian).

17. Трёхвёрстная военно-топографическая карта, Ряд XXI, Листы 14–15, 1875. РНБ, СПб.

Trehverstnaya voenno-topograficheskaya karta [military topographic map] Ryad XXI, Listi 14–15, 1875. RNB, SPb. (In Russian).

18. Трёхвёрстная военно-топографическая карта, Ряд XXI, Листь 16, г. Курской и Воронежской, 1896. РНБ, СПб.

Trehverstnaya voenno-topograficheskaya karta [military topographic map] Ryad XXI, List 16, g. Kurskoi i Voronejskoi, 1896. RNB, SPb. (In Russian).

19. Чендев Ю.Г. Отчёт о научно-исследовательской работе деградация речной сети Белгородской области за последние 200 лет по результатам сравнительного анализа современных и старинных карт (заключительный). № госрегистрации – Белгород: БелГУ, 1994.– 22 с.

Chendev Yu.G. Otchet o nauchno_issledovatel'skoi rabote degradaciya rechnoi seti Belgorodskoi oblasti za poslednie 200 let po rezul'tatam sravnitel'nogo analiza sovremennih i starinnih kart _zaklyuchitel'nii [Report on the research work of the degradation of the river network of the Belgorod region in the last 200 years, according to the results of the comparative analysis of modern and antique maps (final)] . State registration number – . Belgorod: Belgorod State University , 1994.– 22 p.

20. ОАО "ВИОГЕМ" [Офици. сайт]. URL: <http://viogem-sp.ru/node/15/> (дата обращения: 17.03.2015).

ОАО "VIOGEM" [official. site]. URL: <http://viogem-sp.ru/node/15/> (date of treatment : 17/03/2015). (In Russian).