

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЗОННОГО РИТМА РАЗВИТИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

© 2018 О.Д. Ермакова

Байкальский государственный природный биосферный заповедник, пос. Танхой (Россия)

Поступила 04.06.2018

Исследованы ритмы сезонного развития следующих видов растений: *Trollius kytmanovii*, *Anemone baicalensis*, *Bupleurum aureum*, *Rosa acicularis*, *Achillea asiatica*, *Chamaenerion angustifolium*. Посредством использования метода статистического анализа выявлена возможность прогнозирования начала и продолжительности фенологических фаз у исследуемых видов растений.

Ключевые слова: Хамар-Дабан, Байкальский заповедник, дата начала фенологической фазы, статистический анализ.

Ermakova O.D. Forecasting of a seasonal rhythm of development of some views of plants in South Pribaikalye on the basis of a method of a statistical analysis. – The rhythms of seasonal development of the following views of plants are studied: *Trollius kytmanovii*, *Anemone baicalensis*, *Bupleurum aureum*, *Rosa acicularis*, *Achillea asiatica*, *Chamaenerion angustifolium*. The method of a statistical analysis was applied. The possibility of prognosis of dates started a phenological phases and their duration for plants is shown.
Key words: Khamar-Daban Range, Baikal Nature Reserve, date started of a phenological phase, statistical analysis.

Территория Байкальского заповедника расположена в центральной части хребта Хамар-Дабан (Южное Прибайкалье), который протянулся в широтном направлении вдоль южного побережья озера Байкал; географические координаты: N 51°07' – 51°38', S 104°50' – 104°34'. На высотах, близких к 1500 м над ур.м., выпадает за год около 1440 мм осадков, глубина снега достигает к концу зимы 1,7-1,9 м. На берегу озера осадков выпадает меньше, около 1000 мм, и глубина снежного покрова обычно не превышает 0,8 м. Средняя температура воздуха в январе -17,9°C, в июле +14°C (Бойченко и др., 2000).

Работы проводились в рамках раздела «Календарь природы» основной научной темы.^{1*} Ряды для проведения статистического анализа составлены за период 1981 – 2017 гг.

Ермакова Ольга Дмитриевна, кандидат биологических наук, olerm@list.ru

¹ Мониторинг природных явлений и процессов и их изучение по программе Летописи природы. Летопись природы: отчёт о НИР (годовой) / ФГБУ Байкальский государственный природный биосферный заповедник; рук. В.И. Сутула. Танхой, 1981-2017.

Фенологические наблюдения осуществлялись на постоянных пробных площадях и маршрутах в нижней части горно-лесного пояса северного макросклона хребта (470–500 м над ур.м.) по общепринятой методике (Бейдеман, 1974). Статистическая обработка данных проводилась согласно общепринятым рекомендациям (Рокицкий, 1973; Кремер, 2002) посредством компьютерной программы Microsoft Excel. Изучались следующие виды: *Trollius kytmanovii* Reverd. [*Trollius irtuticus* Sipl.] – Купальница, жарок иркутский; *Anemone baicalensis* Turcz. ex Ledeb. [*Arsenjevia baicalensis* (Turcz. ex Ledeb.) Starod.; *Anemonoides baicalensis* (Turcz. ex Ledeb.) Holub] – Анемона байкальская; *Bupleurum longifolium* L. subsp. *aureum* (Fischer ex Hoffm.) Soo [*Bupleurum aureum* Fischer] – Володушка золотистая; *Rosa acicularis* Lindley – Роза иглистая, шиповник; *Achillea asiatica* Serg. – Тысячелистник азиатский; *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. – Иванчай узколистый.

Рассматриваемые растения интересны в разных ракурсах. Некоторые из них представляют собой индикаторные виды, по дате зацветания которых определяется начало определённых

субсезонов летнего сезона года (шиповник – первоцвет; тысячелистник и иван-чай – разгар лета). Купальница является красиво цветущим видом и снижает свою численность, так как активно используется населением для составления букетов, поэтому нуждается в охране. Анемона байкальская и володушка золотистая – реликты неморального комплекса (Краснопецева, 2000), и однозначно нуждаются в особой охране.

Закон нормального распределения – один из основных законов статистических явлений. Он занимает важнейшее место в биологической статистике, поскольку многие эмпирические распределения биологических признаков, характеризующиеся непрерывной вариацией, приближаются к нормальному, следуют ему (Рокицкий, 1973).

Наблюдаемые явления, т.е. варианты, в вариационном ряду при нормальном распределении характеризуются определёнными законо-

мерностями. А именно, отклонения от средней арифметической практически охватывают шесть сигм: 3 сигмы вправо от средней и три сигмы влево. Сигма (σ) – это стандартное отклонение; эта константа вариационного ряда является мерой разнообразия вариантов и показывает среднее отклонение варианты от среднего арифметического значения.

Согласно данному закону, в пределах плюс-минус 1 сигмы укладывается 68 % всех вариантов статистического ряда, в пределах плюс-минус двух сигм – 95 % и в пределах плюс-минус трёх сигм – 99 % всех вариантов. Получив статистическую оценку определённого признака, можно прогнозировать его отклонения с определённой точностью.

В табл. 1 помещены статистические характеристики продолжительности фенологических фаз и дат их наступления у исследуемых видов.

Таблица 1 (начало)

**Статистические характеристики продолжительности фенофаз
и дат их наступления у растений**

| Параметры фенологических фаз | n | \bar{X} | X_{\min} | X_{\max} | σ^2 | σ | V,% | $S_{\bar{x}}$ |
|--------------------------------------|----|-----------|------------|------------|------------|----------|------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Купальница | | | | | | | | |
| Начало бутонизации (дата) | 7 | 20.05 | 12.05 | 27.05 | 21,619 | 4,65 | 5,8 | 1,76 |
| Массовая бутонизация (дата) | 7 | 26.05 | 19.05 | 31.05 | 13,91 | 3,729 | 4,3 | 1,41 |
| Продолжительность бутонизации (дни) | 7 | 10 | 7 | 14 | 5,143 | 2,268 | 22,3 | 0,86 |
| Начало цветения (дата) | 7 | 30.05 | 22.05 | 4.06 | 16,9 | 4,112 | 4,5 | 1,55 |
| Начало цветения (дата) | 36 | 24.05 | 13.05 | 4.06 | 25,225 | 5,022 | 5,9 | 0,84 |
| Окончание цветения (дата) | 7 | 24.06 | 21.06 | 27.06 | 4,238 | 2,059 | 1,8 | 0,78 |
| Продолжительность цветения (дни) | 7 | 25 | 17 | 30 | 21,143 | 4,598 | 18,5 | 1,74 |
| Начало завязывания плодов (дата) | 7 | 13.06 | 8.06 | 18.06 | 16,286 | 4,036 | 3,9 | 1,53 |
| Полное созревание плодов (дата) | 7 | 12.07 | 6.07 | 16.07 | 17,238 | 4,152 | 3,1 | 1,57 |
| Продолжительность плодоношения (дни) | 7 | 29 | 26 | 35 | 14,952 | 3,867 | 13,1 | 1,46 |
| Анемона байкальская | | | | | | | | |
| Начало бутонизации (дата) | 6 | 25.05 | 18.05 | 31.05 | 32,667 | 5,715 | 6,6 | 2,33 |
| Массовая бутонизация (дата) | 6 | 1.06 | 22.05 | 6.06 | 31,467 | 5,609 | 6,1 | 2,29 |
| Продолжительность бутонизации (дни) | 6 | 8 | 3 | 13 | 14,566 | 3,816 | 61,9 | 1,56 |
| Начало цветения (дата) | 6 | 4.06 | 27.05 | 12.06 | 32,3 | 5,683 | 5,9 | 2,32 |
| Окончание цветения (дата) | 6 | 29.06 | 24.06 | 4.07 | 16,667 | 4,082 | 3,4 | 1,67 |
| Продолжительность цветения (дни) | 6 | 25 | 21 | 34 | 24,667 | 4,967 | 19,3 | 2,03 |
| Начало завязывания плодов (дата) | 6 | 19.06 | 16.06 | 27.06 | 17,467 | 4,179 | 3,7 | 1,71 |
| Полное созревание плодов (дата) | 6 | 15.07 | 9.07 | 19.07 | 14,967 | 3,869 | 2,8 | 1,58 |
| Продолжительность плодоношения (дни) | 6 | 26 | 20 | 32 | 21,467 | 4,633 | 17,4 | 1,89 |
| Володушка золотистая | | | | | | | | |
| Начало бутонизации (дата) | 6 | 14.06 | 30.05 | 27.06 | 87,5 | 9,354 | 8,7 | 3,82 |
| Массовая бутонизация (дата) | 6 | 24.06 | 12.06 | 10.07 | 83,6 | 9,143 | 7,9 | 3,73 |
| Продолжительность бутонизации (дни) | 6 | 21 | 14 | 35 | 65,9 | 8,118 | 37,7 | 3,31 |
| Начало цветения (дата) | 6 | 6.07 | 30.06 | 12.07 | 20,7 | 4,55 | 3,6 | 1,85 |
| Окончание цветения (дата) | 6 | 6.08 | 31.07 | 17.08 | 36,167 | 6,013 | 3,8 | 2,47 |
| Продолжительность цветения (дни) | 6 | 31 | 24 | 43 | 49,067 | 7,0 | 22,1 | 2,86 |
| Начало завязывания плодов (дата) | 6 | 20.07 | 14.07 | 29.07 | 33,8 | 5,814 | 4,1 | 2,6 |
| Полное созревание плодов (дата) | 6 | 13.08 | 6.08 | 21.08 | 41,5 | 6,444 | 3,9 | 2,88 |
| Продолжительность плодоношения (дни) | 6 | 24 | 19 | 32 | 22,3 | 4,722 | 19,2 | 2,11 |

Таблица 1 (окончание)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------------|----|-------|-------|-------|--------|-------|-----|------|
| Шиповник | | | | | | | | |
| Начало цветения (дата) | 36 | 17.06 | 5.06 | 27.06 | 20,057 | 4,478 | 4,4 | 0,74 |
| Тысячелистник | | | | | | | | |
| Начало цветения (дата) | 36 | 3.07 | 21.06 | 17.07 | 39,415 | 6,278 | 5,0 | 1,04 |
| Иван-чай | | | | | | | | |
| Начало цветения (дата) | 36 | 6.07 | 20.06 | 19.07 | 45,171 | 6,72 | 5,3 | 1,12 |

* *Примечание:* 1 – параметры; 2 – объём совокупности; 3 – среднее арифметическое значение; 4 – минимальное значение; 5 – максимальное значение; 6 – средний квадрат отклонений показателя от средней арифметической; 7 – среднее квадратическое отклонение (или стандартное отклонение); 8 – коэффициент вариации; 9 – ошибка средней арифметической.

На основе показателя сигма (σ) можно с различной степенью вероятности рассчитать для растений даты наступления фенологических явлений. Приняв во внимание соответствующие рекомендации о значениях доверительных интервалов (Рокицкий, 1973), были определены интервалы сроков наступления фенофаз у исследуемых видов растений (табл. 2).

Таблица 2 (начало)

Прогноз дат наступления и продолжительности фенологических фаз у растений

| Параметры фенологических фаз | Интервалы сроков наступления фенофаз | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| | Точность прогноза | |
| | 70% | 90% |
| | $-1,96 \sigma \dots +1,96 \sigma$ | $-2,58 \sigma \dots +2,58 \sigma$ |
| 1 | 2 | 3 |
| Купальница | | |
| Начало бутонизации (дата) | 12.05 – 28.05 | 8.05 – 1.06 |
| Массовая бутонизация (дата) | 19.05 – 1.06 | 16.05 – 5.06 |
| Продолжительность бутонизации (дни) | 6–14 | 4–16 |
| Начало цветения (дата); n = 7 | 23.05 – 7.06 | 20.05 – 10.06 |
| Начало цветения (дата); n = 36 | 14.05 – 3.06 | 11.05 – 6.06 |
| Окончание цветения (дата) | 21.06 – 27.06 | 19.06 – 29.06 |
| Продолжительность цветения (дни) | 17–34 | 13–38 |
| Начало завязывания плодов (дата) | 6.06 – 21.06 | 1.06 – 25.06 |
| Полное созревание плодов (дата) | 5.07 – 19.07 | 1.07 – 23.07 |
| Продолжительность плодоношения (дни) | 23–35 | 19–40 |
| Анемона байкальская | | |
| Начало бутонизации (дата) | 15.05 – 4.06 | 9.05 – 10.06 |
| Массовая бутонизация (дата) | 22.05 – 11.06 | 16.05 – 16.06 |
| Продолжительность бутонизации (дни) | 1–15 | 1–18 |
| Начало цветения (дата) | 25.05 – 14.06 | 19.05 – 20.06 |
| Окончание цветения (дата) | 22.06 – 6.07 | 18.06 – 10.07 |
| Продолжительность цветения (дни) | 16–34 | 11–39 |
| Начало завязывания плодов (дата) | 12.06 – 26.06 | 8.06 – 30.06 |
| Полное созревание плодов (дата) | 8.07 – 23.07 | 5.07 – 25.07 |
| Продолжительность плодоношения (дни) | 18–34 | 13–39 |
| Володушка золотистая | | |
| Начало бутонизации (дата) | 27.05 – 2.07 | 21.05 – 8.07 |
| Массовая бутонизация (дата) | 7.06 – 12.07 | 29.05 – 17.07 |
| Продолжительность бутонизации (дни) | 5–37 | 1–42 |
| Начало цветения (дата) | 27.06 – 14.07 | 23.06 – 18.07 |
| Окончание цветения (дата) | 26.07 – 17.08 | 20.07 – 23.08 |
| Продолжительность цветения (дни) | 17–45 | 13–49 |
| Начало завязывания плодов (дата) | 10.07 – 31.07 | 4.07 – 5.08 |
| Полное созревание плодов (дата) | 1.08 – 24.08 | 27.07 – 30.08 |
| Продолжительность плодоношения (дни) | 16–33 | 12–36 |

Таблица 2 (окончание)

| 1 | 2 | 3 |
|------------------------|---------------|---------------|
| Шиповник | | |
| Начало цветения (дата) | 8.06 – 27.06 | 5.06 – 29.06 |
| Тысячелистник | | |
| Начало цветения (дата) | 21.06 – 15.07 | 17.06 – 19.07 |
| Иван-чай | | |
| Начало цветения (дата) | 23.06 – 19.07 | 19.06 – 23.07 |

Согласно прогнозу, следует, например, что начало цветения анемоны байкальской укладывается в период 25.05 – 14.06; купальница в основном зацветает в период с 14.05 по 3.06, а володушка золотистая – с 27.06 по 14.07. Также приведен прогноз и для фаз бутонизации и плодоношения.

Таким образом, данные статистического анализа могут использоваться всеми подразделениями заповедника:

1. Отделом охраны территории для планирования сроков мероприятий по охране конкретных редких видов растений, пользующихся у населения спросом в период цветения;

2. Отделом экологического просвещения и познавательного туризма:

а) в целях формирования туристического продукта определённой направленности, например, для организации фенологических туров с конкретизацией сроков их проведения;

б) для изготовления познавательных брошюр и буклетов;

в) для организации фототуров, так как гарантированные сроки, когда можно наблюдать интересный природный объект, в частности, цветущие редкие растения, привлекут внимание, как туристов, так и профессиональных фотографов, специализирующихся на объектах живой природы.

3. Научным отделом:

а) конкретные сроки созревания семян редких видов растений могут заинтересовать организации, занимающиеся интродукцией или сбором семян с целью сохранения их генофонда;

б) для планирования сроков полевой практики студентов-биологов, специализирующихся на изучении редких видов растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, 1974. 155 с.

Бойченко В.С., Баскаков В.В., Краснопевцева А.С. и др. Байкальский заповедник // Заповедники России. Заповедники Сибири. Т. 2. М: Логата, 2000. С. 191-204.

Краснопевцева А.С. Реликты неморального комплекса во флоре высших сосудистых растений Байкальского заповедника // Вопросы изучения биоразнообразия и мониторинг состояния назем-

ных экосистем Байкальского региона. Мат-лы научно-практической конференции, посвящ. 30-летию деятельности Гос. природного биосферного заповедника «Байкальский» (16-17 сентября 1999 г., Танхой). Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2000. С. 89-93.

Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2002. 543 с.

Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск: Высшейш. школа, 1973. 320 с.