

О ДИНАМИКЕ КЛИМАТА И ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ ЗОН

А.А. Коновалов, С.Н. Иванов

Институт проблем освоения Севера СО РАН, г. Тюмень

konov7@rambler.ru

Климатическое поле, результирующее тепловлагообмен в биосфере, имеет два измерения: зональное (примерно широтное), связанное с поступлением солнечного тепла, шарообразной формой Земли и режимом ее вращения, и азональное, связанное с режимом увлажнения, зависящего, главным образом, от удаленности данного места от главного источника влаги – Мирового океана. Координатами этого поля являются: радиационный баланс B и $J = B/LU$ – индекс сухости (L – теплота испарения, U – годовая сумма осадков), отражающие, соответственно, радиационные и циркуляционные факторы климата (Будыко, 1971). Разные сочетания тепла и влаги, выраженные через эти величины, определяют уровень развития, интенсивность и пространственные закономерности биотических и абиотических процессов. Главенствующую роль в дифференциации природных условий, все же играет Солнце; это следует хотя бы из зависимости J от B .

Географическая зональность обусловлена характером теплового поля биосферы, токи которого, фиксируемые по среднегодовым температурам, направлены от литосферы к атмосфере и от экватора к полюсам. Это вызывает образование на поверхности Земли в обоих полушариях примерно симметричных термических поясов с однотипными климатическими условиями: полярного (I), бореального (II), суббореального (III), субтропического (IV) и тропического (V), и наличие в тропосфере аналогичных по температуре и влажности сферических прослоев, соединяющих через экватор одинаковые термические пояса северного и южного полушарий. Эти невидимые прослои проявляются на склонах прорезающих их гор вертикальной географической поясностью, повторяющей широтную. Полярный и бореальный пояса лежат в криосфере – пространстве, включающем части тропосферы, атмосферы и литосферы с отрицательными среднегодовыми температурами. В литосфере – это область вечномерзлых грунтов. Суббореальный пояс совпадает с сезонной криосферой, существующей только в холодный период года. В литосфере – это область сезонномерзлых грунтов. Зона постоянного холода, где максимальная среднемесячная температура воздуха ниже $^{\circ}\text{C}$, лежит выше полярного пояса, проявляясь на поверхности Земли (в горах и полярных областях) покровным оледенением. Границы криосферы в тропосфере примерно совпадают с областью производства (конденсации и сублимации) из водяного пара основной массы жидких и твердых осадков. Ниже и выше их образование затруднено: ниже – из-за недостаточно низкой температуры воздуха; выше – из-за малого содержания в нем влаги. Зона образования твердых осадков расположена примерно между изотермами -10°C и -20°C (где обледеневают самолеты). На Земле она фиксируется покровным оледенением в приполярных областях и вершинах гор.

На рис. 1 приведены графики геоботанической зональности, фитопродукции и стока (Базилевич и др., 1970; Будыко, 1971), на оси B выделены пять перечисленных выше термических поясов, а на оси J – входящие в них три биоклиматические области: гумидная, семиаридная и аридная. К гумидной области относятся тундра и лес, к семиаридной – лесостепь и степь, к аридной – полупустыня и пустыня. $J = 1$ – ось симметрии, располагающаяся между лесом и степью. Это место равновесия тепла и влаги. С удалением от него равновесие нарушается: к северу – из-за дефицита тепла, к югу – из-за дефицита влаги. Значения $J = 0,33$ и $J = 3$, совпадающие с границами устойчивой (непрерывной) фитосферы, взаимнообратны, их абсолютные величины на логарифмиче-

ской шкале примерно симметричны относительно $J = 1$: $\ln(0,33) = -1,1$; $\ln(1) = 0$; $\ln(3) = 1,1$. За этими пределами располагаются зоны холодных (арктических) и жарких пустынь, где фитосфера эфемерна, прерывиста во времени и пространстве. Ее появление здесь связано с положительными флуктуациями тепла (в холодных пустынях), и влаги (в жарких). При одинаковом B (на одной широте) изменение J пропорционально изменению степени континентальности климата – с удалением от океана в глубь материка J увеличивается. У тепловой координаты климатического поля B тоже есть критическая величина: $B \approx 50 \text{ ккал/см}^2 \text{ год}$ (рис. 1). Ее изолиния примерно совпадает с северной границей субтропиков и нулевой температурой самого холодного месяца. Южнее ее границы вода, составляющая большую часть массы растений, никогда не замерзает, обеспечивая их круглогодичное функционирование, максимальную производительность и многообразие.

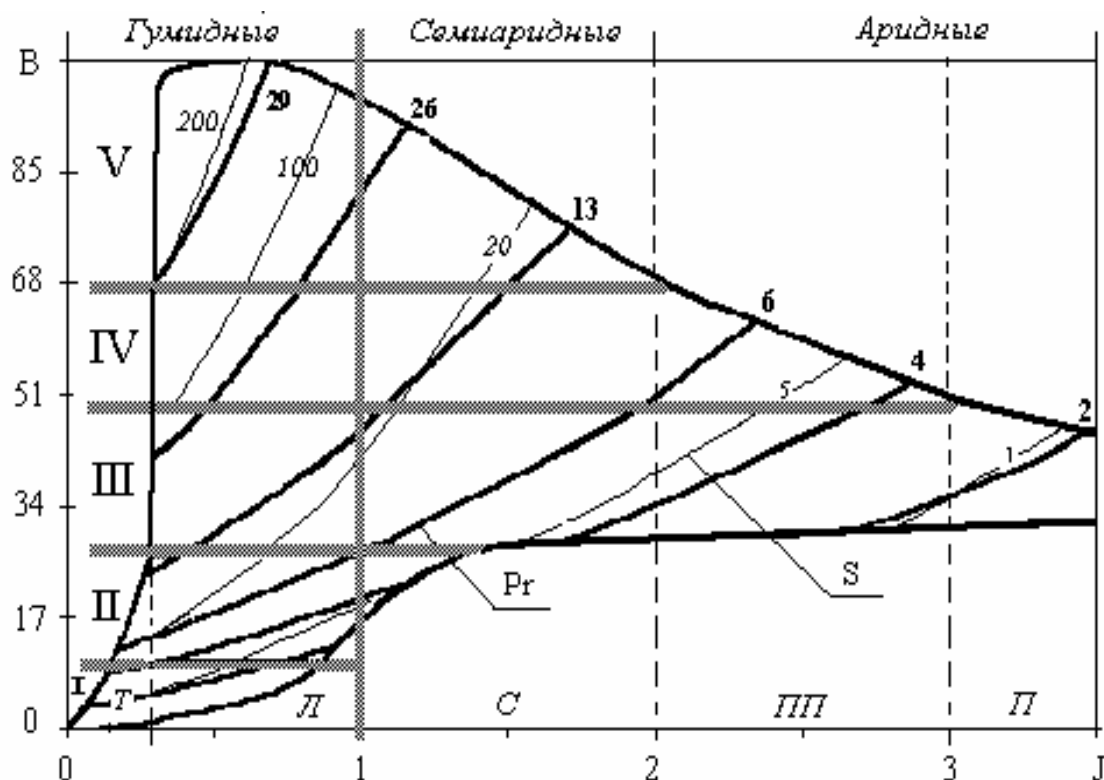


Рис. 1. Фитопродукция Pr и сток S в координатах B, J
(Т – тундра, Л – лес, С – степь, ПП – полупустыня, П – пустыня)

Схематическая карта геоботанической зональности на примере Тюменско-Омского региона приведена на рис. 2. Распределение зон (подзон) в регионе взято по (Бакулин, 1996), величины J и сумм температур выше 5°C (Σ_5) – по данным метеослужбы; значения фитопродукции Pr (т/га*год) рассчитаны по формуле ее зависимости от B и J (Коновалов, 2007). Анализ показывает, что изолинии элементов климата не слишком совпадают с границами геоботанических зон. Исключение составляют суммы среднесуточных температур воздуха выше 5°C (Σ_5) и выше 10°C (Σ_{10}), изолинии которых довольно близки к границам геоботанических комплексов. Устойчивую фитосферу характеризуют температуры воздуха примерно от 5°C и выше. Южную границу зон и подзон приблизительно можно сопоставить со следующими изолиниями Σ_5 (градусочасы): тундры – 875, лесотундры – 1068, северной тайги – 1336, средней тайги – 1825, южной тайги – 2068, подтайги – 2153, северной лесостепи – 2208, типичной лесостепи – 2350.

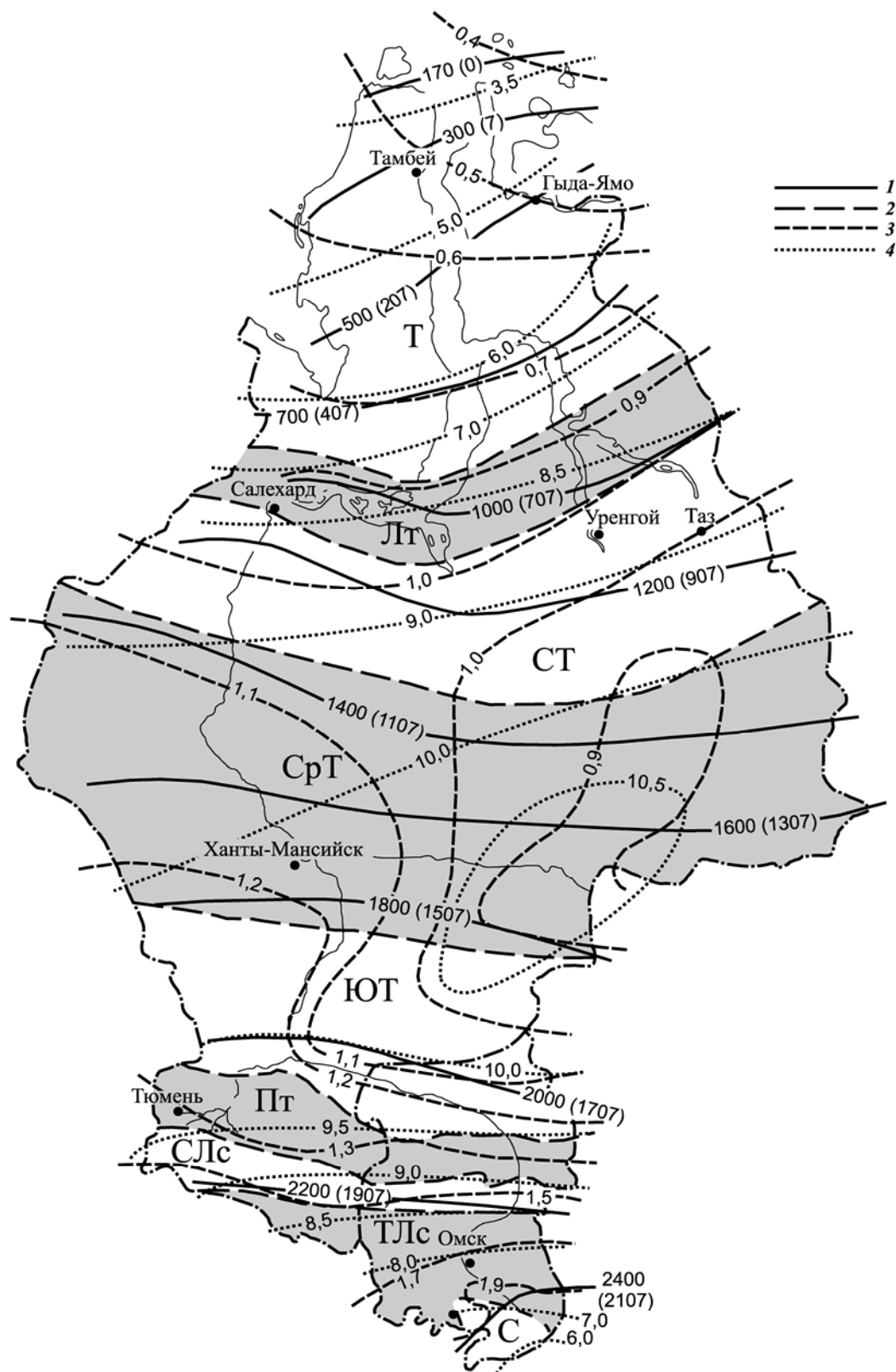


Рис. 2. Схематическая карта геоботанической зональности Тюменско – Омского региона

1 - сумма температур выше 5° (10°), град.С; 2 - границы зон и подзон (Т - тундра, Лс - лесотундра, СТ - северная тайга, СрТ - средняя тайга, ЮТ - южная тайга, Пт - подтайга, СЛс - северная лесостепь, ТЛс - типичная лесостепь, С - степь); 3 - радиационный индекс сухости (J); 4 - расчетные значения фитопродукции (Pr), т/(га*год).

Совокупность тропосферных прослоев, отпечатывающихся на поверхности Земли географическими зонами имеет вид эллипсоида вращения, ось которого совпадает с осью Земли. Вращение тропосферного эллипсоида в общем уравновешено с вращением Земли. Его осевое сжатие при повышении скорости вращения или растяжение при ее понижении, приводят к перемещению географических зон по поверхности обоих полушарий Земли: при сжатии (повышении скорости вращения) в направлении к экватору, вызывая похолодание, или от него при растяжении, вызывая потепление. Зависимость климата, а также биопродуктивности и тектонических проявлений, от солнечной активности опосредована приливообразующей силой, так что уменьшение угловой скорости вращения Земли при увеличении приливообразующей силы вслед за понижением солнечной активности вызывает похолодание и увлажненность, и наоборот. Это убедительно показал еще Б.Л. Личков (1960), подытоживший результаты отечественных и зарубежных исследований по этой тематике на середину XX в. На предшествующем 300-летнем отрезке времени зафиксированы 111-, 80- и 11- летние циклы примерно синхронных колебаний всех компонентов этой системы: солнечная активность-приливы-скорость вращения Земли-климат-биопродуктивность. Так, 1830 и 1939 гг. совпали: с максимумами солнечной активности, низкими приливами, максимальными угловыми скоростями вращения Земли, прохладным и дождливым летом и плохими уловами сельди, а середина между этими годами (1885 г.), наоборот: с минимальной солнечной активностью, высокими приливами, минимумом скорости вращения Земли, теплым и сухим летом и «сказочным» уловом сельди (Личков, 1960). Ю.П. Сафронов (2002) показал совмещенность пиков солнечной активности, наблюдавшихся в 1905, 1917 и 1928 гг. с факторами, уменьшающими биопродукцию – землетрясениями и извержениями вулканов, вспышками инфекционных заболеваний (холеры, чумы, гриппа и т.п.), социальными катаклизмами и их жертвами. Ранее эту закономерность – совпадение пиков солнечной активности с общественными потрясениями (войнами, революциями, эпидемиями и т.п.), приводящими к большим человеческим жертвам, подметил А.Л. Чижевский (1976), который показал, что наиболее значимые исторические события повторяются примерно через 100 лет, а внутри каждого столетия наблюдается около девяти периодов с разной степенью общественной напряженности длительностью примерно 11 лет. Аналогично ведет себя и фитопродукция, показателем которой может служить толщина древесных колец, уменьшающаяся при увеличении солнечной активности.

Эти закономерности распространяются и на циклы большей длительности, по крайней мере на близкие по характеру проявлений 1700-летний приливной цикл Петтерсона и 1850-летний цикл увлажненности Шнитникова (Личков, 1960). Ван дер Хаммен (1966), анализируя пыльцевые спектры, относящиеся к голоцену и верхнему плейстоцену, установил, во-первых, полное согласование изменений среднегодовой температуры в этот период в Северной и Южной Америках, в Европе и в Южной Африке, во-вторых, что наиболее холодные (ледниковые) фазы являются в то же время и самыми влажными, а наиболее теплые – и самыми сухими.

В приведенных примерах, связанных с изменениями в двоякой дихотомии «тепло-сухо» и «холодно-влажно», обобщенным показателем которой является индекс сухости J , повышение солнечной активности вызывает понижение температуры воздуха и подавление биопродуктивности. В то же время давно установлен и очевиден противоположный эффект – повышение температуры воздуха с увеличением активности Солнца. Получены формулы этой зависимости (Будыко, 1971) в которых независимыми переменными являются астрономические параметры. Собственно этим эффектом и объясняется зональность климата и наличие координаты B климатического поля, которая увязывает тепловую составляющую климата непосредственно с энергией Солнца без участия циркуляционного (земного) фактора, отраженного координатой J . Пропорциональный повышению радиационного баланса рост условного радиуса эллипсоида вы-

зывает перемещение географических зон от экватора к полюсам и общее потепление климата, и наоборот: сокращение радиуса эллипсоида вслед за уменьшением радиационного баланса вызывает перемещение географических зон от полюсов к экватору и общее похолодание. Оба эффекта, связанные с разными координатами климатического поля (B и J), проявляются в режиме накладываемых друг на друга колебаний, образуя сложную иерархию циклов разной частоты и амплитуды. Генеральный вектор изменения климата задают колебания, связанные с тепловой координатой B . Их период и амплитуда обычно больше, они как бы составляют фон для климатических колебаний по координате J . Например, за 1880-1940 гг., когда максимумы солнечной активности совпадали с относительными понижениями температуры воздуха, его абсолютная температура повысилась на 0,7-1,1°C, а относительно пониженные температуры в конце периода были примерно на столько же выше, чем относительно повышенные температуры в его начале (Личков, 1960).

Циклические изменения режима вращения Земли с ее атмосферой определяют циклическую же смену климатических эпох, оледенений и трансгрессий моря, направленность и интенсивность тектонических, геоморфологических и биологических процессов, интрузию и перемешивание косного и живого вещества и, в конечном счете, историю биосферы. Обусловленность колебаний климата и физико-географической обстановки в целом подобными «приливами» и «отливами» термовлажностных условий относительно экватора приводит к тому, что приэкваториальные территории менее других подвержены этим колебаниям, их ландшафты – наиболее долговечны и консервативны, а наиболее подвижны переходные зоны лесотундры и лесостепи.

Итак, совокупность термических поясов можно понимать как пространство дихотомии *тепло* ↔ *холодно*, а совокупность гумидо-аридных областей внутри поясов – дихотомии *сухо* ↔ *влажно*. Вторая занимает подчиненное положение (сравните выражения координат B и $J = B/LU$), изменения ее компонентов происходят на фоне трендового изменения компонентов первой, образуя сдвоенную оппозицию: *тепло и сухо* ↔ *холодно и влажно*, хотя сухие и влажные эпохи, также могут быть и теплыми и холодными. То есть возможны разные, относительно устойчивые сочетания этих четырех основных качественных показателей климата, в том числе и «аномальные»: *тепло и (плюс) влажно* или *холодно и (плюс) сухо*. В первом случае имеет место *теплая и влажная* эпоха – когда теплый крупнопериодный полуцикл дихотомии *тепло* ↔ *холодно* совпадает по времени с холодно-влажным полуциклом с меньшими периодом и амплитудой в сдвоенной дихотомии *тепло и сухо* ↔ *холодно и влажно*. Во втором – *холодная и сухая* эпоха – когда холодный крупнопериодный полуцикл дихотомии *тепло* ↔ *холодно* совпадает по времени с тепло-сухим полуциклом с меньшими периодом и амплитудой в сдвоенной дихотомии *тепло и сухо* ↔ *холодно и влажно*. Совмещение показателей *холодно и сухо* характерно, например, для современного климата Якутии и Забайкалья. Но геологическая история и современная географическая зональность свидетельствуют (в долгосрочной перспективе) о большем соответствии холода повышенному увлажнению, а тепла – повышенной сухости. Это вытекает и из прямой зависимости испарения от температуры и наличия температурных пределов существования воды. На верхнем уровне ранжирования природных комплексов (на уровне термических поясов) наблюдается примерно следующее соответствие «климатических» категорий времени и пространства: тропический пояс – *теплая и влажная* эпоха; субтропический и суббореальный – *теплая и сухая* эпоха; бореальный – *холодная и сухая* эпоха; полярный – *холодная и влажная* эпоха.

История климата и биосферы – это чередование указанных эпох, проявляющееся на Земле циклическими перемещениями географических зон в пространстве координат B , J со скоростью, примерно совпадающей со скоростью изменения климата. Одновременно с перемещениями географических зон с присущими им климатическими и флористическими показателями происходит накопление и уплотнение осадочного геологи-

ческого и биологического материала, в том числе пыльцы и спор, наборы (спектры) которых соответствуют определенным геоботаническим и климатическим условиям. То есть, изменения климата и обусловленные ими горизонтальные движения геоботанических комплексов фиксируются («застывают») по глубине наслоениями характерных для них палиноспектров и могут служить их индикаторами. «Вчерашние» географические зоны и время их бытия «сегодня» превратились в геологические напластования и их возраст, образно говоря, «география и история вчера – это геология и археология сегодня». Как онтогенез биологической особи кратко повторяет филогенез, так и геологический разрез места в сжатом виде отражает (содержит) его палеогеографию и историю. Было бы логичным и в классификации времен перейти на адекватную терминологию, отражающую реальное климатическое поле в координатах J и B (по рис. 1): крупные его периоды, соответствующие термическим поясам на шкале B (климатические эпохи) называть, по аналогии с термическими поясами: арктическим (полярным), суббореальным, бореальным и т.п., а подпериоды – по аналогии с гумидо-аридными комплексами на шкале J : временами льда, тундр, леса, степей, полупустынь и пустынь.

ЛИТЕРАТУРА

- Базилевич Н.И., Родин Л.Е., Розов Н.Н.** Географические аспекты изучения биологической продуктивности // Мат. V съезда Геогр. общ. СССР. Л.: Наука, 1970. С. 3-28.
- Бакулин В.В., Козин В.В.** География Тюменской области. Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1996. 240 с
- Будыко М.И.** Климат и жизнь. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 472 с.
- Коновалов А.А., Иванов С.Н.** Климат, фитопродуктивность и палиноспектры: связи, распределение и методика палеореконструкций. Новосибирск: Гео, 2007. 130 с.
- Личков Б.Л.** Природные воды Земли и литосфера. М.: Изд-во. АН СССР. 1960. 163 с.
- Сафронов Ю.П.** В диапировом блеске солнечных пятен // Чудеса и приключения. 2002. № 4. С. 8-10.
- Чижевский А.Л.** Земное эхо солнечных бурь. М.: Мир, 1976. 367 с.
- Ван дер Хаммен** Изменения климата севера Южной Америки в четвертичном периоде // Солнечная активность и изменения климата. Л.: Гидрометеиздат, 1966. С. 328-336.