УДК 52-14: 52-37

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВОДОЕМОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

© 2014 А.В. Бочаров, О.А. Тихомиров

Тверской государственный университет, г. Тверь

Поступила 14.09.2014

Проведена попытка использования данных дистанционного зондирования для оценки влияния крупных водоемов на окружающую природную среду. В качестве параметров использовались значения нормализованного вегетационного индекса (NDVI), индекса стресса влажности (MSI), расстояния от водохранилища, высоты рельефа, температуры подстилающей поверхности, экспозиции относительно водохранилища. Оценка производится на основе корреляционного анализа исследуемых показателей.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, местный климат, нормализованный вегетационный индекс, Рыбинское водохранилище, корреляционный анализ

Влияние крупных водоемов на метеорологический режим и растительность прибрежной полосы к настоящему времени разобраны довольно подробно в работах К.Н. Дьяконова, С.Л. Вендрова, А.Ю. Ретеюма, Л.К. Малика [4,5,6] и др. В тоже время недостаточно изучены вопросы использования данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ), для исследования воздействия водохранилищ на природную среду и оценки взаимных зависимостей различных параметров. В этой связи были поставлены следующие цели:

- 1) рассмотреть возможность использования технологий дистанционного зондирования применительно к изучению влияния крупных водоемов на прибрежную полосу, используя зависимости между различными параметрами природной среды на примере района Рыбинского водохранилища;
- 2) оценить изменения ряда параметров (вегетационного индекса NDVI, индекса стресса влажности MSI, расстояния от водохранилища, высоты рельефа, температуры подстилающей поверхности, экспозиции относительно водохранилища) прибрежной полосы Рыбинского водохранилища;
- 3) рассчитать корреляционные зависимости параметров с целью изучения влияния водоема на окружающую природную среду.

Рыбинское водохранилище образовано плотинами Рыбинского гидроузла, построенными на р. Волге и р. Шексне, на территории Ярославской, Вологодской и Тверской областей. Площадь — 4580 км², объём — 25,4 км³, наибольшая ширина — 60 км, средняя глубина — 5,6 м [1]. Наполнение чаши Рыбинского водохранилища началось в

1941 г. За период его существования, в основном, все процессы глубокой трансформации природной среды побережья получили завершение. Лесные сообщества полностью сформировались и представляют собой благоприятный объект для изучения влияния водных объектов на окружающую природную среду.

Воздействие водоемов на прибрежные биогеоценозы осуществляется через подвижные компоненты ландшафта – водные и воздушные массы. которые образуют вокруг водоема зоны гидрологического, гидрогеологического и климатического влияния [6]. На Рыбинском водохранилище выделяются зоны прямого и косвенного воздействия. Зона прямого влияния распространяется на 300-350 м от уреза. В ее черте происходит инфильтрация воды из водохранилища в период установления высоких отметок уровней воды. Также к зоне прямого влияния относятся области непосредственного затопления чаши водохранилища, области подпора устьевых участков рек, зона воздействия потока на нижний бьеф гидроузла. Зона косвенного влияния, в некоторых случаях, достигает водораздела и выражается в подпоре грунтового и поверхностного стока и, как следствие, повышение уровня грунтовых вод. К ней же относится зона климатического воздействия водохранилища вне пределов его акватории [12].

Регулирование уровня воды водохранилища осуществляется при помощи гидротехнических сооружений. Ход изменения уровня почвенногрунтовых вод подтапливаемого побережья Рыбинского водохранилища за вегетационный период в значительной степени повторяет ход колебаний уровня водохранилища. Подобное влияние наиболее отчетливо прослеживается в 100–200 метровой полосе от уреза с коэффициентом корреляции 0,80–0,90. По мере удаления от водоема связь ослабевает, и воздействие водохранилища проявляется лишь в подпоре грунтовых вод, а на расстоянии 800–1200 м статической связи между

Бочаров Александр Вячеславович, аспирант кафедры физической географии и экологии, bochalex@bk.ru; *Тихомиров Олег Алексеевич*, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии и экологии, tikhomirovoa@mail.ru

режимом поверхностных и подземных вод не наблюдается. За пределами полосы фильтрации водохранилища главным фактором изменения степени увлажнения почвогрунтов в зоне подтопления являются метеоусловия [12].

Создание водохранилищ вызывает изменения, главным образом, в микроклимате, причем степень их влияния уменьшается по мере удаления от уреза воды. В результате, помимо самого водохранилища с особым микроклиматом, выделяются три основные зоны их микроклиматического воздействия на прилегающую сушу: постоянного влияния, переменного и эпизодического. Размеры этих зон влияния зависят от многих природных факторов, в том числе от площади и объема созданных водохранилищ, физико-географических условий прилегающей суши, а также высоты берегов, географического положения, сезонов года и других факторов [12].

Исходя из вышесказанного вокруг Рыбинского водохранилища выделены буферные зоны: первая 0-100 м (экотоная и прибрежная зона); вторая от 100 до 200 м (граница наиболее четкого колебания уровня почвенно-грунтовых вод); третья от 200 до 350 м (граница прямого влияния водохранилища); четвертая от 350 до 500 м (область сильного влияния подпора грунтовых вод); пятая от 500 до 1000 м (приблизительная граница подпора грунтовых вод); шестая от 1 до 5 км (участок климатического влияния водохранилища). Ширина зон увеличивается от береговой линии к периферии, что позволяет более детально охарактеризовать изменчивость показателей в области наибольших градиентов исследуемых параметров.

Наиболее динамичным и чувствительным компонентом природной среды для оценки влияния водохранилища является растительность. Состояние растительности в значительной степени связано с содержанием хлорофилла и уровнем влагообеспеченности зеленых фракций древесной растительности [2]. Определение абсолютных значений этих показателей по данным дистанционного зондирования в настоящее время затруднено и требует дополнительных наземных биофизических и биохимических измерений. В этой связи целесообразно использовать относительные показатели состояния лесов, получаемые на основе спектральных индексов, тесно коррелирующих с уровнем обеспеченности растений хлорофиллом и влагой. В качестве спектральных индексов такого рода могут быть использованы нормализованный разностный индекс растительности (NDVI) и индекс стресса влажности (MSI), определяемые по уровню отражения в видимом, а также ближнем и среднем, инфракрасном диапазонах спектра [2].

Наиболее общая характеристика растительного покрова на сканерном снимке выражается через отношение каналов NIR и RED – так называе-

мый вегетационный индекс NDVI, Normalized Difference Vegetation Index [14, 11].

Различия в водном режиме растений наиболее сильно проявляются в средневолновом инфракрасном диапазоне SWIR1, поэтому для выявления участков с различными по влажности условиям произрастания используется спектральный индекс стресса влажности — MSI (moisture stress index) равный отношению каналов SWIR1 и NIR [13, 11]. Кроме того, в качестве параметров исследования были использованы следующие характеристики: температура подстилающей поверхности, расстояние от водохранилища, высота рельефа, экспозиция относительно водоема.

Исходными данными являлись: сцены Landsat [16] за период вегетации с марта по октябрь 2010-13 гг.; цифровая модель рельефа на основании радарной топографической съемки SRTM [15]; материалы проекта Proba-V/MOD345 - карта лесного покрова России с пространственным разрешением 345 м, созданная на основе данных MODIS 2010 г. (продукт отдела технологий спутникового мониторинга ИКИ РАН) [17]. Снимки Landsat имеют пространственное разрешение 30 м, что в терминологии российского ландшафтоведения соизмеримо с уровнем фации [9]. Для конвертации данных Landsat, в значения температуры излучающей поверхности, использованы инфракрасные или TIR (thermal infrared) каналы, они содержат съёмку земной поверхности в тепловом диапазоне с длиной волны 10,40 - 12,50

Для каждой характеристики были созданы интегрированные растры с размером ячейки 30х30 м. В ходе работы проанализирована площадь 9221 км², что составляет 307 млн. подобных ячеек. Всего было использовано 72 растра, а общее количество обработанных ячеек составляет 3,6 млрд. Водные объекты и облачность маскировались для минимизации их влияния на результат. После чего в буферных зонах, в соответствии с картой лесного покрова, выделялись экосистемы.

Достоверность сопряженности варьирования признаков оценивалась с помощью линейного коэффициента корреляции Пирсона (r), отражающего взаимную связь двух признаков при их изменчивости. Корреляция имеет место в тех случаях, когда признаки изменяются не автономно, а согласованно [8].

Согласно общей классификации корреляционных связей (по Э.В. Ивантер, А.В. Коросову, 1992) существуют: сильная, или тесная связь при коэффициенте корреляции r>0,70; средняя – при 0,50<r<0,69; умеренная – при 0,30<r<0,49; слабая – при 0,20<r<0,29; очень слабая – при r<0,19 [7]. На основании интегрированных растров шести показателей были составлены корреляционные матрицы (матрицы коэффициентов корреляции нескольких случайных величин [9]) зависимости

параметров внутри тестовых зон Рыбинского водохранилища для трех типов экосистем (луговая растительность, хвойные леса, и лиственные леса). Анализ полученных корреляционных матриц показал, что наибольшую зависимость имеют следующие параметры: 1) NDVI – MSI, 2) NDVI – расстояние до водоема, 3) MSI – температура подстилающей поверхности, 4) NDVI – высота рельефа.

Одной из задач исследования была оценка влияния различных факторов на продуктивность и развитие растительного покрова в окрестностях Рыбинского водохранилища. Наиболее показательной характеристикой состояния растительных сообществ из выше приведенных является вегетационный индекс NDVI. В приведенных корреляционных матрицах индекс NDVI наиболее тесно связан с индексом стресса влажности (MSI), значения г доходят до –0,84, это объясняется использованием инфракрасного диапазона спектра для расчета обоих характеристик.

Высокие значения принимают зависимость индекса MSI и температуры поверхности в прибрежной зоне, с пиком в начале вегетационного периода (до -0.51 в июне) и плавным уменьшением (до 0.1-0.2). При удалении от водохранилища коэффициент корреляции близится к нулю, но также имеет тренд к снижению, направленный в сторону осенних месяцев.

Более интересной, для целей изучения влияния водоема на окружающую среду, является корреляционная зависимость индекса NDVI и расстояния от береговой линии (рис. 1, 3, 5), а также корреляционная зависимость индекса NDVI и высоты рельефа, в пределах выделенных тестовых зон Рыбинского водохранилища в течение вегетационного периода (рис. 2, 4, 6).

Из приведенных графиков распределения значений коэффициента корреляции показателя NDVI и расстояния от водоема следует, что для всех типов растительности, в пределах 200 метровой зоны, ярко выраженный пик зависимости приходится на май (от 0,3 до 0,75), что согласно классификации корреляционных связей соответствует сильной, средней и умеренной тесноте связей. В остальные месяцы наблюдаются низкие значения коэффициента корреляции, но следует отметить его увеличение в сентябре – октябре для хвойных лесов в 500 метровой зоне от водохранилища (до 0,2). Несмотря на низкую корреляцию в зоне климатического влияния водохранилища, наблюдаются два небольших пика для луговой растительности в мае и августе, а также для хвойных лесов в июне (0,15).

Корреляционная зависимость индекса NDVI и высоты рельефа в пределах тестовых зон Рыбинского водохранилища в течение вегетационного периода не дает столь ярко выраженных пиковых

значений, но имеет большее разнообразие значений в исследованных зонах.

Для луговой растительности в пределах 1000 м от водоема в апреле наблюдается умеренная и слабая связь между NDVI и высотой рельефа (до 0,34), далее следует плавное стремление **r** к нулю, в период с мая по июль, а в осенний период происходит повышение тесноты связи до слабой положительной (0,2). Для зоны климатического влияния (1–5 км) существует один максимум коэффициента корреляции – в июле (0,25), а в сентябре и октябре он принимает отрицательные значения.

Для хвойных лесов в километровой зоне от водохранилища имеется отрицательная зависимость между NDVI и высотой рельефа, достигающая умеренных значений в 350–500 метровой зоне (до –0,42), и, лишь в начале и конце периода вегетации, она принимает очень слабые положительные значения. В зоне климатического влияния (1–5 км) – противоположная ситуация. Проявляется слабая положительная связь (до 0,2) между NDVI и высотой рельефа, а в конце и начале вегетации она принимает очень слабые отрицательные значения (от –0,1 до –0,2).

В пределах 200 метровой прибрежной зоны для лиственных лесов характерна очень слабая и слабая связь (от 0,1 до 0,12) между NDVI и высотой рельефа. Для остальных зон наблюдается пик положительной зависимости в апреле и мае (до 0,5), наиболее ярко выраженный в 350–500 м от водохранилища. В оставшуюся часть периода вегетации, для всех зон, существует умеренная или слабая отрицательная связь (от –0,2 до –0,4) между NDVI и высотой рельефа, уменьшающаяся по мере отдаления от водоема.

Также следует отметить незначительность зависимости всех исследуемых параметров от угла экспозиции к водохранилищу, коэффициент корреляции близок к нулю, кроме естественной корреляции с рельефом (0,12). В ходе выполнения экспериментальной части работы производился анализ корреляции типов почв с различными параметрами, который так же не показал существенных зависимостей.

Корреляционный анализ, как статистический метод, призван лишь установить факт сопряженного варьирования двух величин. Он ничего не сообщает о каузальной обусловленности изменения одного признака при изменении другого. Можно говорить о трех классах причинноследственной корреляции — это влияние, взаимовлияние и «наведение». Влияние — это тот случай, когда величина одного признака действительно определяется величиной другого. Говоря о взаимовлиянии, подразумевают прямую и обратную связь между переменными: один признак зависит от другого, изменение которого, в свою очередь, сопряжено с первым. Если величина обоих изу-

чаемых признаков определяется внешней причиной, *«наводится»* ею извне, то между признаками можно обнаружить корреляцию в силу синхронности их реакций на этот фактор [7].

В своих работах К.Н. Дьяконов [4,6] отмечает, что отчетливо проявляется тенденция падения производительности лесов в зоне прямого влияния водохранилища. Полученные нами данные свидетельствуют, что по мере удаления от Ры-

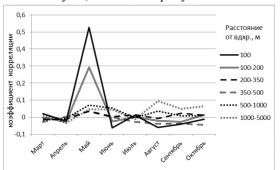


Рис. 1. Корреляционная зависимость индекса NDVI и расстояния от береговой линии для луговой растительности в районе Рыбинского водохранилища в течение вегетационного периода (по данным Landsat)

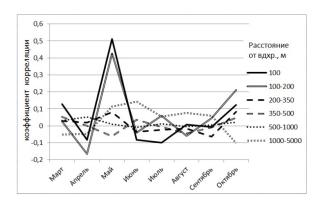


Рис. 3. Корреляционная зависимость индекса NDVI и расстояния от береговой линии для хвойных лесов в районе Рыбинского водохранилища в течение вегетационного периода (по данным Landsat)

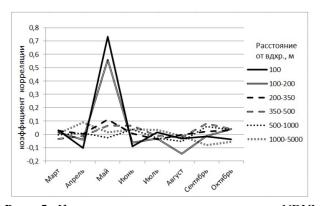


Рис. 5. Корреляционная зависимость индекса NDVI и расстояния от береговой линии для лиственных лесов в районе Рыбинского водохранилища в течение вегетационного периода (по данным Landsat)

бинского водохранилища происходит увеличение средних значений индекса NDVI, четко выраженное в километровой зоне от уреза воды. Соответственно, корреляционная связь NDVI с расстоянием от водоема — это тот случай, когда одна величина определяется значениями другой, то есть следует говорить о влиянии водохранилища на продуктивность растительности.

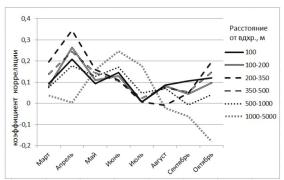


Рис. 2. Корреляционная зависимость индекса NDVI и высоты рельефа для луговой растительности в районе Рыбинского водохранилища в течение вегетационного периода (по данным Landsat)

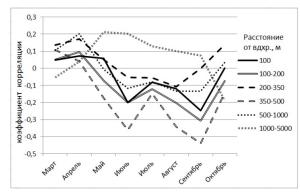


Рис. 4. Корреляционная зависимость индекса NDVI и высоты рельефа для хвойных лесов в районе Рыбинского водохранилища в течение вегетационного периода (по данным Landsat)

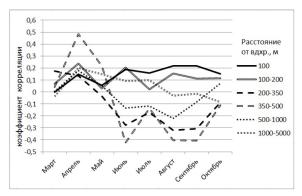


Рис. 6. Корреляционная зависимость индекса NDVI и высоты рельефа для лиственных лесов в районе Рыбинского водохранилища в течение вегетационного периода (по данным Landsat)

Как и на всех водохранилищах, на Рыбинском наблюдается довольно тесная связь между приростом растительности по диаметру и высотой местоположения над нормальным подпорным уровнем [6]. Средние значения индекса NDVI, в районе Рыбинского водохранилища, также чувствительны к изменению высоты над уровнем моря и имеют оптимумы и минимумы относительно положения в рельефе [3], это указывает на то, что корреляционная связь NDVI с высотой рельефа тоже является примером влияния одной величины на другую.

Связь NDVI – MSI и MSI – температура подстилающей поверхности более сложные и, вероятно, обусловлены не только влиянием водохранилища, здесь наблюдается *«наведение»*, то есть корреляция в силу синхронности их реакций на изменение общеметеорологических параметров.

Высокие положительные значения коэффициента корреляции индекса NDVI и расстояния от береговой линии и высотой рельефа означают — рост значений вегетационного индекса по мере удаления от уреза воды и на возвышенных участках местности. Следовательно, возможно говорить об отрицательном воздействии близости водохранилища и низких форм рельефа на производительность растительного покрова при высокой положительной корреляции параметров. Отрицательная корреляция напротив указывает на положительное влияние близкого расположения к водоему и благоприятности низинных условий.

Воздействие расстояния от водохранилища на развитие растительного покрова в большую часть вегетационного периода близко к нулю. Пик отрицательного влияния отмечается в 200 метровой зоне в мае. Также отрицательное воздействие близкого положения к урезу воды отмечено для хвойных лесов в осенний период.

Низинные участки рельефа для луговой растительности в километре от уреза воды испытывают преимущественно отрицательное влияние на растительность, но в зоне от 1 до 5 км начиная с августа такие местоположения более продуктивны. Для хвойных лесов в зоне от 1 до 5 км наиболее продуктивны возвышенные участки, но в километровой зоне с июня по сентябрь пониженные участки отмечаются лучшим развитием растительности.

В зоне прямого влияния водохранилища, выделяют четыре пояса: периодического затопления, сильного подтопления, переходный пояс слабого влияния, умеренного и слабого подтопления. Пояса с близким расположением грунтовых вод характеризуются отрицательных влиянием [4]. Пояс умеренного и слабого подтопления для сосновых лесов, на песчаных и супесчаных берегах, характеризуется положительным воздействием на продуктивность. В зоне косвенного влияния существуют пояса положительного и отрицательного влияния. С увеличением возраста сосен, а, следовательно, с ростом корневой системы, оптимальная глубина

залегания грунтовых вод сдвигается на более высокие отметки [4]. Учитывая среднюю высоту сосновых лесов, в километровой зоне от уреза воды над нормальным подпорным уровнем водохранилища порядка 10 м, становится понятным, что пониженные формы рельефа, при умеренном подтоплении или подпоре грунтовых вод на песчаном грунте, могут иметь лучшие условия произрастания. Наибольшая благоприятность низинного положения на продуктивность сосновых лесов наблюдается в зоне 350–500 м от водоема, где создаются условия с расположением грунтовых вод на глубине 1,0–2,5 м.

Для лиственных лесов в 200 м от водоема (граница наиболее четкого колебания уровня почвенногрунтовых вод) низкие участки испытывают отрицательное влияние водохранилища, в остальных зонах, уже начиная с июня, они более продуктивны. Наиболее сильно положительное воздействие водохранилища проявляется для низинных местоположений в 200-500 м от уреза воды с июня по сентябрь.

Анализ полученных данных показывает, что отрицательное влияние усиливается в весенние и осенние месяцы – периоды избыточного увлажнения почвы. Дьяконов К.Н. анализируя работы Туркова В.Г. [6] так же отмечает, что отрицательное воздействие водохранилища проявляется во влажные периоды, поскольку именно в это время фильтрационный поток из водохранилища снижает дренирующую способность территории.

Проведенный анализ пространственновременного распределения полученных результатов, в исследованных зонах, позволяет сделать следующие выводы. Распределение коэффициента корреляции с марта по октябрь, несмотря на свою сложность и неоднозначность, подтверждает наличие связи между NDVI и MSI (до -0,84), NDVI и расстоянием до водохранилища (до 0,75), MSI и температурой подстилающей поверхности (до -0,51), NDVI и высотой рельефа (до 0,5). Полученные результаты значений индекса стресса влажности (MSI) и температуры подстилающей поверхности не показали существенных связей с расстоянием от водохранилища и высотой рельефа. Учитывая полноту выборки, выявленные корреляционные связи следует считать объективно существующими. Согласно классификации корреляционных связей, общее влияние водохранилища, оценённое при помощи выбранных параметров, изменяется от очень слабого до сильного.

Наиболее динамичным и чувствительным компонентом природной среды для оценки воздействия водохранилища является растительность. Полученные результаты корреляционных зависимостей позволяют оценить влияние расстояния от уреза воды и высоты рельефа на значения вегетационного индекса NDVI, характеризующего продуктивность растительных сообществ. Воздействие

Рыбинского водохранилища на производительность растительности преимущественно отрицательное и принимает максимальные значения в мае для 200 метровой зоны. Низинное местоположение в рельефе, в пределах километровой зоны от водоема, оказывает как положительное, так и отрицательное влияние на продуктивность растительности. В середине периода вегетации для хвойных и лиственных лесов проявляется положительное воздействие водохранилища, наблюдаемое в 200-500 метровой зоне за счет более богатого грунтового увлажнения корневых систем. Отрицательное влияние хорошо прослеживается в начале вегетации (апрель – май – июнь), а также в ее конце (сентябрь - октябрь) за счет переувлажнения почв. Для луговых сообществ в километровой зоне от водохранилища отмечено лишь негативное воздействие водоема.

Проведенная попытка оценки изменения ряда параметров (индексы NDVI и MSI, температура подстилающей поверхности), полученных путем дистанционного зондирования Земли, подтверждает возможность использования данной методики для изучения влияния водоема на окружающую природную среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Большая советская энциклопедия: в 30 т. М.: 1975. Т. 22, 628 с.
- Барталев С.С. Разработка методики региональной экологической оценки состояния лесов по данным спутниковых наблюдений: дис. ... канд. техн. наук. М., 2006. 130 с.
- Бочаров А.В. Применение многозональной космической съемки для оценки влияния крупных водоемов на местный климат на примере Рыбинского водохранилища // Вестник ТвГУ. Серия «География и геоэкология». 2013. Выпуск 2 (12). С. 51-63.
- 4. Вендров С.Л., Дьяконов К.Н. Водохранилища и окружающая природная среда. М.: Наука, 1976. 136 с.
- 5. Вендров С.Л., Дьяконов К.Н., Малик Л.К., Ретеюм А.Ю. Инженерно-географические проблемы проектиро-

- вания и эксплуатации крупных равнинных водохранилищ. М.: Наука, 1972. 240 с.
- Дьяконов К.Н. Влияние крупных равнинных водохранилищ на леса прибрежной зоны. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 126 с.
- 7. *Ивантер Э.В., Коросов А.В.* Основы биометрии: Введение в статистический анализ биологических явлений и процессов: учебное пособие. Петрозаводск: Изд-во Петр-ГУ, 1992. 164 с.
- 8. *Ивантер Э.В., Коросов А.В.* Введение в количественную биологию: учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во Петр-ГУ, 2011. 302 с.
- Лебедева Н.В., Криволуцкий Д.А. География и мониторинг биоразнообразия: учебно-методическое пособие.
 М.: Издательство НУМЦ, 2002. 432 с.
- Леоненко Н. Н. Корреляционная матрица // Вероятность и математическая статистика: Энциклопедия. М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. 259 с.
- Литинский П.Ю. Классификация сканерных снимков методом моделирования спектрального пространства // Труды Карельского научного центра РАН. 2011. № 5. С. 45–54.
- 12. Пояснительная записка к проекту правил технической эксплуатации и благоустройства Рыбинского и Горьковского водохранилищ. По Государственному контракту от 03.12.2012 года №14/2012 на выполнение работ для федеральных нужд по теме: «Разработка проекта правил технической эксплуатации и благоустройства Рыбинского и Горьковского водохранилищ» (шифр И-12-08) Тверь: 2013. 264 с.
- 13. *Rock B., Williams D., Vogelman J.* Field and airborn spectral characterization of suspected acid deposition damage in red spruce (Picea rubens) from Vermont. // Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, Indiana. 1985. P. 71–81.
- Tucker C J. Red and Photographic Infrared Linear Combination for Monitoring Vegetation. // Remote Sensing of Environment. 1979. Vol. 8. P. 127–150.
- Дубинин М. Описание и получение данных SRTM // GIS-Lab – неформальное сообщество специалистов в области ГИС и ДДЗ. 2002-2014. URL: http://gis-lab.info
- Научный центр наблюдений за ресурсами Земли (EROS) [Электронный ресурс] URL: http://glovis.usgs.gov
- Карты лесного покрова. [Электронный ресурс] // Институт космических исследований. URL: http://smiswww.iki.rssi.ru

THE USE OF CORRELATION ANALYSIS OF REMOTE SENSING TO ASSESS THE IMPACT BASINS ON THE NATURAL ENVIRONMENT (BY THE EXAMPLE OF THE RYBINSK RESERVOIR)

© 2014 A.V. Bocharov, O.A. Tikhomirov

Tver State University, Tver

In this paper we attempted to use remote sensing data to assess the impact of large bodies of water on the environment. As parameters, the values of the normalized vegetation index (NDVI), moisture stress index (MSI) of the distance from the reservoir, relief height, surface temperature, exposure relative to the reservoir. The rating is based on the correlation analysis of the studied parameters.

Key words: remote sensing, the local climate, the normalized vegetation index, the Rybinsk Reservoir, correlation analysis

-

Bocharov Alexander V., graduate student, bochalex@bk.ru; Tikhomirov Oleg A., Doctor of Geographical Sciences, Professor, tikhomirovoa@mail.ru