

Рисунок 2 – Расположение значений регрессии относительно ВОО (Медасс)

Максимальное отклонение по абсолютной величине значений ВОО по уравнению (1) от ВОО Медасс составило 150 ккал. Средний процент отклонений равен 3,4%.

Существующие расхождения объясняются тем, что недостаточно факторов (возраст, рост и вес) для правильного вычисления величины ОО. Кроме того на результат влияют неточности и редкая шкала параметров в табличных данных. Так, рост в таблице Харриса-Бенедикта указан с интервалом 4 см, возраст – с интервалом 2 года. Поэтому в промежуточных точках, не совпадающих с табличными, значения брались в ближайших расположенных в таблице точках.

Для оптимизации дальнейших исследований с использованием таблицы Харриса-Бенедикта нами разработан программный модуль в среде Excel, позволяющий в автоматическом режиме рассчитывать ВОО у женщин. Запуская программный модуль, на экране появляется диалоговое окно для ввода данных (вес (масса тела), рост (длина тела), возраст).

В заключение приведем некоторые **выводы и замечания**

1. Были изучены отдельно зависимости ВОО от массы, длины и жировой массы тела. Явно выраженных зависимостей не наблюдается.

2. Вызывают недоверие данные в таблице Харриса-Бенедикта, соответствующие возрасту 17 и 19 лет и росту 96–104 года.

3. По данным таблицы Харриса-Бенедикта невозможно определить показатель основного обмена для лиц мужского пола.

4. Рост в таблице указан с интервалом 4 см, возраст с интервалом 2 года. Значения в промежуточных точках необходимо получать методами интерполирования.

Устранение указанных замечаний, возможно, позволит более точно рассчитывать величину ВОО.

#### Библиографический список

1. Држевецкая И.А. Основы физиологии обмена веществ и эндокринная система. – М., 1977.
2. Мак-Мюррей У. Обмен веществ у человека. – М., 1980.
3. Теппермен Дж. и Теппермен Х. Физиология обмена веществ и эндокринной системы. – М., 1989.
4. Физиология человека. – М., 1986. Т. 4.
5. Энциклопедический словарь медицинских терминов. – М., 1982.
6. Хворова Л.А. Гавриловская Н.В., Лопатин Н.Н. Применение информационных технологий, математических методов и моделей для обработки и анализа многомерных данных // Известия АГУ. – 2006. – №1.

УДК 581.6

### Анализ состояния растительности, как показателя изменения климата, на основе индекса NDVI и спутниковых данных

*Т.Г. Сысоева<sup>1</sup>, Н.М. Ковалевская<sup>2</sup>, Л.А. Хворова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>АлтГУ, г. Барнаул; <sup>2</sup>ИВЭП, г. Барнаул

Проблема анализа состояния растительности является одной из фундаментальных, поисковых и прикладных научных проблем в области природно-климатических изменений, решение которой направлено на получение и применение новых знаний для охраны окружающей среды и рационального природопользования в условиях изменяющегося климата.

Данное направление является одним из основных научных направлений фундаментальных исследований Института водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН. Задача анализа

состояния растительности в Сибири и Арктике на основе индекса NDVI и данных спутника LANDSAT 8 возникла в рамках сотрудничества с лабораторией водных ресурсов и водопользования.

Как следует из литературных источников [1, 2], в последние годы активно проводятся оценки движения границы леса на север, «озеленения» и «закустаривания» тундры и влияния этих процессов на биологическую продуктивность ландшафтов российской Арктики с использованием дистанционных методов зондирования Земли. Полученные результаты позволяют выявить перспективы их разномасштабных, одновременных и разнонаправленных изменений в условиях синергизма действий меняющегося климата и расширяющейся хозяйственной деятельности. Многими экспертами установлено, что на современном этапе в Арктике наблюдаются одновременно как процесс роста продуктивности, который рассматривается как эффект синергизма действия потепления климата и хозяйственного освоения, так и ее снижения за счет антропогенной трансформации ландшафта.

Арктика – один из четырех регионов мира, отнесенных к наиболее уязвимым по отношению к изменениям климата. Наиболее полные исследования по изменению в арктических сообществах под влиянием климата проведены для североамериканского сектора Арктики. Имеются отдельные публикации, позволяющие сделать вывод и о реакции тундровых экосистем России [1, 2] – «озеленение» тундр, например на полуострове Ямал.

Получаемые со спутников изображения земной поверхности Арктики свидетельствуют о возрастании за последние десятилетия усредненного значения нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), отражающего степень «озеленения» территории, что обусловлено увеличением продукции фитомассы в условиях роста продолжительности вегетационного периода. Рост NDVI связывают с потеплением, что проявляется в разрушении ледового покрова в 50-километровой зоне вдоль берега, которое происходит в районах высокоширотной Арктики. Возрастание запасов и продукции зеленой фитомассы тесно коррелирует с ростом средних летних температур, увеличением продолжительности вегетационного периода и количеством накопленного за этот период тепла, а также с увеличением глубины деятельного слоя почвы за счет его протаивания [1, 2].

Реализация цели исследования будет осуществляться на примере растительности Ямало-Ненецкого автономного округа, в частности, Гыданского полуострова.

Территория округа располагается в трёх климатических зонах: арктической, субарктической и зоне северной полосы Западно-Сибирской низменности. Регион относится к районам Крайнего Севера, и более половины его территории расположено за Полярным кругом.

Характерным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность. Знания о связи структуры и состояния растительности с ее спектрально отражательными способностями позволяют использовать аэрокосмические снимки для картографирования и идентификации типов растительности.

Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию так называемых «индексных» изображений. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, называются *вегетационными индексами*.

Наиболее популярный и часто используемый индекс – **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)** – **нормализованный разностный индекс растительности**, – количественный показатель величины фотосинтетически активной биомассы (обычно используется для количественной оценки растительного покрова и называется вегетационным индексом).

**Индекс вычисляется по формуле:**

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

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

Отношение этих показателей позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов.

Сбор спутниковых данных осуществлялся через портал EarthExplorer, разработанный специалистами геологической службы США. Тематическая обработка космоснимков и интерпретация полученных данных производилась в прикладном пакете SNAP (Sentinel Application Platform). Для каждого дня в пакете SNAP рассчитывается вегетационный индекс, определяются максимальные и минимальные значения NDVI. На рисунке 1 представлены результаты расчета индекса NDVI за 07.07.2015.

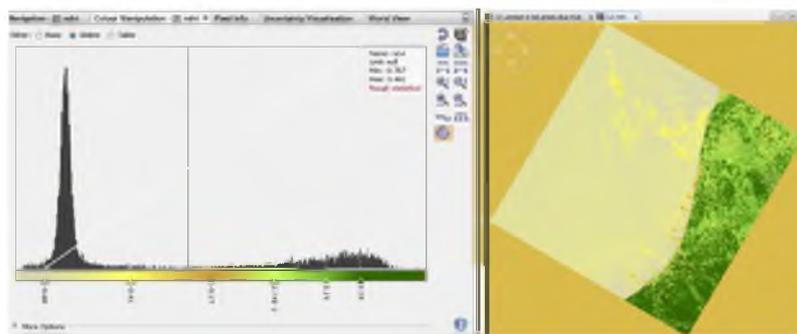


Рисунок 1 – Результаты расчета индекса NDVI за 07.07.2015

На рисунке 2 представлено 11 снимков территории Ямало-Ненецкого автономного округа, полученных за июль 2015 года (их расположение на карте).



Рисунок 2 – Расположение снимков территории Ямало-Ненецкого автономного округа, полученных за июль 2015 года

С помощью спутниковых данных можно осуществить комплексный мониторинг современных климатических и экосистемных изменений территорий, исследовать процессы установления и схода снежного покрова, динамику индекса NDVI.

Так, на основании полученных данных можно сделать вывод о том, что в 2015 году снежный покров сошел в двадцатых числах мая, а установился в десятых числах октября. Максимальное количество зеленой растительности наблюдалось в начале июля 2015 г (рисунок 3). Подобные выводы можно сделать и по данным 2014 г: снежный покров сошел в первых числах июня, а установился в начале октября; максимальное количество зеленой растительности наблюдалось на протяжении всего июля 2014 года.

Для уточнения сроков наступления и окончания летнего периода нами были привлечены ежедневные метеорологические данные, такие как: средняя температура воздуха, средняя температура поверхности почвы. На рисунке 4 представлены графики указанных параметров и индекса NDVI. Нетрудно заметить, что графики всех трех параметров коррелируют между собой, что дает возможность использовать их для решения многих прикладных задач.

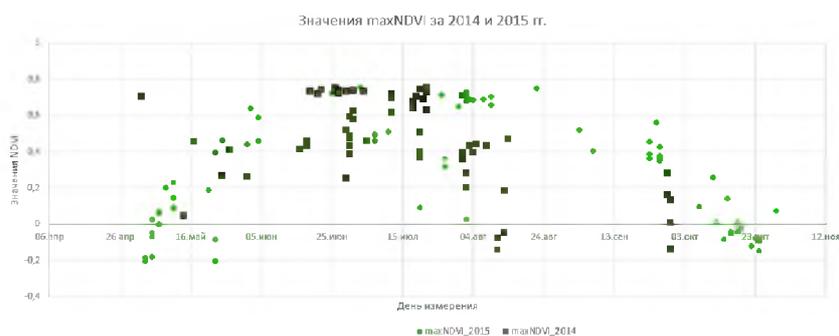


Рисунок 3 – Максимальные значения индекса NDVI за 2014, 2015 гг.



Рисунок 4 – Графики средних температур воздуха, поверхности почвы и индекса NDVI

Достоверные сведения по динамике снегонакопления и снеготаяния в весеннее время позволят дать прогноз весеннего половодья на реках и озерах. Сравнение значений процента годового протаивания позволит наиболее точно оценить факт климатических изменений, происходящих на рассматриваемой территории.

#### Библиографический список

1. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. – 2012. - №2 (6). – С. 66–78.
2. Тишков А.А., Кренке А.Н. «Позеленение» Арктики в XXI в. как эффект синергизма действия глобального потепления и хозяйственного освоения // Арктика: экология и экономика. – 2015. – №4 (20). – С. 28–37.

УДК 004.9

### Разработка программного модуля для расчета характеристик теплового режима почв

*Ю.О. Терехова*  
АлтГУ, г. Барнаул

Тепловой режим почв – важная составляющая гидротермического режима почв. Изучение моделей гидротермического режима осуществляется в рамках учебных дисциплин для студентов 3-го курса и магистрантов 1-го года обучения: «Математическое моделирование экологических, экономических и социальных систем», «Математические методы и модели в экологии». Первые работы по моделированию теплового режима почв были выполнены на языке фортран [1–5].

Для практического использования моделей теплового режима почв, как в учебном процессе, так и в целях научных исследований возникла необходимость в разработке программного модуля, в котором были бы представлены различные модели, описывающие динамику распределения температуры по почвенному профилю. Интерфейс программного модуля должен оптимизировать работу с моделями, содержать необходимую справочную информацию и осуществлять визуализацию расчетных данных. Вследствие этого программная реализация должна быть осуществлена на высокоуровневом языке программирования C++, а программный интерфейс выполнен в среде Visual Studio 2015.

Области применения программного модуля:

1. В учебном процессе:

- изучение моделей теплового режима почв;
- различных конечно-разностных схем и оценка влияния на точность решения;
- изучение влияния теплофизических параметров модели на точность расчетов;
- изучение влияния влажности на температурный режим почвы.

2. При решении исследовательских задач:

- динамика минеральных веществ в почве;
- урожайность яровых и озимых культур;
- фиксация атмосферного азота почвенными бактериями в симбиозе с бобовыми культурами.

Математические модели, связанные с описанием явления теплопереноса в пределах почвенного компартмента, основаны на нестационарных трехмерных уравнениях параболического типа и рассмотрены в работах [1–5].

В разрабатываемый программный модуль включены: одномерная модель и двумерная с вертикальной границей раздела между двумя почвенными компартментами с различной структурой.