

Костычев Сергей Павлович.

Физиология растений

Часть 2

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
С32

С32 **Сергей Павлович. К.**
Физиология растений: Часть 2 / Костычев Сергей Павлович. – М.: Книга по Требованию,
2023. – 411 с.

ISBN 978-5-519-90679-1

ISBN 978-5-519-90679-1

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Основы физиологии поступления и передвижения веществ

Круговорот энергии в протоплазме

Постоянное превращение энергии в организме является признаком жизни. При этом следует отметить, что все основные положения термодинамики сохраняют свою закономерность и в жизненных явлениях. Еще Лавуазье пытался обосновать зависимость между дыханием и простым окислением при помощи количественного измерения теплоты. В последнее время Рубнер¹ при помощи точных калориметрических измерений показал, что теплота сгорания различных органических веществ внутри и вне живой клетки остается одной и той же. В главе о брожениях было указано, что Рубнер достиг таких же результатов и в вопросе изучения выделения энергии при спиртовом брожении.

С другой стороны, известно, что выделение тепла при дыхании растений, по новым точным измерениям Дойра², не всегда соответствует теплоте сгорания дыхательного материала: во время энергичного роста количество органического вещества и, вместе с тем, теплоты сгорания молодых растений увеличивается; таким образом, часть теплоты сгорания органических веществ накапливается в организме. У зеленых растений солнечная энергия ассимилируется непосредственно.

Органические вещества в живом организме не просто только накапливаются, но приобретают определенную структуру. Известно, что создание структур в человеческой технике связано с расходом энергии. Спрашивается, возможно ли допустить такое же положение и для биологических структур? По Мейергофу,³ это не имеет места.

Упомянутый исследователь сравнивал продукцию тепла в двух порциях оплодотворенных яиц морского ежа, из которых одна была слабым отравлением задержана в развитии в стадии клеточной борозды. Обе порции выделили одинаковое количество энергии на единицу материала, потраченного при дыхании.

Простое соображение указывает, что вышеприведенный результат вполне объясним; в то время как в нашей технике примененная энергия, нужная при получении структур, служит для построения не существующих в природе структур, здесь работа состоит из механических приемов, которые при спонтанных организациях естественно отпадают или

¹ Rubner M. Z. Biol. 30, 137 (1894).

² Doyer L. C. Meded. of Acad. Wetensch. Amsterd., 77, 62 (1914); Réc. Trav. bot. néerl. 12, 372 (1915).

³ Meyerhof, O. Biochem Z. 35, 246, 270, 316 (1911).

так незначительны (преодоление силы тяжести и т. п.), что не могут быть учтены имеющимися в нашем распоряжении методами.

Таким образом, мы приходим к заключению, что для установления биологических структур не потребляется энергии. В связи с этим, некоторыми исследователями высказывались сомнения по поводу сохранения значения второго основного закона термодинамики в жизненных явлениях, но это сомнение надо признать неосновательным. Растения, содержащие хлорофилл, работают, замедляя увеличение энтропии, однако, здесь имеется аналогия с некоторыми явлениями неживой природы (круговорот воды, повышение электрического потенциала).

В первой части было указано, что между интенсивностью роста и дыханием существует ясно выраженный параллелизм. Это является доказательством того, что жизненные процессы требуют притока кинетической энергии. Что кинетическую энергию действительно можно рассматривать как двигательную силу жизненных явлений — особенно ясно выступает в изучении химиосинтеза и различных брожений. При химиосинтезе протекают окислительные процессы, которые для этих бактерий дают совершенно ненужные продукты. Окислительные реакции здесь являются источником энергии. Даже продукты обыкновенных брожений (спиртовое, молочнокислое, маслянокислое брожения) являются для организмов данного брожения не только ненужными, но в больших количествах даже вредными. Таким образом, все явления брожения служат лишь в качестве источника получения кинетической энергии, которая представляет собою двигательную силу для определенных жизненных явлений. Здесь мы сталкиваемся с интересной еще неразрешенной проблемой биологии: нам совершенно неизвестен механизм использования энергии. Само собой понятно, что выделившееся в итоге тепло является конечным продуктом различных превращений энергии. Проще всего было бы рассматривать всю совокупность определенного вида явлений, как единый сложный химический процесс; в этом случае пришлось бы принимать в соображение только химическую энергию. На основании изложенного ниже, подобное предположение является мало вероятным, и скорее следует признать, что химическая энергия всех этих процессов превращается в деятельное состояние неизвестные нам механизмы живой материи и превращается в различные другие виды энергии. Под конец все эти формы энергии переходят в тепло, повышая энтропию.

Известно, что во всех живых тканях наблюдается различие потенциалов — электрофизиология растений выделилась теперь в отдельную отрасль общей физиологии.¹ В качестве наиболее вероятного объяснения происхождения электрических токов принимается, что существует различная проницаемость растительных перегородок для некоторых катионов. Механическая энергия проявляется во всех случаях роста, растяжения клетки, и особенно ясно в движениях растений. Самым простым и распространенным примером механической системы служит осмотическая работа (см. ниже), которая проявляется в каждой живой клетке. Свечение растений, о котором говорилось в первой части, является подтверждением того, что химическая энергия таких процессов организма, как дыхание и брожение, может превращаться в энергию световую.

¹ Stern, R. *Elektrophysiologie der Pflanzen*, 1924.

Эти весьма важные случаи экспериментально совершенно не изучены и до сих пор вообще не существует метода, который бы дал возможность исследовать сущность круговорота энергии в живых клетках. Все настоятельнее выявляется необходимость создания методики, позволяющей экспериментально исследовать физические и химические явления внутри отдельной клетки. Варбург не без основания утверждает, что весьма вероятно связь явлений поверхностного натяжения с явлениями превращения энергии.

Наконец, следует еще указать на следующий факт: часть исследователей рассматривает жизнь, как совокупность явлений раздражения, которые (конечно с различными ограничениями) аналогичны маленьким взрывам. Во всяком случае, несомненно, что определенные явления раздражения сопровождаются внезапными выделениями энергии. В связи с этим в живых клетках должны присутствовать соответствующие приспособления для регулирования образования кинетической энергии. Механизм этих явлений нам пока также совершенно неизвестен.

Температурная константа и температурный коэффициент жизненных явлений

В первой части было указано, что некоторые реакции органических веществ при повышении температуры ускоряются настолько, что при повышении t° на 10° скорость реакции по крайней мере удваивается. Температурный коэффициент большинства процессов, наблюдающихся при круговороте веществ живых клеток, выражается цифрой 2 — 3 при средних температурах. Однако, замечается очень сильное повышение температурного коэффициента и температурной константы A в жизненных явлениях при температурах близких к 0° ; с другой стороны, температурный коэффициент жизненных процессов понижается при температурах в $50—60^\circ$, при которых обычно уже происходит свертывание плазмы. Эти особенности объясняются следующим образом: жизненные явления имеют место в организованной среде — протоплазме, которая при низких температурах находится в неактивном состоянии. Заметно высокая точка температурной константы в интервале от 0° до 5° и от 0° до 10° ведет за собой увеличение влияния температуры не только на химические явления, но и на общие жизненные свойства протоплазмы. До тех пор, пока клеточная плазма находится в состоянии окоченения от холода, задерживаются свойственные ей процессы обмена веществ даже в тех случаях, когда они являются ни чем иным, как ферментативными процессами, обладающими вне плазмы при низких температурах нормальными температурными константами. Пока клеточная плазма не окажется вполне убитой, ферментативные процессы в чистом виде исследовать невозможно. Таким путем мы получаем возможность отличить процессы, вызываемые живыми клетками, от обыкновенных ферментативных реакций.

В качестве наглядных примеров высоких температурных коэффициентов жизненных явлений при низких температурах, можно привести следующее: Златор¹ дал нормальный температурный коэффициент

¹ Slat or. J. chem. Soc. Lond. 89, 136 (1906).

для спиртового дрожжевого брожения при температуре 15—30°. Напротив, температурный коэффициент брожения в промежутке 5—10° оказался равным 7,0, а в промежутке 10—15° еще равным 4,5. При температуре же 35—40° температурный коэффициент оказался равным 1,5. В а р б у р г дает для фотосинтеза водоросли *Chlorella* sp. температурный коэффициент при 10° = 5 и 4,7, что особенно замечательно, так как в этом случае дело в значительной степени касается фотобихимического явления.

Химический состав протоплазмы

Рейнке и Родевальд¹ произвели первые исследования протоплазматической массы плазмодия миксомицета. Они остановились на этом объекте потому, что он дает возможность получить наибольшие количества клеточной плазмы.

Результаты анализов Рейнке и Родевальда собраны в следующей таблице.

Найдено в процентах сухого вещества:

Фосфорсодержащие протеиды: пластин и нуклеин (последнего очень мало)	40,0
Белок и ферменты (пепсин)	15,0
Нуклеиновые основания, углекислый аммоний, аспарагин и лецитин	2,0
Углеводы	12,0
Жиры	12,0
Холестерин	2,0
Смолы	1,5
Уксуснокислый, муравьинокислый и щавелевокислый кальций	0,5
Неорганические соли	6,5
Остальные вещества	6,5

Отсюда видно, что фосфорсодержащие белковые вещества составляют только 40% сухого веса плазмодия. Первые анализы показали уже, что протоплазма не «в большей части» состоит из белковых веществ, как считали прежде, на основании вполне априорных наблюдений. Введенное Рейнке и Родевальдом понятие «пластин» не представляет собой какого-нибудь однородного вещества. Оно содержит только 12% азота и рассматривалось уже О. Лоевом² как смесь различных веществ. Н. Н. Иванов³ приходит косвенным путем к заключению, что пластин Рейнке содержит только 38,5% белка. Это белковое вещество, по Иванову,⁴ вполне аналогично белковому веществу шляпочных грибов и содержит значительное количество гексоновых оснований. В VI главе I тома уже указывалось, что белковые вещества клеточной плазмы явно образуют особенную группу и вступают в нестойкие соединения с другими веществами. По данным Н. Н. Иванова, пластин содержит большую углеводную группу.

¹ Reinke u. Rodewald. Unters. bot. Inst. Göttingen 2, 1 (1881).

² Loeu, O. Bot. Z. 42, 273 (1884).

³ Иванов Н. Н. Biochem. Z. 162, 441 (1925).

⁴ Иванов Н. Н. То же. 137, 331 (1923).

Лепешкин¹ считает, что упомянутая группа углеводов не является такой подвижной, как об этом говорит Иванов, так как большая часть углеводов в исследованиях Иванова должна была бы рассматриваться не как химическая составная часть, но как загрязнение пластины. По мнению Лепешкина, пластин представляет собой не что иное, как соединение белкового вещества с липоидами, количество которых в анализах Рейнке и Родевальда слишком ничтожно. Г. Вальтер,² при помощи косвенных заключений, приходит также к выводу, что живая плазма содержит в себе соединение белкового вещества с липоидами. В основе этого соединения лежит не химическое сродство, а адсорбция. Лепешкин дает следующую таблицу анализов плазмодия *Fuligo varians*:

Получено в процентах сухого вещества:

Моносахариды	14,2
Белковые тела (растворимые в воде)	2,2
Аминокислоты и пуриновые основания	24,3
Нуклеопротеиды	32,3
Свободные нуклеиновые кислоты	2,5
Глобулин	0,5
Липопротеиды	4,8
Нейтральные жиры	6,8
Фитостерин и фосфатиды	4,5
Другие органические вещества	3,5
Минеральные вещества	3,4

Свою предпосылку о существовании соединений между белковыми веществами и липоидами Лепешкин пытается обосновать тем, что после смерти растений (дрожжевые клетки) обнаруживается положительный термический эффект.³ Последний может происходить, однако, от самых разнообразных причин.

Результаты анализов Рейнке и Лепешкина не дают особо значительных расхождений. Оба исследователя изучали один и тот же плазмодий.

Недавно Кизелем⁴ были выполнены достаточно исчерпывающие исследования относительно химического состава плазмодия различных миксомицетов. По поводу пластины Кизель считает, что Иванов и Лепешкин имели дело не с чистым препаратом и что в протоплазме не наблюдается соединения белкового вещества с углеводами или липоидами. Напротив, удастся без особого труда изолировать нуклеопротеиды. Кизель рассматривает пластину, как альбуминоидообразное белковое вещество, загрязненное углеводами. Анализы Кизеля приводят к важному заключению, что состав различных плазмодиев неодинаков. Это видно из приложенной дальше таблицы.

Кроме того, Кизель выполнил количественное определение гидролиза пластины из различных миксомицетов и получил обычные для белка циф-

¹ Лепешкин В.: Ber. dtsh. bot. Ges. 41, 179 (1923); Biochem. Z. 171, 126 (1925).

² Walter H. Biochem. Z. 122, 86 (1921).

³ Лепешкин В. В. Ber. dtsh. bot. Ges. 46, 591 (1928). Термический эффект, по Лепешкину, является следствием расщепления соединения белка с липоидом.

⁴ Кизель А. Hoppe Seylers Z. 150, 102 (1925); ebenda, S. 149; 164, 103 (1927); 167, 141 (1927); 173, 169 (1928). — Planta (Berl.) 2, 44 (1926). — Protoplasma (Berl.) 6, 32, (1929).

ры. Элементарный состав различных препаратов был неодинаков. Содержание азота колебалось между 13,58 и 15,22%; количество фосфора между 0,11 и 0,12%, а серы — 0,15 до 0,38%. Жиры миксомицетов были также основательно изучены К и з е л е м.

Все приведенные выше анализы указывают на то, что белковые вещества не составляют даже половины сухого вещества плазмодия. Кроме того, необходимо прибавить, что химический состав различных плазмодиев неодинаков, и особенно большим колебаниям подвергаются именно те вещества, которые признаются наиболее важными составными частями протоплазмы.

Найдено в процентах сухого веса:

	Плазмодий <i>Reticularia</i> <i>Lycoperdon</i>	Плазмодий <i>Lycogala</i> <i>epidendron</i>	Незрелые плодовые тела
Белок (за исключением пластина)	20,65	18,37	18,19
Пластина	8,42	11,96	16,91
Нуклеиновая кислота (связанная и свободная) . .	3,68	—	—
N-содержащие экстрактивные вещества	12,00	5,20	4,30
Жиры	17,35	37,51	31,22
Лецитин (вычисл. по P)	4,67	—	0,12
Холестерин	0,58	1,16	1,31
Жиры липопротеидов (?)	1,20	0,66	2,39
Полициклический спирт	—	0,26	0,21
Смолообразные вещества (отчасти искусственного происхождения)	—	4,29	9,04
Неизвестные липоиды	—	1,20	2,29
Летучие кислоты	—	0,26	0,14
Редуцирующие углеводы	2,74	0,53	0,46
Не редуцирующие углеводы	5,32	1,06	1,06
Гликоген	15,24	13,10	5,98
Миксоглюкозан	1,78	1,79	4,87
Неизвестные вещества	5,87	2,69	2,15

Эти данные приводят к заключению, что сами по себе химические анализы едва ли могут дать понятие о свойствах протоплазмы. Протоплазма является скорее морфологическим, а не химическим понятием. На самом деле очень трудно представить себе, что встречающиеся в клеточной плазме превращения энергии не регулируются определенными организованными структурами. Если это так, то химические анализы не могут давать решающих результатов.

Представим себе, что мы разотрем в ступке различные часы и тогда будем их исследовать. Результаты анализов в зависимости конструкции от часов будут совершенно различны. Остановившись на этом примере, мы можем представить себе часы, состоящие из совершенно других материалов, чем те, которые обычно применяются при выделке часов. Так, например, стекло могло бы быть заменено кварцем (горный хрусталь), сталь — иридием и т. д. Такие, более дорого стоящие часы, может быть, функционировали бы лучше обыкновенных часов. Это простое сопоставление ясно указывает, что одни химические анализы не могут служить основанием для суждения о действии определенного аппарата.

Коллоидальное состояние протоплазмы

Из вышеприведенных соображений вытекает, что именно структура протоплазмы во всех жизненных явлениях играет важную роль. Определенная структура уже вытекает из физико-химических условий существования плазмы: протоплазма в большей части состоит из коллоидных веществ и поэтому обладает коллоидальными свойствами. Га й д у к о в¹ первый произвел ультрамикроскопическое исследование протоплазмы. Оказывается, что основная масса протоплазмы без сомнения представляет собой гетерогенную среду. В последующих наблюдениях других исследователей была установлена коллоидально-гетерогенная природа клеточной плазмы.² Так как в протоплазме встречаются различного рода коллоидальные вещества и так как протоплазма при рассмотрении под обычным микроскопом не оказывается гомогенной, но обладает грубо-дисперсными фазами, приходится признать, что мы имеем здесь дело с системой в высшей степени сложной, гетерогенной, обладающей многими дисперсными фазами неодинаковой устойчивости. На самом деле оказывается, что физические свойства протоплазмы изменяются под влиянием сравнительно слабых воздействий.

Более давние авторы признавали основную массу протоплазмы жидкой.³ Главные основы этого положения следующие: 1) Во многих клетках удается наблюдать движение жидкой клеточной плазмы, причем ею захватываются многочисленные зернышки и не смешивающиеся с основной массой плазмы капельки. Плазмодий многих миксомицетов также представляет собой жидкое тело.⁴ 2) Если протоплазма остается свободной, то она принимает шарообразную форму. Вакуоли тоже имеют постоянно-шаровидную форму. Исключение из этого правила представляют растения и растительные частицы, которые высыхают и снова могут быть оживлены, при условии, чтобы при этом жизнь их не прекращалась. В сухом состоянии они несомненно обладают твердой плазмой, которая даже и на самых начальных ступенях разбухания при всасывании воды не принимает шарообразной формы.

Главная масса клеточного ядра также несомненно представляет собой жидкое тело. Известны неоднократные случаи прохождения ядра через поры клеточной стенки,⁵ что было бы трудно объяснимо, если допустить, что клеточное ядро обладает твердой или студенистой консистенцией. Другие исследователи неоднократно наблюдали течения и Броуновское движение в содержимом ядра.⁶ Точно так же и легкое рассасывание ядра в многоядерной клетке указывает на жидкие свойства ядерного содержимого.⁷ Особенно убедительными, может быть, являются опыты

¹ G a i d u k o v N. Die Dunkelfeldbeleuchtung in der Biologie und Medizin 1910. — Kolloid. Z. 6, 267 (1910).

² Marinesco G. Kolloid. Z. 11, 209 (1912). — Meyer A. Physiologische und morphologische Analyse d. Zelle, S. 410, 1920. — Lepeschkin. Kolloidchemie des Protoplasmas. 1924.

³ Naegeli u. Cramer. Pflanzenphysiologische Untersuchungen 1 (1855) и другие.

⁴ Cienkowski. Jb. Bot. 3, 400 (1863). — Hofmeister. Die Lehre von der Pflanzenzelle, S. 17, 1867.

⁵ См. Литературу Neméc. Das Problem der Befruchtungsvorgänge, 1910.

⁶ Matruchot et Mollard. Rev. gén. Bot. 14, 401 (1902). — Gross, R. Arch. Zellforschg. 14, 320 (1917).

⁷ Neméc B. Jb. Bot. 39, 645 (1904).

Лепешкина¹ относительно растворения ядерного вещества в протоплазме.

Растительные хроматофоры определялись различными исследователями, как твердые тела, и это относилось даже к тем полостям, которые заполняются маслоподобными пигментными капельками,² но такие предположения больше уже не считаются правильными. Существуют различного рода основания для признания жидкой консистенции основной массы хроматофор.³ Интересны наблюдения Пономарева,⁴ которые приводят к заключению, что даже большие хлоропласты спирогиры несомненно являются жидкими. Удастся смешать хлоропласты спирогиры с протоплазмой, причем вещество хлоропласта принимает форму капель.

Жидкая основная масса протоплазмы клеточного ядра и хроматофор обладает несомненно различными дисперсными фазами, среди которых некоторые являются твердыми. Кроме того, само собой понятно, что в протоплазме молекулярно растворены различные вещества. Существование грубо-дисперсных фаз в протоплазме было установлено вне всяких сомнений при помощи ультрамикроскопических наблюдений Гайдукowym, А. Мейером и Лепешкиным.⁵ Наоборот, в протоплазме очевидно, не должно быть коллоидально дисперсных фаз;⁶ а также и распределение грубо-дисперсных фаз является неодинаковым. Обычно отличают гиалиновый, незернистый наружный слой и зернистый внутренний слой протоплазмы. Необходимо предостеречь от смешения наружного слоя с покровным слоем или плазматической перепонкой, о которой будет речь впереди. Гиалиновый слой можно наблюдать непосредственно, плазматическая перепонка напротив не видна и в существовании ее некоторые исследователи вообще выражают сомнение. Лепешкин⁷ приходит к заключению, что гиалиновый слой не является обязательно необходимым; так, например, он вполне отсутствует в клетках у *Hydrocharis* и *Elodea*. У спирогиры, по Лепешкину, гиалиновый слой, по крайней мере вдвое толще зернистой массы.

В протоплазме по ультрамикроскопическим наблюдениям Гайдукowa и Лепешкина (см. выше) встречается как жидкая, так без сомнения и твердая дисперсная фаза, как и в хроматофорах. В клеточном ядре, напротив, твердых дисперсных фаз⁸ обнаружить до сих пор не удалось.

С коллоидальным состоянием основной массы клеточной плазмы связаны также электрические свойства и значительная вязкость ее. Электрический заряд протоплазмы, в зависимости от обстоятельств, может быть положительным и отрицательным.⁹ Он несомненно зависит от неодинаковой адсорбции различных ионов коллоидальным веществом плазмы.

¹ Лепешкин В. В. Kolloidchemie des Protoplasmas, S. 72 — 75, 1924.

² Pringsheim, Jb. bot. 72, 288 (1879 — 1881). — Tschirch. Untersuchungen über das Chlorophyll, 5, 9, 1884.

³ Küster E. Ber. dtsh. bot. Ges. 29, 369 (1911). — Scherger. Flora (Jena), N. F. 7, 46 (1914). — Senn. Z. Bot. 1919, 111 и др.

⁴ Пономарев А. Ber. dtsh. bot. Ges. 32, 483 (1914).

⁵ Гайдукow Н. М. а. а. О.; Лепешкин В. В. а. а. О.; Meyer A. а. а. О.

⁶ Mayer A. и Schäffer, G. C. r. Soc. Biol. Paris 64, 681 (1908). — Faure-Fremiet. — Archives Anat. microsc. 17, 249 (1910) u. a.

⁷ Лепешкин В. В. Kolloidchemie des Protoplasmas, S. 93 — 94 (1924).

⁸ Marinesco G. Kolloid. Z 77 209 (1912). — Lepeschkin W. а. а. О.

⁹ Hardy: J. of Physiol. 47, 108 (1914). — Meier. Bot. Gaz. 72, 113 (1921).

Для определения вязкости протоплазмы были предложены некоторые, не лишенные остроумия методы, собранные Фр. Вебером.¹ В качестве наиболее удобных могут быть рекомендованы следующие:

1. Определяют быстроту падения твердых зерен (лучше всего крахмальных) в протоплазме и в воде, принимая при этом, что эта быстрота падения обратно пропорциональна внутреннему трению.

2. Другой метод, применимый лишь на плазмодиях миксомицетов, заключается в том, что в плазмодий вводятся маленькие зернышки железа и измеряется сила того тока, который начинает приводить в движение зернышки в магнитном поле.

Измерение вязкости должно было бы иметь большое значение при определении механизма различных жизненных проявлений протоплазмы, но, к сожалению до сих пор в этом направлении произведено очень мало исследований. По Хейльброну² быстрота падения крахмальных зерен в плазме колеоптилей овса и бобов почти в 24 раза меньше, чем в чистой воде, а в их клеточном соке вдвое слабее, чем в воде. Определения, произведенные тем же исследователем при помощи электрического метода, показали, что внутреннее трение протоплазмы миксомицета *Physarum* по крайней мере в 10 — 11 раз больше трения воды. У миксомицета *Reticularia* внутреннее трение оказалось от 16 до 18 раз больше, чем у воды. Хейльбронн указывает, что наружные слои плазмодиев дают различные переходы между жидким и студенистым состоянием. Все эти результаты доказывают, что протоплазма в большей своей части состоит из гидрофильных коллоидов, так как только они в растворах обладают таким большим трением.

Агрегатное состояние протоплазмы легко меняется под влиянием различных обстоятельств, и эта легкая изменчивость коллоидального состояния играет важную роль в отношении процессов регулирования. Первым долгом следует указать на то обстоятельство, что по крайней мере наружный слой протоплазмы нередко застывает в студенистую массу и таким образом становится твердым телом. У плазмодиев миксомицетов и фораминифер это явление очень распространено. *Orbitolites complanatus*, напр., поднимает кверху свой довольно тяжелый известковый футляр на псевдоподиях. Эти псевдоподии следовательно должны быть твердыми. Лепешкин наблюдал твердые тяжи протоплазмы в молодых волосках жгучей крапивы и в некоторых клетках волосков *Primula obconica*. Такие нити не могут слиться с другой протоплазмой и ломаются при легком прижатии покровным стеклышком. По Лепешкину, следовательно, также и внутренние протоплазматические тяжи могут перейти в студенистое состояние. О том, что нервные и мышечные волокна животных — твердые, всем уже давно известно. На поверхности плазмы часто образуется коллоидная корочка или пленка, как это нередко встречается в коллоидальных растворах, вследствие уменьшения поверхностного натяжения (сравн. часть I, введение). Но достаточно погрузить эту корочку в жидкую внутреннюю плазму, чтобы она снова растворилась.³ Отсюда явствует, что упомянутая пленка образуется фактически на-

¹ Weber, F. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden von Abderhalden, Liefg. 121 (1914).

² Heilbronn A. Jb. Bot. 53, 357 (1914).

³ Pfeffer W. Zur Kenntnis der Plasmahaut und Vakuolen 5, 231, 256, 1890. — Rumbler. Z. Zool. 83, 1 (1905). — Лепешкин см. выше.

коплением дисперсных фаз у наружной поверхности плазмы. Точно также¹ при смешении с дисперсной фазой — студенистое вещество разжижается.

При использовании дисперсных фаз во время голодания, быстрого роста или при повышении температуры — уменьшается внутреннее натяжение протоплазмы, причем образованная при известных условиях поверхностная корочка снова растворяется. Вязкость плазмы эмбриональных и очень молодых клеток всегда больше, чем у клеток, находящихся в стадии быстрого растяжения. При понижении температуры внутреннее натяжение плазмы может искусственно повыситься;² обратное действие вызывается повышением температуры,³ но длительно высокая температура дает снова повышение вязкости, очевидно, вследствие начавшейся коагуляции коллоидального вещества плазмы. Очень важно то обстоятельство, что некоторые факторы возбуждения вызывают как бы заметные изменения в вязкости плазмы. Таким образом действуют встряхивание, геотропическое раздражение,⁴ электрические токи,⁵ углекислота,⁶ эфир⁶ и некоторые электролиты. В особенности, повидимому, отличаются таким действием соли алюминия.⁷ Иногда при этом достигается превращение плазмы в студнеобразное вещество. По крайней мере, в некоторых случаях весьма высокого повышения вязкости прекращается Броуновское движение и становится невозможным вызвать плазмолиз клетки. Очень интересно следующее наблюдение Н е м е ц а.⁸ При центрифугировании хромозомы делящихся клеток вместе с нитями веретена перемещаются к клеточной стенке без изменения взаимного расположения и формы веретена. Это во всяком случае означает, что названные части клетки обладают или твердой консистенцией или по крайней мере очень высокой степенью вязкости.

По мнению некоторых исследователей, хромозомы в сущности должны представляться образованием смешанного характера.⁹ Коагуляция под влиянием электролитов представляет собой общее свойство для коллоидов (сравн. I часть). При этом следует обратить внимание на то, что белковое вещество и другие клеточные коллоиды легко переходят из гидрофильного коллоидального состояния в гидрофобное и тогда в присутствии незначительного количества солей могут выпасть в виде хлопьев. В пятой главе (см. I часть) указывалось на то, что регулирующее действие минеральных ионов на клеточную плазму следует связать с изменением вязкости и с частичным выпадением коллоида. В действительности была установлена коагуляция в живой плазме, на которую воздействовали минеральные соли и по всей вероятности без причинения ей вреда. Во всяком случае, при длительном действии упомянутые обратимые изменения состояний могут перейти в необратимые.¹⁰

¹ Weber, F. Ber. dtsh. bot. Ges. 41, 198 (1923).

² Heilbronn A. Jb. bot. 54, 337 (1914); 61, 319 (1922).

³ Weber F. u. G. Jb. Bot. 57, 187 (1916); сравн. однако Zolliker C Beitr. allg. Bot. 4, 449 (1918).

⁴ Bayliss Proc. roy. Soc. Lond. (B) 21, 196 (1920). — Weber, F. u. E. Ber. sa Berl. dtsh. bot. Ges. 40, 254 (1922).

⁵ Jacobs M. H. Amer. J. Physiol. 50, 451 (1922).

⁶ Heilbronn a. a. O. — Weber, F. Ber. dtsh. bot. Ges. 40, 212 (1922).

⁷ Szeeks. Jb. bot. 52, 269 (1913).

⁸ Neméc B. Bull. internat. Acad. Sci. de Bohème, 1915, 1.

⁹ Сравни J. Spek. Arch. Entw. mechan. 46, 537 (1920).

¹⁰ Giersberg H. Arch. Entw. mechan. 42, 208 (1922). — Spek, I. Arch. Protistenkunde 46, 181 (1923).