

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р
ВСЕСОЮЗНОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
ВОПРОСЫ
ФИТОИНДИКАЦИИ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
Ленинградское отделение
Ленинград 1971

AKADEMY OF SCIENCES OF USSR
BOTANICAL SOCIETY

THE THEORETICAL QUESTIONS
OF PHYTOINDICATION

Редакционная коллегия:

А. А. КОРЧАГИН, А. Н. ЛУКИЧЕВА, Д. Н. САБУРОВ

Ответственный редактор

А. А. КОРЧАГИН

Использование морфологических и фенологических признаков растений на Крайнем Севере и в высокогорьях для индикации снежного покрова

И. Л. Горчаковский и С. Г. Шиятов

(Институт экологии растений и животных УФАН СССР)

На Крайнем Севере и в высокогорьях снежный покров является одним из ведущих факторов внешней среды, определяющих состав, структуру, динамику, ритмику сезонного развития и территориальное размещение растительных сообществ (Тихомиров, 1963; Горчаковский, 1966). Изучение закономерностей формирования и разрушения снежного покрова представляет неотъемлемый элемент физико-географических и ботанических исследований; такое изучение необходимо также для составления различных биологических прогнозов и решения ряда прикладных и технических задач (продвижение земледелия и овощеводства на север и в высокогорные районы, дорожное строительство, защита железных и грунтовых дорог от снежных заносов, определение проходимости тех или иных транспортных средств в отдельных районах и т. д.).

Крайний Север и высокогорья относятся к числу наиболее снежных мест на земном шаре. Снег здесь одевает поверхность почвы или коры выветривания 10—11 месяцев в году, а на некоторых участках и круглый год, интенсивно перераспределяется ветром и накапливается местами очень мощным слоем.

Индикация снежного покрова по ботаническим признакам основана на учете влияния, оказываемого снегом на внешний облик деревьев и кустарников и на сроки наступления и прохождения некоторых фенофаз кустарничками и травянистыми растениями.

Воздействие снега на растения проявляются в разных формах: механической, защитной и микроклиматогенной.

К механическим воздействиям относятся: а) полировка, а иногда и полное уничтожение коры деревьев с наветренной стороны кристаллами переносимого ветром снега; б) давление массы оседающего уплотненного снега, что приводит к обламыванию ветвей; в) оползание снега по склонам, что вызывает изогнутость деревьев близ основания, а иногда (в случае снежных лавин) и излом стволов.

Защитное воздействие снегового покрова проявляется в том, что почки и молодые побеги, зимующие под прикрытием снега, менее подвержены влиянию низких температур и иссушающих ветров, а поэтому имеют больше шансов выжить, чем почки и побеги, не защищенные снегом, особенно в наветренной части кроны (в зоне метелевого переноса снега), и поэтому быстро отмирающие.

Воздействие снега на микроклимат проявляется в том, что в местах наибольшего скопления снежных масс таяние снега сильно задерживается, это приводит к сокращению вегетационного периода, не говоря уже о большом увлажнении почвы. Соответственно позднее наступают и протекают начальные фенофазы (в случае более позднего таяния снега несколько ускоряется их прохождение).

Ботаники далеко не всегда имеют возможность совершать зимние выезды в район своих работ для изучения снежного покрова. Поэтому для суждения о характере, степени развития и динамике снежного покрова им приходится пользоваться косвенными индикационными методами.

В этой статье излагаются основные методические положения ботанической индикации снежного покрова, разработанные авторами в процессе исследований, проведенных в течение ряда лет в высокогорьях Урала и

в прилегающих к Полярному Уралу районах равнинной тундры и лесотундры.

Учитывая характер и степень воздействия на растения факторов среды, контролируемых снежным покровом, можно для тех или иных местообитаний определять по ботаническим индикационным признакам: 1) среднюю и максимальную (за несколько лет) мощность снежного покрова; 2) характер изменения режима снегонакопления; 3) господствующее направление и интенсивность метелевого переноса снега; 4) плотность снега; 5) время схода снежного покрова.

Индикационные признаки средней мощности снегового покрова. Ботанические индикационные признаки позволяют установить на соответствующих местообитаниях среднюю за последние 10—15 лет мощность снежного покрова в период его максимального развития (январь—март). Для этого могут быть использованы следующие критерии.

1. Высота распластанных кустарников. Во многих ассоциациях горных и равнинных тундр, а также подгольцовых и гипоарктических редколесий встречается березовый ерник (*Betula nana* L., реже *B. humilis* Schrenk) и кустарниковые ивы (*Salix glauca* L., *S. phylicifolia* L., *S. lanata* L., *S. arbuscula* L. и др.). В условиях суровых зим Крайнего Севера и высокогорий их надземные побеги выживают только под снежным покровом (рис. 1, А). Все побеги, не прикрытые снегом, отмирают. По высоте этих выровненных (как бы подстриженных) по линии снежного покрова кустарников нетрудно определить мощность снега.

Ольха кустарниковая (*Alnus fruticosa* Ldb.) мало пригодна для этих целей, по крайней мере на Полярном Урале, так как ее побеги нередко выживают и выше уровня снега.

Стланиковый кустарник — можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica* Burgsd.) — на Урале не встречается в малоснежных местах; сам факт присутствия этого растения свидетельствует о том, что на занятом им местообитании мощность снежного покрова должна быть не менее 50 см. Среднюю мощность снежного покрова и в этом случае нетрудно определить по максимальной высоте живых побегов.

В местах, где накапливается мощная толща снега, превышающая возможную максимальную высоту растений, крона кустарников теряет свою распластанную форму, и поэтому их трудно использовать для индикации среднего уровня снежного покрова. Но и в многоснежных местах наблюдается некоторая связь между высотой кустарников и мощностью снежного покрова (рис. 2).

2. Высота стланиковых или кустовидных форм деревьев. На крайних пределах распространения — высоко в горах и на севере — под влиянием суровых условий среды изменяется форма роста деревьев: ортотропная заменяется плагитропной (стланиковой или кустарниковой). Образование стланика характерно, например, для ели сибирской (*Picea obovata* Ldb.), пихты сибирской (*Abies sibirica* Ldb.), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.) и сибирской кедровой сосны [*Pinus sibirica* (Rupr.) Mayr]. Стланиковые экземпляры имеют один распластанный по поверхности субстрата ствол; живые ветви не выступают над уровнем снежного покрова (рис. 1, В). Кустовидные формы характерны для видов деревьев, произрастающих в особенно жестких климатических условиях. Кустовидную крону образует, например, иногда береза извилистая (*Betula tortuosa* Ldb.) на малозаснеженных, открытых для ветров участках. В этом случае ветвление начинается у самой корневой шейки (рис. 1, В), откуда отходит множество невысоких, недолго живущих стволиков; кроме того, из спящих почек образуются многочисленные побеги близ корневой шейки, а иногда и на корнях; нижние

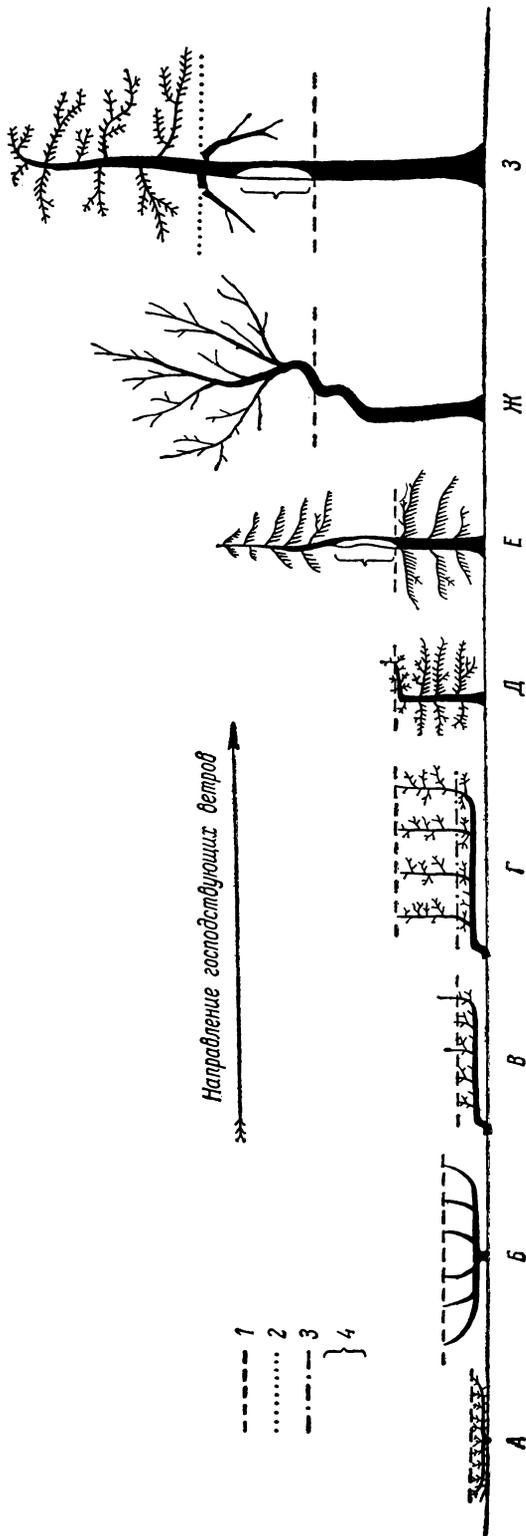


Рис. 1. Основные формы роста древесных растений на Крайнем Севере и в высокогорьях, возникающие под влиянием снега и ветра.

А — распадающийся кустарник с живыми побегами, перезимовавшими под снегом; Б — кустовидное дерево с многочисленными, выровненными по уровню снега ветвями; В — древесный стланник с живыми побегами, не превышающими уровень снежного покрова; Г — древесный стланник с активизированными вертикальными побегами (вследствие изменения режима снеготаяния); Д — отмершая вершина и колонообразный изгиб ствола на уровне снежного покрова; Е — многочисленные радиально расходящиеся ветви в нижней части кроны, защищенной зимой снегом, отполированный, лиственный ветвей ствол в зоне метелевого переноса снега, флагообразная верхняя часть кроны; Ж — ствол изогнут в зоне метелевого переноса; З — ствол отполирован в зоне метелевого переноса, ветви надломались на уровне максимальной мощности снежного покрова. 1 — средний уровень снежного покрова; 2 — максимальный (за 10—15 последних лет); 3 — уровень снежного покрова в период формирования распадающегося ствола; 4 — зона метелевого переноса снега.

ветви, погруженные в мох, нередко укореняются. Кустовидные стелющиеся формы *Betula tortuosa* Ldb. встречаются и в Хибинах (Воробьева, 1960). Из хвойных кустовидную форму приобретают иногда ель сибирская и пихта сибирская, а на Полярном Урале — и лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.). Высота таких стланиковых или кустовидных экземпляров служит показателем уровня снежного покрова.

3. Место обильного побегообразования или коленчатого изгиба на стволах хвойных с отмершим осевым верхушечным побегом. У некоторых хвойных (например, *Picea obovata* Ldb.), произрастающих в местах с довольно мощным (1—2 м) снежным покровом, в первые десятилетия их жизни формируется прямой, вертикально растущий ствол. Однако, когда он начинает

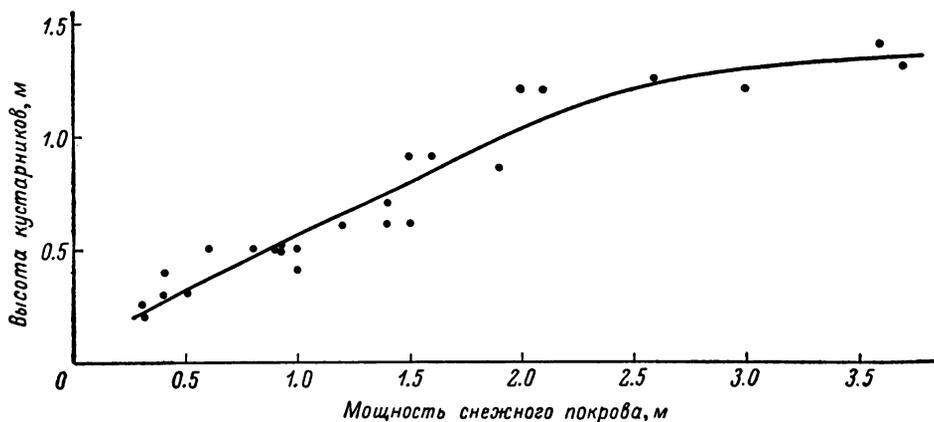


Рис. 2. Зависимость высоты карликовой березы (*Betula nana* L.) от мощности снежного покрова (Полярный Урал, верхняя граница леса, 1961 г.).

Точками обозначены результаты отдельных замеров.

выступать над снежным покровом, верхушечная почка отмирает, из боковых почек образуется пучок боковых побегов, вершины которых также неоднократно отмирают. Иногда один из боковых побегов в подветренной части дерева начинает обгонять по толщине и длине остальные и как бы заменяет осевой побег; такой боковой побег простирается в горизонтальном направлении, образуя характерный коленчатый изгиб (рис. 1, Д). Уровень расположения пучка боковой ветви или коленчатого изгиба ствола в месте отмирания вершины осевого моноподиального побега соответствует высоте снежного покрова.

4. Уровень зимующих под снегом ветвей у деревьев с ветровой формой кроны. Под влиянием ветра и снега у деревьев, произрастающих одиночно или небольшими группами близ полярного или вертикального предела лесов, образуется характерная ветровая форма кроны. Нижние, зимующие под снегом ветви хорошо развиты и расходятся от ствола радиально в разных направлениях («дерево в юбке»). Выше уровня снежного покрова, в зоне метелевого переноса снега, на стволе нет ветвей, имеются явные признаки снеговой шлифовки с наветренной стороны. В верхней части ствола живые ветви располагаются преимущественно с подветренной стороны, флагообразно (рис. 1, Е). Такая форма кроны особенно характерна для ели (*Picea obovata* Ldb. и других видов) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ldb.), а на малоснежных местах встречается и у лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.). Место прикрепления к стволу верхних зимующих под сне-

гом ветвей (ниже зоны снеговой шлифовки) в таких случаях служит показателем мощности снежного покрова.

5. Место наибольшей изогнутости стволов извилистой березы. Изогнутость стволов березы извилистой (*Betula tortuosa* Ldb.) и некоторых габитуально сходных с ней видов [*B. kusmitscheffii* (Rgl.) Sukacz. и др.] не является конституционным признаком, а обусловлена специфическими условиями произрастания (в более благоприятных условиях эти деревья имеют прямые стволы). Изогнутость возникает в результате многократного отмирания верхушечных побегов, когда верхушка молодого деревца оказывается вне снежного покрова в зоне метелевого переноса снега (рис. 1, Ж). И если один из побегов в годы с менее суровыми зимами преодолевает эту зону, то выше ее формируется сильно ветвистая пышная крона. По месту наибольшей извилистости стволов можно судить об уровне снежного покрова. Этот показатель дает надежные результаты на относительно ровных местоположениях. На крутых же склонах изогнутость стволов березы извилистой у самого основания может быть следствием сползания снежных масс по склону.

Индикационные признаки максимальной мощности снежного покрова. У лиственниц (*Larix sukaczewii* Dyl., *L. sibirica* Ldb.), произрастающих в наиболее заснеженных местах (мощность снежного покрова превышает 2—3 м), в нижней части ствола ветвей обычно совсем нет — они обламываются под тяжестью снега, оседающего в период его таяния. Поэтому крона этих лиственниц располагается выше верхнего уровня метелевого переноса снега.

В исключительно многоснежные зимы снег достигает ветвей, находящихся выше уровня снеговой шлифовки. Весной, когда снег стаивает, происходит массовое обламывание ветвей, часть их только надламывается и некоторое время висит на дереве (рис. 1, З). По этому признаку можно судить о максимальной мощности снежного покрова за 5—10 последних лет.

Индикационные признаки изменения режима снегонакопления. Иногда на том или ином участке возрастает мощность снежного покрова (например, с появлением где-то по соседству куртины деревьев или небольшого массивчика леса). В этом случае меняется ритм снегонакопления, и у стланиковых экземпляров деревьев начинают усиленно расти вертикальные побеги, отходящие от распластанного ствола, вскоре они достигают нового уровня снега (рис. 1, Г). Показателем его прежнего уровня является высота расплостертого ствола и прижатых к субстрату горизонтальных ветвей; показателем изменившегося уровня — высота активизировавшихся вертикальных побегов. О времени, когда происходили изменения режима снегонакопления, можно судить по возрасту дерева или его отдельных частей.

Изменение режима снегонакопления в сторону уменьшения мощности снежного покрова можно определить по массовому отмиранию ветвей, находившихся прежде под защитой снега.

Индикационные признаки направления и интенсивности метелевого переноса снега. По направленности стволов древесного стланика (рис. 1, В, Г), коленчатых изгибов стволов, сильно деформированных на уровне снежного покрова (рис. 1, Д), и флагообразных кронам (рис. 1, Е, З) можно судить о направлении господствующих зимних ветров. Части стволов деревьев, находящихся в зоне метелевого переноса снега, сильнее всего отполированы со стороны, противоположной господствующему направлению ветров.

Показателем интенсивности метелевого переноса снега служит степень отполированности коры на стволах старых деревьев. Для лиственницы можно предложить следующие градации степени снеговой шли-

Индикация метелевого переноса снега по шлифовке коры у лиственницы

Градация степени шлифовки коры и интенсивности метелевого переноса снега	Признаки шлифовки коры на наветренной стороне ствола	Метелевый перенос снега
0	Видимых признаков шлифовки нет.	Отсутствует.
1	Шлифовка различима лишь с близкого расстояния (2—3 м), кора с трещинами.	Очень слабый.
2	Наветренная часть ствола довольно хорошо отличается по цвету коры от подветренной, но на отполированной коре имеется много трещин. Шлифовка различима с расстояния 10 м.	Слабый.
3	Кора довольно хорошо отполирована, но местами имеются трещины. Шлифовка заметна с расстояния 20—30 м.	Интенсивный.
4	Кора гладко отполирована, без трещин, тонкая. Шлифовка заметна издали.	Очень интенсивный.

фовки коры и соответственно интенсивности метелевого переноса снега (табл. 1).

Индикационные признаки плотности снега. Определив по охарактеризованным ранее признакам мощность снежного покрова в период его наибольшего накопления (январь—март) и интенсивность метелевого переноса снега в градациях пятибалльной шкалы, можно получить известное представление о плотности снежного покрова, поскольку она функционально связана с двумя предыдущими показателями (табл. 2).

Таблица 2

Зависимость плотности снега от мощности и интенсивности метелевого переноса (по наблюдениям на Полярном Урале)

Градация интенсивности метелевого переноса снега	Плотность покрова (г/см ³) при его мощности						
	0.1—0.5 м	0.6—1.0 м	1.1—1.5 м	1.6—2.0 м	2.1—2.5 м	2.6—3.0 м	3.1—3.5 м
0	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	0.31	—	—	—	—
2	—	0.33	0.33	0.34	0.38	—	—
3	—	—	—	0.39	0.41	—	0.46
4	0.29	0.33	—	—	—	—	—

Плотность самого поверхностного слоя снега (5—10 см) в конце зимы, когда обильные снегопады прекращаются, не зависит от общей мощности снежного покрова, а зависит главным образом от уплотняющего воздействия ветра. Показателем силы ветра является интенсивность метелевого переноса снега, определяемая по степени полировки древесных стволов.

Таким образом, по ботаническим индикационным признакам можно составить известное представление об общей плотности снежного покрова в период его наибольшего развития и о плотности самого поверхностного слоя снега в конце зимы (в тех или иных местообитаниях).

Индикационные признаки определения времени стаивания снежного покрова. Сроки стаивания снежного покрова во многом зависят от его мощности (рис. 3). В местах, где снег, переваемый ветром, накапливается особенно мощной толщей (4—5 м

и более), он полностью стает в июне—июле, значительно позднее, чем на соседних участках. В самых многоснежных местах вегетационный период сильно сокращается, и здесь нет деревьев, а травы и кустарнички проходят свои ранние фазы со значительным запозданием по срав-

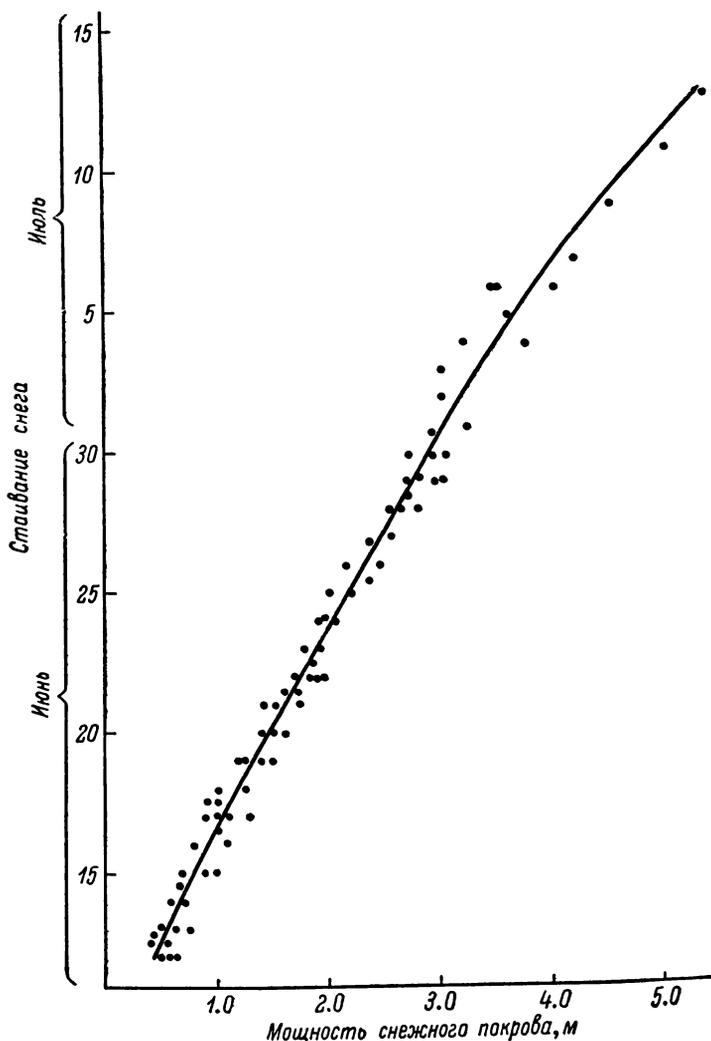


Рис. 3. Зависимость времени стаивания снежного покрова от его мощности (Полярный Урал, верхняя граница леса, 1961 г.).

Точками обозначены результаты конкретных наблюдений.

нению с растительностью соседних мест. Продолжительность вегетационного периода обратно пропорциональна мощности снежного покрова.

Чем ближе начало вегетационного периода к кульминационной точке лета (середине июля), тем быстрее растения проходят фенологические фазы, предшествующие цветению, и тем короче сам период цветения (рис. 4). Календарные сроки наступления более поздних фаз (например, созревание плодов и семян) у растений многоснежных мест уже

приближаются к соответствующим срокам фенофаз тех же видов, произрастающих на малозаснеженных участках. Поэтому для индикации времени схода снежного покрова следует использовать время наступления самых ранних фенофаз — зеленение и набухание листовых почек, распускание листьев, начало цветения.

Индикация времени схода снежного покрова в пределах однородного по климатическим показателям района основана на том, что сроки наступления и прохождения ранних фенофаз особями одного и того же вида с достаточно широкой экологической амплитудой сдвигаются тем сильнее, чем позднее сошел снег на данном участке.

В качестве дополнительного критерия можно использовать некоторые закономерности закладки и развития генеративных побегов. Как показали наблюдения В. А. Гаврилюка (1963), у кустарничков из родов *Empetrum*, *Phyllodoce*, *Cassiope* обычно генеративные побеги закладываются в верхней части главного побега на втором году его формирования. Но в случае глубоких снежных заносов и связанного с этим сокращения вегетационного периода генеративные побеги в данном сезоне совсем не образуются. Иногда вследствие обильного снегонакопления и соответственно более позднего стаивания снега уже сформированные генеративные почки кустарничков отмирают, не выходя из-под снега, или в начале вегетации.

Полученные данные о сроках схода снега в то же время косвенно характеризуют продолжительность вегетационного периода и мощность снежного покрова на тех или иных участках.

Итак, ботаническая индикация снежного покрова основана на учете влияния, оказываемого снегом на внешний облик деревьев и кустарников, а также на сроки наступления и прохождения ранних фенофаз кустарничками и травянистыми растениями.

Морфологические признаки деревьев и кустарников в условиях Крайнего Севера и высокогорий могут быть использованы для определения средней и максимальной (за несколько лет) мощности снежного покрова, характера изменений режима снегонакопления, а также для определения господствующего направления и интенсивности метелевого переноса снега, плотности снега и времени стаивания снежного покрова.

В пределах однородного по климату района сроки наступления и прохождения ранних фенофаз особями одного и того же вида сдвигаются тем сильнее, чем позднее сошел снег на данном участке. Различия фенологического состояния особей одного вида, связанные со степенью заснеженности разных местообитаний, служат показателем времени становления снежного покрова.

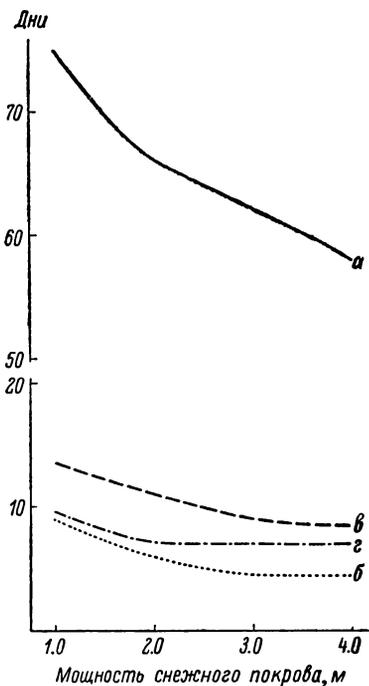


Рис. 4. Сроки наступления и прохождения некоторых фенофаз у голубики (*Vaccinium uliginosum* L.) в зависимости от времени стаивания снега (Полярный Урал, верхняя граница леса, 1961 г.).

Продолжительность периода: а — вегетации, б — от стаивания снега до зеленения листьев, в — от стаивания снега до начала цветения, г — цветения.

Л и т е р а т у р а

- В о р о б ь е в а Т. И. 1960. Влияние различных экологических условий на форму роста *Betula tortuosa*. Тр. Хибинской геогр. станции, вып. 1.
- Г а в р и л ю к В. А. 1963. Ритм развития растений на востоке Чукотки. Ботан. журн., т. 48, № 1.
- Г о р ч а к о в с к и й П. Л. 1966. Флора и растительность высокогорий Урала. Тр. Инст. биол. УФАИ СССР, вып. 48.
- Т и х о м и р о в Б. А. 1963. Очерки по биологии растений Арктики. Изд. АН СССР, М.—Л.