

## АНАЛИЗ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ КАК МЕТОД КОНТРОЛЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ ВОРОНЫ (ТАМБОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С. Л. Шевырев, Г. А. Анциферова, Н. И. Русова, М. Ж. Хамзикеева

*Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН, Дальневосточный федеральный университет, Россия  
Воронежский государственный университет, Россия  
Дальневосточный федеральный университет, Россия*

*Поступила в редакцию 23 марта 2013 г.*

**Аннотация:** В долине р. Ворона дистанционные методы использовались для выявления современных тектонических структур. Настоящие исследования продолжены в направлении изучения динамики эрозионных геодинамических процессов в пределах территории государственного природного заповедника «Воронинский». Показаны возможности использования космических снимков в проведении анализа природных и антропогенных процессов, как на водосборных площадях, так и в водоемах.

**Ключевые слова:** биоиндикация, дистанционные методы, зарастание водоемов, космические фотоснимки, наземная растительность, неотектоника, эрозионные процессы.

**Abstract:** In the valley of river Vorona distant methods were used to define contemporary tectonic structures. These studies were continued to learn the dynamics of erosion geodynamic processes within the territory of the state natural reserve «Voroninskiy». The article shows possibilities of using satellite images for analysis of natural and anthropogenic processes on water catchment areas and water ponds.

**Key words:** bioindication, remote sensing, overgrown ponds, space images, terrestrial vegetation, neotectonics, erosion processes.

На основе использования космических фотоснимков ГЦ «Природа» (по листам масштаба 1:500000, информация 1970-х, 1980-х) и Landsat (информация 2000-х гг.), и применения автоматизированных геоинформационных систем (ГИС) был осуществлен мониторинг природных процессов в окружающей природной среде, в том числе связанных с современной тектонической активностью в среднем течении р. Ворона. При проведении ретроспективного анализа динамики эрозионной сети долины р. Ворона протяженностью от г. Кирсанов и до Уварово (площадь 5432,8 км<sup>2</sup>) были выявлены локальные поднятия и прослежено их влияние на развитие проточно-русловых озер Рамза и Кипец.

Использование дистанционных методов продолжилось в направлении выявления природных и антропогенных процессов в водоемах и на водо-

сборной площади. Для периода 1975-2010 годов был проведен ретроспективный анализ динамики зарастания, а также выявлены участки сноса песчано-глинистого материала, приводящего к заилению водоемов. С этой целью нами осуществлена экспресс-оценка состояния прилегающей водосборной территории с применением метода неконтролируемой классификации дистанционного изображения ISODATA. Изучены изменения вегетационного индекса NDVI, отражающего концентрацию фотосинтезирующей биомассы наземной растительности. В качестве задействованных исходных материалов использованы данные спутниковой системы Landsat, представленные в виде мозаик каналов 7-4-2, а также материалы сайта Earth Science Research Institute (ESRI), позволяющие выполнить оценку изменений индекса NDVI в интерактивном режиме [6].

Спектрально-анализное изображение Landsat, включающее каналы 7-4-2, применяется для анализа

состояния ландшафтных комплексов и растительности, позволяет уверенно распознавать элементы овражно-балочной сети и сельскохозяйственные угодья. Посредством применения алгоритма неконтролируемой классификации ISODATA, группирующего пиксели изображения на основании близости, в пределах изображения удалось уверенно выделить участки луговых и лесных ландшафтов, сельскохозяйственных угодий и, предположительно, зоны активизации эрозионных процессов. Для данных зон характерно разрежение или отсутствие растительности, защищающей почвы от эрозии. В пользу специализации последних говорит распространение в пределах указанных зон активных молодых оврагов и ложбин безруслового стока.

В пределах изучаемой территории была проведена оценка динамики индекса NDVI, отражающего концентрации наземной растительности и распространение зон зарастания оз. Рамза, оз. Кипец и русла р. Вороны, соединяющей их. В период 1990-2010-х годов на прилегающей к озерам территории происходило сокращение плотности наземной растительности, выразившееся в снижении вегетационного индекса NDVI, при этом для акваторий озер характерно увеличение этого индекса, что отражает их активное зарастание. Мониторинг изменений NDVI по материалам дистанционных съемок согласуется с данными непосредственных наблюдений, свидетельствующих об обмелении и зарастании озера [4].

В 2004 году О.Е. Потаповой и Л.Е. Борисовой (Самодуровой) было проведено комплексное обследование озера Рамза, по результатам которого составлен батиметрический план, закартированы контуры развития прибрежно-водной растительности и построена схема его зарастания [5]. К настоящему времени в центре озера глубина местами составляет 1,5-1,7 м, средняя глубина 1,2 м. Обмеление и зарастание водоема сопровождается накоплением илистых осадков, увеличением объема органического вещества.

На рассматриваемом участке акватории р. Ворона, включающем озера Рамза и Кипец, изучено эколого-биологическое состояние вод с использованием метода биоиндикации по сообществам низших водорослей. В ряде наших работ уже анализировалась положительная роль высшей водной растительности как природного биофильтра [1, 2]. Это находит подтверждение и при анализе графика эколого-биологического качества вод, представленного на рис.

Соотношение зон сапробности вод свидетельствует о высоком качестве процессов самоочищения. Наиболее интенсивно они проявляются в пределах распространения зарослей высшей водной растительности. Широко развиты зоны *b* -мезосапробных и *a* -мезосапробных вод. Для них характерно активное проявление окислительных процессов, нередко наблюдается перенасыщение кислородом, а среди продуктов минерализации преобладают нитриты и нитраты. Многие высшие водные растения находят в этих водах оптимальные условия для своего развития. Повсеместное развитие олигосапробных вод показывает степень интенсивности процессов переработки органических загрязнений до образования минерального субстрата, поскольку в них преобладает законченное окисление. В современных водоемах такого типа воды формируются в основном в результате минерализации из загрязненных вод. Они распространены повсеместно и достаточно равномерно. В водоемах заповедника наблюдается развитие видов ксеносапробов, которые характерны для чистых и совершенно чистых природных вод [3]. Доля ксеносапробных вод подчеркивает особенности графика эколого-биологического качества.

Класс качества вод определяется значениями индекса сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека (таблица). Анализ этих данных по точкам наблюдения, указанным на графике, показывает следующее. По качеству воды на участке устье р. Вяжля в месте ее впадения в озеро Шуваровское (точка наблюдения 1) имеют индекс сапробности равный 1,76, что отражает достаточно высокое качество. Значение данного индекса на участке Вяжлинский канал (точка наблюдения 2) и далее в месте впадения р. Ворона в оз. Рамза (точка наблюдения 3) повышается соответственно до 1,94 и 1,96. Это свидетельствует о понижении качества вод, при этом практически исчезают и виды ксеносапробы, а также наблюдаются виды полисапробы, которые указывают на низкое содержание кислорода и большие концентрации растворенной углекислоты. В полисапробной зоне происходит интенсивное разложение органического вещества с образованием в донных осадках сернистого железа и сероводорода. Однако в месте формирования речного потока, вытекающего из оз. Рамза (точка наблюдения 4) значение индекса сапробности резко понижается и составляет 1,60, что подтверждает значимость зарослей высшей водной растительности и низших водорослей в

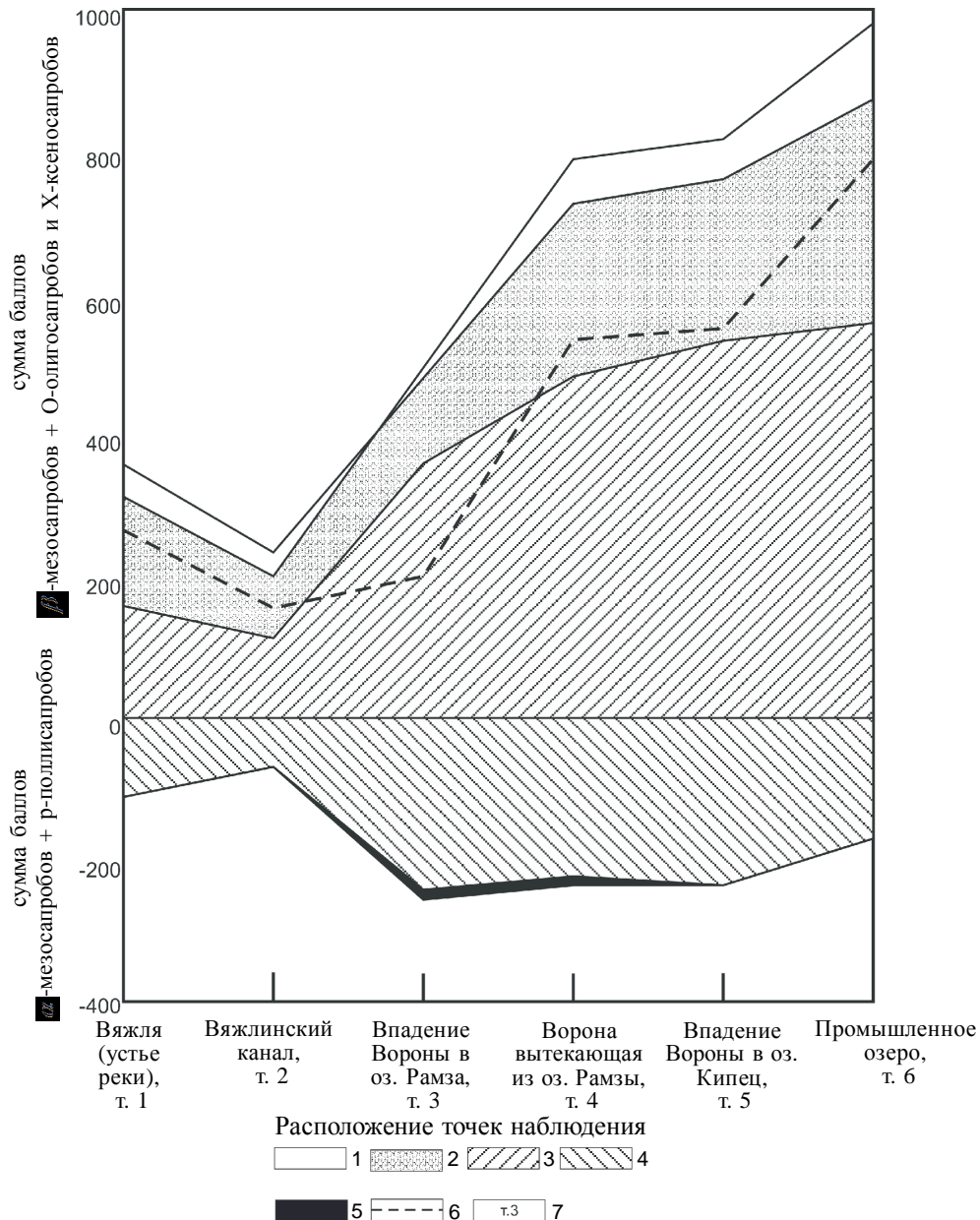


Рис. График эколого-биологического качества вод р. Ворона по точкам наблюдения на участке акватории устье р. Вяжля – оз. Промышленное.

Зоны сапробности: 1 – ксеносапробная; 2 – олигосапробная; 3 – *b*-мезосапробная; 4 – *a*-мезосапробная; 5 – полисапробная; 6 – линия средней сапробности; 7 – номера точек наблюдения

природном процессе самоочищения вод. Но речные воды потока, впадающего в оз. Кипец (точка наблюдения 5) примерно в трех километрах от оз. Рамба ниже по течению, вновь теряют свое эколого-биологическое качество, на что указывает индекс сапробности, достигающий величины 2,09. И далее, воды, пройдя через акваторию оз. Кипец и расположенного ниже по течению оз. Промышленное (точка наблюдения 6), вновь приобретают высокое эколого-биологическое качество. Индекс сапробности составляет 1,69.

Размещение на графике линии средней сапробности, которая характеризует состояние процессов самоочищения вод в целом, отражает описанный процесс. В устье р. Вяжля она располагается в пределах олигосапробной зоны. Далее, после прохождения Вяжлинского канала, линия постепенно смещается в поле *b*-мезосапробных вод, и это характерно также для вод речного потока, впадающего в оз. Рамба. По мере прохождения через акваторию озера, она плавно переходит в поле пространства олигосапробной зоны.

Значения класса и разряд качества вод по показателям индекса сапробности Панкле-Букка в модификации Сладечека

Номер точек наблюдения (отбора проб)	Расположение точек наблюдения	Значения индекса сапробности	Класс качества вод	Разряд качества вод
1	Река Вяжля	1,76	3 Умеренно (слабо) загрязненные – Удовлетворительной чистоты	3 а Достаточно чистая
2	Вяжлинский канал	1,94		
3	Впадение Вороны в оз. Рамза	1,98		
4	Ворона, вытекающая из оз. Рамза	1,60		3 б Слабо загрязненная
5	Впадение Вороны в оз. Кипец	2,09		
6	Промышленное озеро	1,69		

В целом воды относятся к классу 3 – умеренно (слабо) загрязненные (удовлетворительной чистоты). Согласно разряду качества, в пределах данного класса они имеют высокий статус «достаточно чистых» вод. Однако на участке в месте впадения Вороны в оз. Кипец показатель индекса сапробности 2,09 позволяет отнести воды к разряду «слабо загрязненных» (таблица).

Заросли высшей водной растительности, и связанные с ними сообщества низших водорослей, создают благоприятные условия для эффективного проявления природных процессов самоочищения вод. Более того, они значительно сглаживают негативное влияние поступающих в водную экосистему загрязнений с участков водосбора, где проявляется разреженность наземной растительности, эрозия почвенного покрова. Эти выводы подтверждает анализ данных, отображенных на космофотоснимках.

Современные методы дистанционного зондирования и обработки спутниковых изображений обеспечивают комплексный подход в оценке факторов, формирующих облик ландшафтов, качество вод, дает возможность распознавать природные процессы, и процессы, связанные с деятельностью человека, достаточно оперативно контролировать и прогнозировать направленность их дальнейшего развития. В результате возможна выработка

адекватных мер, направленных на сохранение компонентов окружающей природной среды и препятствующих активизации неблагоприятных природных и природно-антропогенных процессов. Это, по сути, вносит свой вклад в достижение основной цели деятельности государственных природных заповедников, в той ее части, которая направлена на сохранение и изучение естественных природных процессов и явлений, которых происходят в наземных и водных экосистемах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анциферова Г. А. Биоиндикация в геоэкологии: об эвтрофировании межледниковых, голоценовых и современных поверхностных водных систем бассейна Верхнего Дона / Г. А. Анциферова // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. – Воронеж, 2001. – № 1. – С. 240-250.
2. Анциферова Г. А. Озера долины реки Ворона как естественный современный рефугиум диатомовых водорослей в центре Восточно-европейской равнины / Г. А. Анциферова, Л. Е. Борисова // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – Воронеж, 2009. – № 2. – С. 85-92.
3. Анциферова Г. А. Виды ксеноспробы в сообществах низших водорослей как показатель эколого-биологического качества воды / Г. А. Анциферова, Н. И. Минникова // Проблемы современной палинологии : материалы 13 Рос. конф. – Сыктывкар : ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. – С. 249-252.

4. Анциферова Г. А. Происхождение межледниковых и современных озерных котловин бассейнов Верхнего и Среднего Дона / Г. А. Анциферова, С. Л. Шевырев, А. О. Калашников // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – Воронеж, 2012. – № 1. – С. 42-49.

5. Потапова О. Е. Комплексное обследование озера Рамза / О. Е. Потапова, Л. Е. Самодурова // Труды госу-

дарственного природного заповедника «Воронинский». – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2009. – Т. 1. – С. 107-117.

6. Landsat NDVI Change Imagery [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=a1c44a0cde484dd88a0901c65624d327>. Дата обращения: 25.10.2012.

Шевырев Сергей Леонидович

кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения РАН, старший преподаватель кафедры геологии, геофизики и геоэкологии Инженерной школы, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток. E-mail: [shevirev@mail.ru](mailto:shevirev@mail.ru)

Анциферова Галина Аркадьевна

доктор географических наук, профессор кафедры природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, E-mail: [g\\_antsiferova@mail.ru](mailto:g_antsiferova@mail.ru)

Русова Надежда Ивановна

аспирант кафедры природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, E-mail: [nadezhda\\_minnikova@mail.ru](mailto:nadezhda_minnikova@mail.ru)

Хамзикеева Махабат Жагпаровна

бакалавр 2-го года обучения Школы экономики и менеджмента Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток, E-mail: [xmxi@mail.ru](mailto:xmxi@mail.ru)

Shevyrev Sergey Leonidovitch

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences Researcher Far East Geological Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, senior lecturer of the chair of geology, geophysics and geoecology of the Engineering School, Far Eastern Federal State University, E-mail: [shevirev@mail.ru](mailto:shevirev@mail.ru)

Antsiferova Galina Arkad'yevna

Doctor of Geography, Professor of the chair of management of nature, department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, E-mail: [g\\_antsiferova@mail.ru](mailto:g_antsiferova@mail.ru)

Rusova Nadezhda Ivanovna

Post-graduate student of the chair of management of nature, department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, E-mail: [nadezhda\\_minnikova@mail.ru](mailto:nadezhda_minnikova@mail.ru)

Khamzikeyeva Makhabat Zhagparovna

Bachelor of Economics and Management School of the Far Eastern Federal State University, Vladivostok, E-mail: [xmxi@mail.ru](mailto:xmxi@mail.ru)