

УДК 630\*237.2:582:475(470.13)

**В. В. Пахучий, Л. М. Пахучая****ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ПРИ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ОБЪЕКТАХ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ**

*Приведены результаты исследований в насаждениях на объектах гидролесомелиорации в Троицко-Печорском и Корткеросском лесничествах Республики Коми. Выполнена оценка возможности использования вегетационных индексов (NDVI – нормализованный разностный индекс растительности и LWCI – индекс содержания влаги в листьях) при гидролесомелиоративных исследованиях.*

**Ключевые слова:** Республика Коми; гидролесомелиорация; вегетационные индексы.

**Введение.** Регулирование водного режима почв путём осушения является важной составляющей лесоводственных систем в таёжной зоне. Совершенствование методов и способов гидротехнических мелиораций возможно на основе региональных исследований, базирующихся, в свою очередь, на сочетании традиционных и современных методов изучения влияния осушения на водный режим почв, рост леса, окружающую среду и т.д.

В работе приведены результаты исследований на объектах гидромелиорации с произрастающими на них смешанными насаждениями с преобладанием тёмнохвойных пород. Наряду с лесоводственно-таксационными методами в работе использованы элементы спутниковых технологий. Дистанционные методы находят применение при изучении структуры и производительности лесных фитоценозов, для оценки санитарного состояния лесов, их инвентаризации и др. При этом достаточно широко используются спектральные или вегетационные индексы, рассчитываемые или представляемые в виде

изображений на основе комбинации значений яркости в отдельных каналах, информативных для выделения и исследования изучаемого объекта. В настоящее время известно около 160 вариантов вегетационных индексов. Одним из наиболее часто используемых индексов является индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный разностный индекс растительности) [1]. В большинстве случаев вегетационные индексы являются относительными показателями, зависящими от большого количества факторов. Тем не менее, их использование при изучении растительности, в том числе древесной, при оценках воздействия хозяйственных мероприятий и выбросов промышленных предприятий на лесные фитоценозы, считается перспективным направлением исследований [2–5].

**Целью** работы являлась оценка возможности использования индексов NDVI и LWCI (Leaf Water Content Index – индекс содержания влаги в листьях) при гидролесомелиоративных исследованиях.

© Пахучий В. В., Пахучая Л. М., 2014.

Ссылка на статью: Пахучий В. В., Пахучая Л. М. Опыт использования вегетационных индексов при комплексных исследованиях на объектах гидролесомелиорации // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1(21). – С. 33-41.

**Методика и объекты.** Объекты исследования представлены участками в Нижне-Омринском участковом лесничестве Троицко-Печорского лесничества Республики Коми, на которых в 1989 году было выполнено осушение. Ценность объекта заключается в том, что он занимает крайнее восточное положение на европейской части России, и, таким образом, позволяет более полно представить пространственную изменчивость лесоводственной эффективности гидротехнической мелиорации на данной территории. Кроме этого, в составе насаждений здесь представлен кедр сибирский. Объект труднодоступен, что свидетельствует о целесообразности использования при исследовании насаждений дистанционных методов. Характеристика древостоев элементов леса, ярусов, общая характеристика насаждений, естественного возобновления и осушительной сети на опытных объектах приводились ранее [6]. Фрагмент таксационного описания и возобновления на объектах лесосушения приведён в табл. 1, 2. Для сравнения использовали данные, полученные на гидролесомелиоративном стационаре в

Корткеросском лесничестве, где осушение выполнено в 1976 году. Характеристика насаждений стационара приводилась в связи с оценкой лесоводственной эффективности гидромелиорации в Республике Коми [7].

В данной работе (в дополнение к опытным объектам с выполненными на них лесоводственными и таксационными исследованиями в Троицко-Печорском лесничестве) было выбрано три межканальных промежутка с различным расстоянием между регулируемыми осушителями. На выбранных межканальных пространствах были рассчитаны вегетационные индексы для участков, удалённых от каналов на различном расстоянии. В Троицко-Печорском лесничестве использованы снимки спутника Landsat для дат: 30.07.1992 г. и 19.07.1999 г., т.е. съёмка выполнена через 3 и 10 лет после строительства осушительной сети, при исследованиях в Корткеросском лесничестве использовали снимок 25.06.2009 г., т.е. съёмка выполнена через 33 года после осушения. Космоснимки прошли предварительную обработку, в том числе геометрическую коррекцию.

Таблица 1

Состав и общая таксационная характеристика насаждений

Состав	Запас общий, м <sup>3</sup> /га	Класс возраста	Класс бонитета по М.М. Орлову	Тип леса по В.Н. Сукачеву
I 5К <sub>д1</sub> 5Б II 10Е	137	X	IV	Е. долгомошный
I 10К <sub>д1</sub> II 5Е5Б ед.Пх	52	VIII	V	Е. долгомошный
I 4К <sub>д1</sub> 6Б II 10Е ед.К <sub>дII</sub>	123	IX	Vб	Е. осокосфагновый
I 10К <sub>д1</sub> II 8Е2Б ед.К <sub>дII</sub>	84	VIII	Vб	Е. сфагновый
I 5К <sub>д1</sub> 5Б II 10Е	202	IX	Vа	Е. долгомошный
I 9Е1Б ед.К <sub>д1</sub>	136	IX	Vб	Е. долгомошный
I 8Б2С II 9Е1К <sub>дII</sub>	132	IX	Vб	Е. осокосфагновый
I 10Б II 1К <sub>д1</sub> 9Е+Пх	240	IX	Vа	Е. долгомошный

**Примечание:** Е – ель; С – сосна; Б – береза; Пх – пихта; К<sub>д1</sub> – кедр первого (старшего) поколения; К<sub>дII</sub> – кедр второго (младшего) поколения.

Таблица 2

## Характеристика естественного возобновления на опытных участках

Состав	Густота по породам, тыс.шт./га				Общая густота, тыс.шт./га
	ель	пихта	кедр	береза	
7Е1Кд2Б	3,6 м		0,8 м	1,0 к	5,4
5Е2Кд3Б	2,5 м		0,8 м	1,6 к	4,9
9Е1Кд	0,8 с		0,1 м		0,9
6Е1Пх2Кд1Б	0,5 к	0,1 м	0,1 к	0,1 м	0,8
6Е4Б	1,0 к			0,7 м	1,7
7Е1Пх1Кд1Б	1,3 с	0,1 м	0,1 м	0,2 м	1,7
5Е4Кд1Б	1,3 с		0,9 м	0,3 к	2,5
4Е1Пх4Кд1Б	2,1 м	0,6 с	1,8 м	0,6 м	5,1

**Примечание:** Е – ель; Кд – кедр; Пх – пихта; Б – берёза; м – мелкий подрост (высота до 0,5 м); с – средний подрост (высота от 0,51 до 1,50 м); к – крупный подрост (высота более 1,50 м).

Расчёт индекса NDVI выполнен по формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED), \quad (1)$$

где NIR – значение отражения в ближней инфракрасной области спектра; RED – значение отражения в красной области спектра.

Индекс содержания влаги в листьях (LWCI – Leaf Water Content Index) рассчитан по формуле [8]:

$$LWCI = -\ln[1 - (NIR - MIR_1) / 255], \quad (2)$$

где MIR<sub>1</sub> – значение отражения в средней инфракрасной области спектра.

Для работы в среде ГИС и получения значений пикселей использовали открытую географическую информационную систему Quantum GIS (QGIS). Необходимо учитывать, что ряды пикселей не обязательно ориентированы по направлению осушительных каналов, вдоль длинных сторон пробных площадей или границ зон с близким лесоводственным эффектом осушения. В связи с этим предлагается рассчитывать средневзвешенное значение яркости через площадь частей пикселей, слагающих пробную площадь [9]. В данном случае использовали значения целых пикселей в соответствующих спектральных каналах в границах пробных площадей или ряды пикселей, расположенных на различном расстоянии от осушительных каналов. Аналогичный подход был принят при выявлении медленных изме-

нений в лесах, когда в пределах изучаемых участков выделялись площади размером 2–6 пикселей [10]. Учитывая реальные размеры пробных площадей, в данном случае ограничивались 2–3 пикселями. При разрешении используемых снимков 30 м площадь опытного участка составляла 0,18–0,27 га. Удаление рядов пикселей от осушительных каналов определяли по кратчайшему расстоянию от их центров до каналов с использованием инструмента QGIS «Измерить линию».

**Результаты и обсуждение.** В работе приведены количественные оценки индексов NDVI и LWCI на объекте исследования (табл. 3), их изменение в зависимости от положения участка на межканальной полосе, показатели связи между этими индексами и отдельными таксационными характеристиками насаждений.

Согласно данным табл. 3, индекс NDVI изменяется от 0,36 до 0,50. Это меньше оценок NDVI для ельников, полученных по аналогичным снимкам в рассматриваемом районе в связи с исследованием роли рельефа в формировании растительности карстовых ландшафтов европейского Северо-Востока России [11]. Однако необходимо учитывать, что в этом случае рассматривались насаждения на естественно дренированных участках, тогда как объекты исследования представлены заболоченными участками, а интенсивность их осушения невысокая.

Таблица 3

## Индексы NDVI и LWCI на опытных объектах по данным съёмки 1992 и 1999 гг.

Серия опытных участков	Даты съёмки			
	30.07.1992 г.		19.07.1999 г.	
	NDVI	LWCI	NDVI	LWCI
1	0,43-0,50	0,031-0,052	0,40-0,49	0,12-0,19
2	0,42-0,49	0,010-0,048	0,42-0,46	0,13-0,16
3	0,43-0,50	-0,004-0,048	0,36-0,43	0,12-0,16
4	0,42-0,47	0,002-0,061	0,40-0,44	0,13-0,17

Индекс LCWI изменяется от -0,004 до 0,17. Это более высокие показатели по сравнению, например, с оценками, полученными для заболоченных участков, лугов, ивняков и тундровых сообществ в условиях зоны тундры [8].

В результате изучения изменения индекса NDVI на межканальных пространствах установлено следующее. В 1992 году, т.е. через три года после осушения, связь между индексом NDVI и расстоянием до канала слабая отрицательная недостоверная ( $R=0,07$ ;  $R_{0,05}=0,37$ ;  $N=29$ ). В 1999 году, т.е. через 10 лет после строительства осушительной системы, связь между рассматриваемыми показателями также отрицательная, но близкая к средней по тесноте, достоверная на 10 % уровне значимости ( $R=0,35$ ;  $R_{0,05}=0,37$ ;  $R_{0,10}=0,32$ ;  $N=29$ ). Это согласуется с представлением о данном индексе как относительной характеристике фитомассы, количественные оценки которой при выраженном лесоводственном эффекте осушения должны быть больше вблизи каналов.

Для оценки возможного влияния на изменчивость индекса NDVI на объекте гидромелиорации мощности торфа использовали данные, полученные на гидроресомелиоративном стационаре в Корткеросском лесничестве (табл.4).

Анализ данных табл. 4 показывает, что при выравнивании выборки включённых в анализ пробных площадей по мощности торфа коэффициент корреляции и коэффициент регрессии увеличивается. Коэффициент корреляции между индексом NDVI и расстоянием до ближнего канала достигает 0,63 и достоверен на 5 % уровне значимости. В рассмотренных случаях коэффициенты регрессии отрицательные. Однако, учитывая тенденцию уменьшения коэффициента регрессии по абсолютной величине с увеличением диапазона мощности торфа, можно допустить, что при определённой комбинации опытных объектов коэффициенты регрессии могут принять положительное значение. Индекс NDVI недостоверно или слабо достоверно на 5 % уровне значимости

Таблица 4

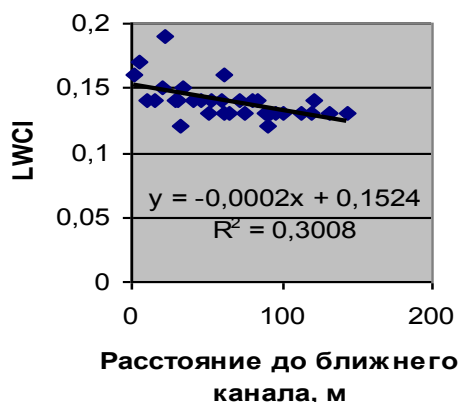
## Зависимость NDVI от удаления до осушительных каналов (м) при различной мощности торфа (м)

Показатель		N	$R^2$	R	$R_{0,05}$	$R_{0,10}$	Коэффициенты уравнения $Y=AX+B$		Мощность торфа, м
X	Y						A	B	
L	NDVI	12	0,395	0,63	0,58	0,50	-0,00080	0,5407	0,15–0,25
L	NDVI	19	0,245	0,50	0,46	0,39	-0,00050	0,5281	0,15–0,30
L	NDVI	25	0,056	0,24	0,40	0,33	-0,00020	0,5157	0,15–0,40
L	NDVI	32	0,008	0,09	0,35	0,32	-0,00009	0,5083	0,15–0,60
T	NDVI	19	0,083	0,29	0,46	0,39	-0,09240	0,5340	0,15–0,30
T	NDVI	32	0,137	0,37	0,35	0,32	-0,04880	0,5221	0,15–0,60

**Примечание:** L, м – расстояние до ближнего канала; NDVI – нормализованный разностный индекс растительности; N – повторность опыта (количество пробных площадей); R – коэффициент корреляции.

зависит от мощности торфа. В то же время необходимо учитывать, что в данном случае дифференцирование опытных объектов в выборках по расстоянию до осушительных каналов не выполнялось. Видимо, при выравнивании выборки по признаку «расстояние до осушительных каналов» можно ожидать усиления связи между индексом NDVI и мощностью торфа.

Для индекса LCWI, характеризующего содержание влаги в листьях, связь с расстоянием до канала через три года после осушения (1992 г.) в Троицко-Печорском лесничестве достоверная положительная ( $R=0,44$ ;  $R_{0,05}=0,37$ ;  $N=29$ ), а через 10 лет после строительства осушительной сети (1999 г.) – достоверная отрицательная ( $R=0,55$ ;  $R_{0,05}=0,37$ ;  $N=29$ ) (см. рис.). При объяснении различной



*Изменение индекса LCWI при удалении от каналов в 1999 г.*

направленности связи между рассматриваемыми показателями, видимо, можно допустить следующее. Осушение выполнено на участках с насаждениями высокого возраста (табл. 1). В первые годы после осушения у старых деревьев, произрастающих вблизи каналов, может наблюдаться стрессовое состояние, выраженное в большей степени, чем у деревьев на середине межканального пространства, где уровни воды после осушения опускаются на меньшую глубину, поэтому вблизи ка-

налов индексы LCWI меньше, чем на середине межканальной полосы. С течением времени после осушения происходит адаптация деревьев к изменившемуся водному режиму почв, вблизи каналов формируется более густое возобновление. В результате вблизи каналов индексы LCWI больше, чем на середине межканальной полосы.

Необходимо учитывать, что так же, как и NDVI, индекс LCWI является относительной оценкой, зависящей от условий и времени съёмки, освещённости, состояния атмосферы, разрешения сенсора, ширины спектральных каналов. Значения яркости ближних к осушительным каналам пикселей, а значит и результаты расчёта индексов зависят от доли включаемой в них площади насаждений и открытых пространств просек. В последнем случае на оценки индекса, видимо, может влиять почвенный фон просек [1], а также различия в продуцировании фитомассы насаждением и, например, луговой или кустарниковой и кустарничковой растительностью на просеках. Известно, что комбинированное использование индексов NDVI и LCWI позволяет оценить возможность объединения растительных сообществ в группы в пространстве значений этих индексов в зависимости от запасов фитомассы фитоценозов и условий увлажнения [8]. В данном случае аналогичный подход может быть использован для дифференцирования участков, отличающихся интенсивностью осушения и условиями увлажнения (табл. 5). Анализ табл. 5 показывает, что данные, приведённые здесь, в целом согласуются с полученными выше оценками и зависимостями (табл. 3, рис.). В то же время при сравнении одного типа растительности, в данном случае древесного, классификационные возможности метода ниже, чем, например, при сравнении болотного, кустарникового и тундрового типов растительности [8].

Таблица 5

**Значения NDVI и LWCI на опытных участках вблизи каналов и на середине межканального пространства**

Положение опытных участков на межканальном пространстве	30.07.1992 г.		19.07.1999 г.	
	NDVI	LWCI	NDVI	LWCI
Вблизи каналов	0,42-0,50 (0,46)	- 0,004-0,050 (0,022)	0,38-0,49 (0,44)	0,12-0,19 (0,15)
На середине межканального пространства	0,43-0,48 (0,46)	0,029-0,048 (0,043)	0,37-0,42 (0,40)	0,13-0,13 (0,13)

**Примечание:** в скобках – среднее значение индексов.

Изучение зависимости индексов от таких интегральных таксационных показателей, как запас древесины основных слагающих насаждение пород по данным 1999 года, показал следующее. Между индексом NDVI и общим запасом тёмнохвойных пород (ель, кедр, пихта) в Троицко-Печорском лесничестве связь приближается к средней по тесноте ( $R=0,59$ ;  $R_{0,10}=0,62$ ;  $N=8$ ). При этом направленность связи положительная, что согласуется с представлением о данном индексе как относительной характеристике фитомассы, имеющей более высокие оценки при большем запасе древесины.

Связь между индексом LWCI и общим запасом тёмнохвойных пород характеризуется близкой по тесноте оценкой к указанной выше для индекса NDVI ( $R=0,52$ ;  $R_{0,10}=0,62$ ;  $N=8$ ). Однако в этом случае направленность связи отрицательная. Возможно, это объясняется более низкими адаптационными возможностями более старых древостоев с большим запасом древесины (табл. 1).

В анализируемой совокупности опытных объектов в Троицко-Печорском лесничестве установлена средняя связь между индексом NDVI и общей густотой возобновления ( $R=0,68$ ;  $R_{0,05}=0,71$ ;  $R_{0,10}=0,62$ ). В свою очередь, общая густота подроста, сформировавшегося в основном после осушения, зависит от положения изучаемых объектов на межканальной полосе. Так, вблизи каналов она составляет 5,1–5,4 тыс.шт./га, тогда как на середине межканальной полосы уменьшается до 0,8–1,7 тыс.шт./га (табл. 2).

В заключение можно отметить, что при гидролесомелиоративных комплексных исследованиях дополнительная новая информация может быть получена на основе дистанционных методов. При этом перспективным является использование вегетационных индексов. Исследования в данном направлении необходимо развивать, увеличивая представительность тест-объектов, используя объекты с длительным периодом влияния осушения, снимки с более высоким разрешением, данные режимных наблюдений за динамикой уровней почвенно-грунтовых вод и влажностью почвы, характеристики почв и торфов и т.д.

### Выводы

1. В средней подзоне тайги Республики Коми на объектах гидролесомелиорации нормализованный разностный индекс растительности NDVI увеличивается при приближении к осушительным каналам и с течением времени после осушения. Установленная тенденция согласуется с базовыми положениями гидролесомелиорации о влиянии осушения на рост и производительность леса и представлением о данном индексе как относительной характеристике фитомассы, количественные оценки которой при выраженном лесоводственном эффекте осушения должны быть больше вблизи каналов. На мелкозалежных торфяниках при изучении зависимости индекса NDVI от расстояния до осушительных каналов необходимо учитывать мощность торфа.

2. Индекс содержания влаги в листьях LWCI через три года после строительства гидромелиоративной сети достоверно по-

ложительно ( $R=0,44$ ;  $R_{0,05}=0,37$ ;  $N=29$ ), а через 10 лет достоверно отрицательно ( $R=0,55$ ;  $R_{0,05}=0,37$ ;  $N=29$ ) зависит от расстояния до осушительных каналов. Это указывает на возможность использования индекса LWCI для оценки адаптационных процессов в насаждениях на объектах гидромелиорации.

3. Установлена качественная связь между индексом NDVI и общей плотностью возобновления ( $R=0,68$ ;  $R_{0,10}=0,62$ ;  $R_{0,05}=0,71$ ) и между NDVI и запасом древесины темных пород, что свидетельствует о перспективности использования аналогичных зависимостей для оценки лесоводственной эффективности осушения.

#### Список литературы

1. Черепанов, А. С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы / А. С. Черепанов, Е. Г. Дружинина // Геоматика (Geomatics). – 2009. – № 3(4). – С. 28-33.
2. Курбанов, Э. А. Дистанционный мониторинг динамики нарушений лесного покрова, лесовозобновления и лесовосстановления в Марийском Заволжье / Э. А. Курбанов, Т. В. Нуреева, О. Н. Воробьев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Т. Ф. Мифтахов, С. А. Незамаев, Ю. А. Полевщикова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3 (13). – С. 17-24.
3. Воробьев, О. Н. Дистанционный мониторинг гарей в Марийском Заволжье / О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – № 1 (15). – С. 12-22.
4. Курбанов, Э. А. Сравнительный анализ спутниковых снимков высокого разрешения при дешифрировании древостоев, загрязненных отходами силикатного производства / Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, Ю. А. Полевщикова, С. А. Незамаев, Е. Н. Демишева // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 2 (18). – С. 74-90.
5. Курбанов, Э. А. Тематическое картирование и стратификация лесов Марийского Заволжья по спутниковым снимкам Landsat / Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, С. А. Незамаев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 3 (19). – С. 82-92.
6. Пахучая, Л. М. Лесоводственная эффективность гидромелиорации темнохвойных с участием кедров сибирского насаждений на крайнем северо-востоке европейской части России / Л. М. Пахучая // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2009. – № 4. – С. 7-11.
7. Пахучий, В. В. Факторы продуктивности осушенных насаждений Европейского Северо-Востока / В. В. Пахучий. – Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 1991. – 104 с.
8. Елсаков, В. В. Технологии дистанционного зондирования в исследовании свойств растительных сообществ бассейна р. Новая Нерута / В. В. Елсаков, С. Н. Плюснин, В. М. Щанов // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2006. – № 2 (100). – С. 315-319.
9. Пахучий, В. В. Дешифрирование состава насаждений по материалам дистанционного зондирования / В. В. Пахучий. – Труды Сыктывкарского лесного института. – 2007. – Т. 7. – С. 164-167.
10. Черепанов, А. С. Технология выявления медленных изменений в лесах по мультиспектральным космическим снимкам (на примере вымокания лесов) / А. С. Черепанов // Геоматика (Geomatics). – 2009. – № 3(4). – С. 66-75.
11. Елсаков, В. В. Роль рельефа в формировании растительности карстовых ландшафтов европейского Северо-Востока России / В. В. Елсаков, Л. В. Тетерюк. – Исследование Земли из космоса. – 2012. – №3. – С. 78-93.

Статья поступила в редакцию 16.12.13.

*ПАХУЧИЙ Владимир Васильевич* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесного хозяйства, Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУ ВПО «СПбГЛТУ» (Российская Федерация, 167982, Сыктывкар, ул. Ленина, д. 39). Область научных интересов – лесоведение, лесоводство, таксация, гидротехнические мелиорации лесных земель. Автор 210 публикаций.

*ПАХУЧАЯ Людмила Михайловна* – доцент кафедры лесного хозяйства, Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУ ВПО «СПбГЛТУ» (Российская Федерация, 167982, Сыктывкар, ул. Ленина, д. 39). Область научных интересов – лесоведение, лесоводство, таксация, гидротехнические мелиорации лесных земель. Автор 70 публикаций.

E-mail: pakhutchy@rambler.ru

*PAKHUCHIY Vladimir Vasilevich* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head at the Chair of Forestry, Syktyvkar Forest Institute (branch of FSBEI HPE «Saint-Petersburg State Forest Technical University») (39, Lenina St., 167982, Syktyvkar, Russian Federation). Research interests – silviculture, forestry, taxation, hydrotechnical amelioration of forest lands. The author of 210 publications.

*PAKHUCHAYA Ludmila Mikhailivna* – Associate Professor at the Chair of Forestry, Syktyvkar Forest Institute (branch of FSBEI HPE «Saint-Petersburg State Forest Technical University») (39, Lenina St., 167982, Syktyvkar, Russian Federation). Research interests – silviculture, forestry, taxation, hydrotechnical amelioration of forest lands. The author of 70 publications.

E-mail: pakhutchy@rambler.ru

*V. V. Pakhuchiy, L. M. Pakhuchaya*

## EXPERIENCE OF VEGETATION INDICES USE FOR COMPLEX RESEARCHES ON THE OBJECTS OF HYDRO AND FOREST AMELIORATION

**Key words:** Komi Republic; hydro and forest amelioration; vegetation indices.

### ABSTRACT

*The remote sensing data can be used for study and inventory of forests, study of forest structure and forest state. Nowadays, spectral or vegetation indices are widely used for the purposes. Relationship between some vegetation indices (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index and LWCI – Leaf Water Content Index) and distance from sample plots to drainage ditches, between these indices and some taxation forest stand parameters are studied in the paper. Research was carried out in Troitsko-Pechorskiy forestry of Komi Republic. The results of research taken place in the Kortkerosskiy forestry were used for comparison. In the first years after drainage NDVI weakly negatively correlates with distance from stands to ditches. In 10 years after drainage a negative correlation is also observed between the indices ( $R=0,35$ ;  $R_{0,05}=0,37$ ;  $R_{0,10}=0,32$ ;  $N=29$ ). This result is coordinated with the idea that NDVI is an index of phytomass and it is larger near ditches. At the shallow peat bogs it is necessary to take into account peat thickness when studying dependence of the NDVI index from distance to ditches. LWCI is weakly positively correlated with distance from sample plots to drainage ditches in the first years after drainage. Perhaps, it is the result of trees stress caused by water regime change. In 10 years after drainage, medium negative correlation is observed between these indices ( $R=0,55$ ;  $R_{0,05}=0,37$ ;  $N=29$ ). It can be the consequence of trees adapting to the changed water regime. That is why LWCI index is larger close to ditches and less in the middle of strip between the ditches. NDVI is qualitatively connected with the volume of spruce, fir and Siberian cedar and with the density of natural reforestation. That indicates to perspective of use of this vegetation index for estimation of forestry drainage effect.*

### References

1. Cherepanov A.S., Druzhinina E.G. Spektralnye svoystva rastitelnosti i vegetatsionnye indeksy [Spectral Properties of Vegetation and Vegetative Indices]. *Geomatika [Geomatics]*. 2009. No 3(4). P. 28-33.
2. Kurbanov E.A., Nureeva T.V., Vorobev O.N., Gubaev A.V., Lezhnin S.A., Miftakhov T.F., Nezamaev S.A., Polevshchikova Y.A. Distantionny monitoring dinamiki narusheniy lesnogo pokrova, lesovozobnovleniya i lesovosstanovleniya v Mariyskom Zavolzhe [Remote Monitoring of Disturbances in Forest Cover, Reforestation and Afforestation of Mari Forests]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]*. 2011. No 3 (13). P. 17-24.
3. Vorobev O.N., Kurbanov E.A., Gubaev A.V., Lezhnin S.A., Polevshchikova Y.A. Distantionny monitoring garey v Mariyskom Zavolzhe [Remote Monitoring of Forest Burnt Areas in Mari Forests]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]*. 2012. No 1 (15). P.12-22.
4. Kurbanov E.A., Vorobev O.N., Polevshchikova Y.A., Nezamaev S.A., Demisheva E.N. Sravnitelnyy



analiz sputnikovoykh snimkov vysokogo razresheniya pri deshifirovaniy drevostoev, zagryaznennykh ot khodami silikatnogo proizvodstva [Comparison Analysis of Satellite Images of High Resolution for Interpretation of Forests Contaminated by Wastes of Silicate Production]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2013. No 2 (18). P. 74-90.

5. Kurbanov E.A., Vorobev O.N., Nezamaev S.A., Gubaev A.V., Lezhnin S.A., Polevshchikova Y.A. Tematicheskoe kartirovanie i stratifikatsiya lesov Mariyskogo Zavolzhya po sputnikovym snimkam Landsat [Thematic Mapping and Stratification of Forests in Mari Region by Landsat Satellite Images]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2013. No 3 (19). P. 82-92.

6. Pakhuchaya L.M. Lesovodstvennaya effektivnost gidromelioratsii temnokhvoynykh s uchastiem kedra sibirskogo nasazhdeniy na kraynem severovostoke evropeyskoy chasti Rossii [Forestry Efficiency of Hydromelioration of Dark-Coniferous Stands with Participation of Siberian Cedar in the Extreme North-East of the European Part of Russia]. *IVUZ. Lesnoy zhurnal* [Forestry Journal]. 2009. No 4. P. 7-11.

7. Pakhuchiy V.V. Faktory produktivnosti osushennykh nasazhdeniy Evropeyskogo Severo-Vostoka [Factors of Efficiency of the Drained Stands of the

European North-East]. Syktyvkar: Komi scientific centre UD RAS, 1991. 104 p.

8. Elsakov V.V., Plyusnin S.N., Shchanov V.M. Tekhnologii distantsionnogo zondirovaniya v issledovanii svoystv rastitelnykh soobshchestv basseyna r. Novaya Neruta [Technologies of Remote Sensing in Research of Properties of Vegetable Communities of the Basin of the Novaya Neruta]. *Vestnik Instituta biologii Komi NTs UrO RAN* [Vestnik of Biology Institute of Komi, SC of Ural Department of Russian Academy of Sciences]. 2006. No 2 (100). P. 315-319.

9. Pakhuchiy V.V. Deshifirovanie sostava nasazhdeniy po materialam distantsionnogo zondirovaniya [Decoding of Stand Structure with the Use of Materials of Remote Sensing]. *Trudy Syktyvkar'skogo lesnogo instituta* [Proceedings of Syktyvkar Forest Institute]. 2007. Volume 7. P. 164-167.

10. Cherepanov A.S. Tekhnologiya vyyavleniya medlennykh izmeneniy v lesakh po multispektralnym kosmicheskim snimkam (na primere vymokaniya lesov) [Technology of Identification of Slow Changes in the Forests with the Use of Multispectral Space Images (on the example of a flooding of the forests)]. *Geomatika* [Geomatics]. 2009. No 3(4). P. 66-75.

11. Elsakov V.V., Teteryuk L.V. Rol relefa v formirovaniy rastitelnosti karstovykh landshaftov evropeyskogo Severo-Vostoka Rossii [Relief Role in Formation of Vegetation of Karst Landscapes of the European North-East of Russia]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa* [Earth Research from Space]. 2012. No 3. P. 78-93.