

ИЗ ОПЫТА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЕДИНОГО ФЕНОЛОГИЧЕСКОГО ДНЯ

Янцер О.В.¹⁾, Вдовин А.С.²⁾

¹⁾Уральский государственный педагогический университет,
г.Екатеринбург, Российская Федерация, ksenia_yantser@bk.ru

²⁾Маннхейм, Федеративная Республика Германия, vdovin-as@Yandex.ru

Приведены результаты картографирования данных проекта «Единый фенологический день» в 2019 году путем построения поверхности в программном обеспечении ArcGIS Desktop. Дана оценка основных фактов и общих закономерностей продвижения фронта развития черемухи обыкновенной (*Padus avium*) на территории России в мае. Установлено, что раньше всего процесс начинается в юго-западных и юго-восточных равнинных и возвышенных районах страны. Максимальным запаздыванием характеризуются северные области, горные территории и пункты наблюдений с резко континентальным климатом.

Ключевые слова: ArcGIS Desktop; картографирование; черемуха обыкновенная; Единый фенологический день; изофена.

FROM EXPERIENCE OF MAPPING RESULTS PHENOLOGICAL ONE DAY

Yantser O.V.^a, Vdovin A.S.^b

^aUral State Pedagogical University,

Ekaterinburg, Russian Federation, ksenia_yantser@bk.ru

^bMannheim, Federal Republic of Germany, vdovin-as@Yandex.ru

The results of mapping the data of the project "Single phenological day" in 2019 by building a surface in the software ArcGIS Desktop are presented. The assessment of the main facts and General laws of the development front of common bird cherry (*Padus avium*) in Russia in may is given. It is established that the process begins first of all in the South-Western and South-Eastern plains and elevated areas of the country. The maximum delay is characterized by the Northern regions, mountainous areas and observation points with a sharply continental climate.

Key words: ArcGIS Desktop; mapping; common bird cherry; Single phenological day; isophene.

Единый фенологический день (далее - ЕФД) – всероссийский научный проект, базирующегося на единстве сроков наблюдения в масштабе нашей страны. Предпосылкой его организации стала идея известного уральского ученого В.А. Батманова, о создании феномониторинга всей планеты (Янцер, 2015). Масштабность исследования позволила предположить развитие планетарной фенологии. Большое количество наблюдателей одновременно, в выбранный день, на территории любой площади, вплоть до стран, континентов, или даже всего Земного шара опишут сезонное состояние какого-то широко распространенного, хорошо известного и легко наблюдаемого объекта, можно получить своеобразный «снимок» фенологии земной поверхности. Так можно измерять скорость распространения фенологических явлений по территории, определять динамику сезонного развития в разных регионах.

Для проведения ЕФД в пределах России пространственно выбраны участки сети особо охраняемых природных территорий, заповедников и природных парков, представляющих многообразие природных зон и ландшафтов страны, и населенные пункты с их окрестностями. ООПТ в качестве пунктов были выбраны с целью минимизирования антропогенного воздействия на ландшафты. Кроме того, во многих из них фенологические наблюдения проводятся для создания летописи природы. Для выявления особенностей сезонной динамики вида на урбанизированных территориях фенологическая съёмка проводилась в населённых пунктах и в их окрестностях. Датой реализации весеннего ЕФД было выбрано 15 мая, объектом наблюдений стала широко распространенная черёмуха обыкновенная (*Padus avium*). Зацветание черемухи является признаком разгара весны, часто ее цветение сопровождается последними заморозками

воздухе и приходом тепла (Минин, Воскова, 2014). В задачи участников входил выбор дерева (куста, зарослей) черёмухи, которые становятся постоянным объектом наблюдения на несколько лет, и ежегодно 15 мая отмечать их фенологическое состояние, сравнивая имеющийся объект с разработанной шкалой. Для проведения ЕФД был выбран описательный первичный метод, предполагающий доступность и простоту характеристики объекта, а также удобство для последующей обработки (Янцер, 2015; Янцер, Шишова, 2015).

Чтобы работать описательным первичным методом в такой форме и одновременно обеспечить высокую степень детальности наблюдений, необходимо хорошо представлять последовательность сезонных процессов и иметь разработанные шкалы нормальной последовательности явлений, то есть перечень фенологических состояний объекта, следующих друг за другом. С целью облегчить наблюдателям (которые вполне могут не иметь профессиональных компетенций по ботанике) эту часть работы и одновременно унифицировать полученные данные и составлена специальная шкала – нормальная последовательность фенофаз и их подразделений для одного объекта, представляющая собой прямой ряд сезонных необратимых явлений с пояснениями. Каждой фазе сезонного развития растения присвоена своя цифровая характеристика (таблица).

Шкала фенофаз развития черёмухи обыкновенной (составлена Беляевой Н.В., 2012)

Балл	Описание	Варианты наблюдаемого:
0	Зимний покой	все почки сохраняют зимний вид и размеры.
1	Набухание почек – у всех почек наружные жёсткие коричневые почечные чешуи расходятся, и на ветвях появляются почки	предельно набухшие, вытянувшиеся почки, «одетых» в светлые плёнчатые чешуи.
2	«Разверзание» или «проклёвывание» цветочных почек	практически все «проклюнувшиеся» цветочные почки с хорошо видными плотными соцветиями
3	Начало бутонизации	полностью обособившиеся компактные прямые соцветия-«свечки».
4	Бутонизация – появление изогнутых соцветий серповидной формы, в которых бутоны мелкие	от первых слегка изогнутых ещё достаточно плотных соцветий, у которых цветоножки едва заметны, до массового появления серповидных рыхлых соцветий
5	Бутонизация, соцветия-кисти – появление кистевидных соцветий с бутонами.	соцветия-кисти с бутонами. Возможно появление черёмухового аромата
6	Бутонизация, окрашенные бутоны – появление соцветий-кистей с окрашенными бутонами,	массовое появление соцветий-кистей с окрашенными бутонами, в нижней части соцветий бутоны готовы раскрыться
7	Начало цветения – появление соцветий с раскрытыми венчиками цветков	практически все соцветия с половиной раскрывшихся цветков
8	«Разгар», массовое цветение – соцветия в полном цвету, венчики всех цветков раскрыты	издали черёмуха отчётливо «белеет» от раскрытых цветков, раскрытие всех цветков во всех соцветиях
9	Начало отцветания – опадение лепестков, появление цветков с полностью опавшими лепестками	практически все соцветия с частью отцветших цветков, лепестки которых полностью облетели
10	Отцветание - все цветки во всех соцветиях отцвели	в соцветиях облетели цветки с лепестками, но хорошо видны части околоцветников
11	Полное отцветание – засыхание тычинок и частей околоцветников,	массовое появление соцветий с засохшими и опадающими тычинками и частями

Балл	Описание	Варианты наблюдаемого:
	увеличение в размерах завязей	околоцветников
12	Начало плодоношения – появление маленьких зелёных плодов-костянок	на веточках видны только маленькие зелёные плоды-костянки
13	Плодоношение – появление зелёных плодов-костянок	все зелёные плоды-костянки достигли нормального для черёмухи размера

В настоящей работе приведен опыт картографирования данных всей совокупности балльной цифровой фенологической характеристики наблюдаемых участниками проекта черемух. Поскольку для некоторых территорий имеется довольно широкая сеть точек наблюдения (например, по европейской части и Уралу значительно больше результатов, чем по территории Сибири), для генерализации массива выведены средние баллы развития (М) с их стандартными ошибками наблюдений (m) в 87 пунктах, где проект реализован в 2019 году. Благодаря данной методике математическая обработка результатов позволяет сделать выводы о достоверности различий.

На настоящий момент наблюдения проводятся почти во всех территориях, где черемуха обыкновенная встречается в естественных условиях произрастания. Контингент участников представлен самыми разными профессиями и родом занятий – от научных сотрудников и преподавателей вузов, институтов РАН, ООПТ, педагогов начального, среднего и общего образования, дополнительного, образования до студентов, школьников и воспитанников детских садов. Максимальное количество наблюдений представлено из Москвы и Подмосковья, Екатеринбурга, Тюмени, Томска. Безусловно, это дает возможность генерализовать данные для крупных пунктов наблюдений и позволяет минимизировать ошибки наблюдения. Составление карты по данным Единого фенологического дня в 2019 г. осуществлялось путем построения поверхности в ПО ArcGIS Desktop. Оно включало следующие этапы:

1. Для обработанных данных Единого фенологического дня проведен процесс геокодирования по адресам наблюдений, которые были указаны наблюдателями. Геокодирование есть процесс, преобразующий описание местоположения (например, координаты, адрес или название места) в местоположение на поверхности Земли. В нашем случае был использован открытый сервис геокодирования Nominatim (лат. «по имени»), доступный по адресу <http://nominatim.openstreetmap.org/>. В результате данного процесса нами был получен слой точечных объектов, содержащих географические координаты пунктов наблюдения и результаты наблюдений в баллах (см. рисунок 1).

Весеннее развитие черемухи обыкновенной 15 мая 2019 г

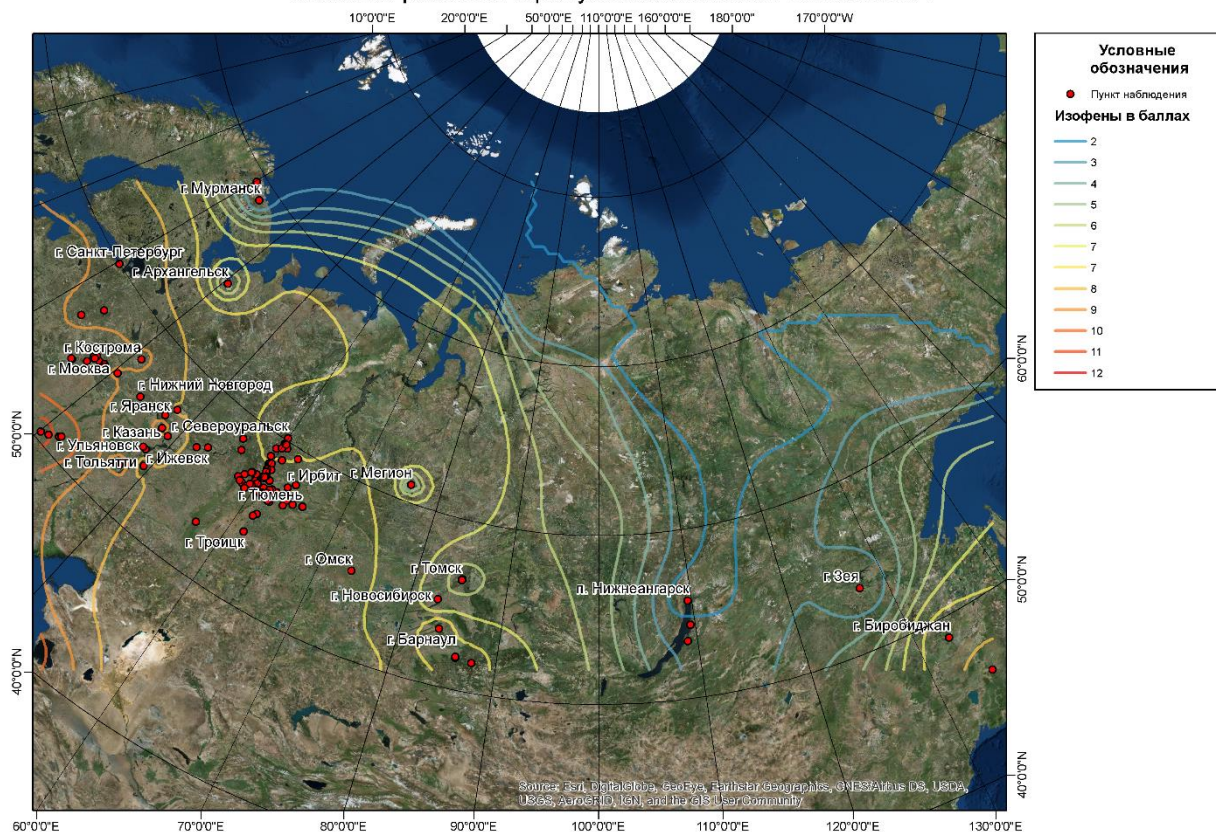


Рис. 1. Слой точечных объектов с изофенами

2. На втором этапе создания фенологической карты на основе полученных в ходе процесса геокодирования пунктов наблюдения путем интерполяции была получена поверхность распределения результатов наблюдения в среде ПО ArcGIS Desktop. Интерполяция – это процесс, который использует измеренные значения в известных опорных точках для прогнозирования (оценки) значения для тех точек, где измерения не проводились. ПО ArcGIS Desktop предоставляет несколько методов интерполяции, которые различаются базовыми допущениями, требованиями к данным и возможностью создавать различные типы выходных данных (например, карты проинтерполированных значений, а также карты ошибок (неопределенности), связанных с интерполяцией). На основе анализа исходных данных, а также приведенных в документации ПО ArcGIS Desktop справочной информации нами для построения поверхности был выбран метод обратных взвешенных расстояний. Согласно данным справочной системы ПО ArcGIS: «Метод обратных взвешенных расстояний (IDW) однозначно предполагает, что объекты, которые находятся поблизости, более подобны друг другу, чем объекты, удаленные друг от друга. Чтобы проинтерполировать значение для неизмеренного положения, IDW использует измеренные значения вокруг интерполируемого местоположения. Наиболее близкие к проинтерполированному местоположению измеренные значения оказывают большее влияние на прогнозируемое значение, чем удаленные от него на значительное расстояние. IDW предполагает, что каждая измеренная точка оказывает локальное влияние, которое уменьшается с увеличением расстояния. Это придает больший вес точкам, расположенным ближе всего к интерполируемому местоположению. Вес точки уменьшается как функция от расстояния. Поэтому метод носит название обратных взвешенных расстояний» [5]. Затем по полученной поверхности нами были получены изофены и выделены зоны с разным сезонным развитием объекта (см. рисунок 2).

Весеннее развитие черемухи обыкновенной 15 мая 2019 г

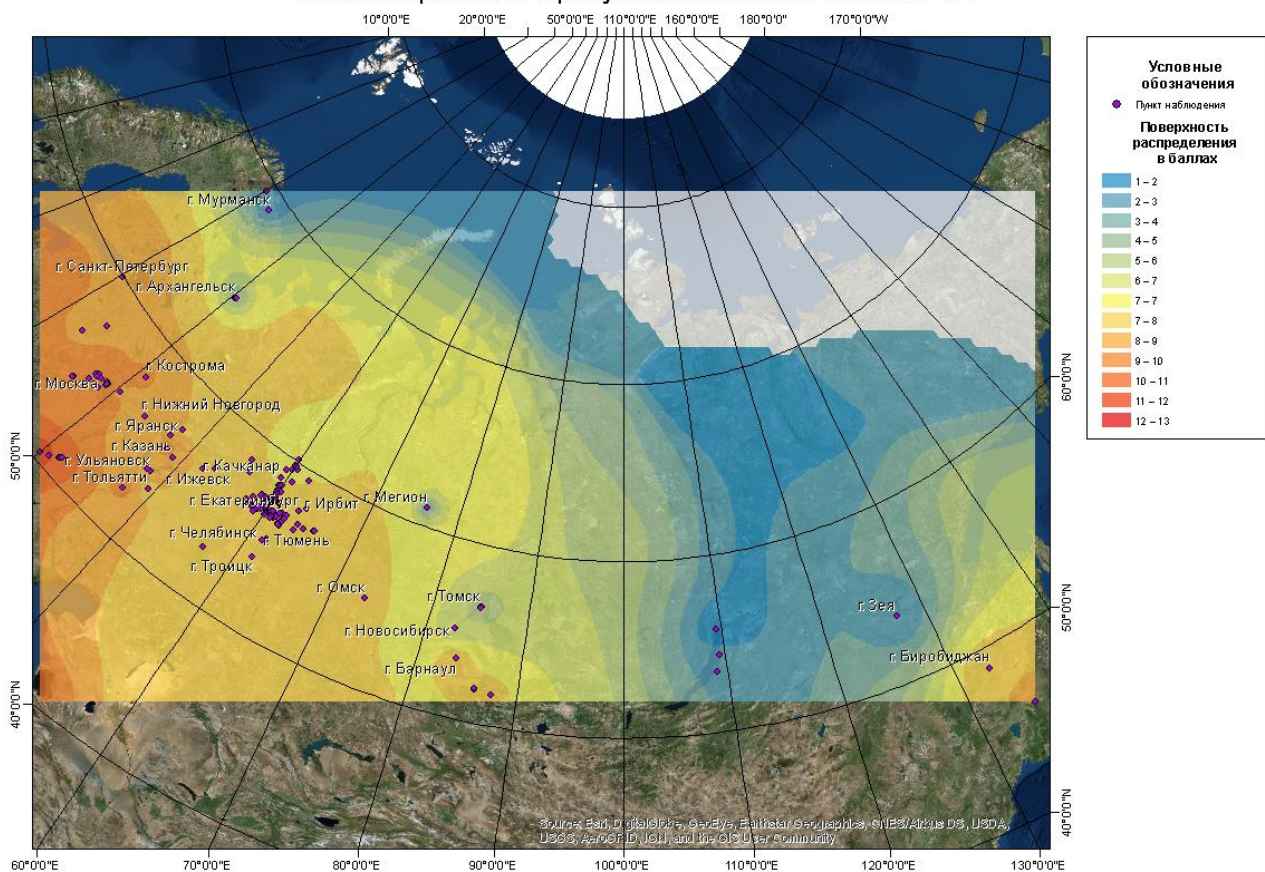


Рис. 2. Поверхность распределения (выделение зон)

Сравнение средней величины развития объекта по России и данным по регионам позволяет констатировать следующие общие факты. Продвижение процесса происходит с юго-запада и крайнего юго-востока страны. На востоке страны запаздывание в развитии черемухи при удалении от побережья Тихого океана вглубь материка связано не только с взаимодействием климатической системы океан-суша, но и с наличием горных массивов и нагорий, условия которых препятствуют раннему сходу снега, быстрому прогреванию и просыханию почвы, и активным ростовым процессам растительности в середине мая. Запаздыванием развития объекта характеризуются особо охраняемые территории северных районов и пункты горных районов - заповедников «Пасвик», «Костомукшский», «Пинежский», «Денежкин камень», национального парка «Югыд-Ва», г. Карпинск (Свердловская область), г. Мегион (ХМАО-Югра), г. Магадан (с. Оротук). опережение в развитии черемухи обыкновенной с наблюдается в Москве и Подмоскovie (Орехово-Зуево), Новочебоксарске (республика Чувашия), в заповеднике «Брянский лес», Саратове, Бийске (Алтайский край), в Самарской области (г. Жигулевск). Вероятно, определяющим фактором здесь служит не только широтное распределение солнечной радиации, но и более возвышенный рельеф, а также количество осадков зимнего периода и, вероятно, большее количество солнечных дней в начале весны.

Применение ПО ArcGIS Desktop позволяет визуализировать результаты фенологических наблюдений, оперативно и достоверно представить их в виде картографической модели и дает возможность сравнить районы, отличающиеся по условиям.

Библиографические ссылки

1. Минин А. А., Воскова А. В. Гомеостатические реакции деревьев на современные изменения климата: пространственно-фенологические аспекты // Онтогенез. Т. 45, № 3. 2014. С. 162-169.
2. Янцер О. В. Общая фенология и перспективные направления ее развития // Наука и образование: современные тренды. № 3 (9). 2015. С. 71-80.

3. Янцер О. В., Шишова К.А. Пространственные закономерности весеннего развития черемухи обыкновенной в Свердловской области в 2012-2015 г.г. Современное состояние фенологии и перспективы ее развития: Мат. Междунар. научно-практ. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВПО Урал. гос. пед. ун-т. 2015. С. 59-67.
4. Янцер О. В. Сезонная динамика ландшафтов Свердловской области//Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития: мат. XII Междунар. ландшафт. конф. Тюмень. 2017. С.355-360.
5. Kevin Johnston, Jay M. Ver Hoef, Konstantin Krivoruchko. Using ArcGIS Geostatistical Analyst 2001. Pages: 316 . ISBN 10: 1589480066 ISBN 13: 9781589480063.