

П. И. УСАЧЕВ

ОБРАСТАНИЕ БЕТОНА В ПРЕСНОЙ ВОДЕ

(Представлено академиком А. А. Рихтером 1 VII 1940)

Грандиознейшее гидростроительство на р. Волге выдвинуло перед гидробиологами нашей страны выполнение ряда новых очень важных задач; в их числе весьма остро встал комплекс вопросов о влиянии биологических факторов на бетон.

Над коррозией бетона микробиологи работают уже давно. В этой области науки мы имеем весьма интересные наблюдения и практические выводы⁽¹⁻⁴⁾, чего нельзя сказать об остальных биологических факторах, имея в виду участие в коррозии бетона растительных и животных организмов. Исследования А. А. Садовского^(5, 6) о влиянии последних на бетон производились в Черном море. Эти бесспорно ценные исследования, как теперь выясняется⁽⁴⁾, все же не решают в окончательной форме вопроса о коррозии бетона под влиянием растительных и животных обрастаний. Необходимо особо отметить отсутствие в указанных исследованиях каких-либо количественных данных в переводе на биомассу, что, несомненно, явилось причиной нереального представления о развитии как отдельных компонентов обрастания, так и всего биоценоза в целом.

Изучение обрастаний производилось на бетонных сооружениях одного из шлюзов канала Москва-Волга. Небольшие (2—4 см²) куски бетона сбивались при помощи долота с поверхности бетонных стенок. Таким образом взятые пробы фиксировались формалином.

Первые же наблюдения показали, что альгологические обрастаний в чистом виде не существует. Всегда водорослям сопутствовала в той или иной массе ило-детритная пленка, прилипшая (осевшая) на шершавую поверхность бетона. Поэтому для количественного учета только водорослей (без детрита) сразу же пришлось отказаться от непосредственного взвешивания их биомассы на весах и перейти к подсчету взятых с определенной площади бетона альг под микроскопом с последующим определением их средних объемов и пересчетом в дальнейшем на вес во всей пробе*. Аналогичная методика успешно применяется в современной гидробиологии для определения биомассы фито- и зоопланктона.

В виду того что наибольшей помехой при работе с микроскопом (при больших увеличениях) являлись крупные минеральные остатки от бетона и крупный минеральный детрит, пробу обрастания с бетона приходилось

* При переводе объема на вес автор принимал коэффициент равным 1, допуская тем незначительную ошибку, несколько уменьшая данные по биомассе.

счищать очень осторожно, снимая сначала пленку водорослей и детрита, а затем, для последующих препаратов, счищать верхний рыхловатый слой бетона. Если водорослевая пленка и слой детрита были хорошо выражены, чаще всего в таких случаях на «голом» бетоне можно было констатировать только остатки альг. Если же водорослевой и детритной пленок в заметном виде не было, то счищенный верхний слой бетона перемалывался в ступке и в таком виде поступал для дальнейшей количественной обработки. Перемалывание довольно сильно деформирует нити (колонии) водорослей и потому требует предварительного качественного просмотра. Площадь исследуемого образца бетона определялась помощью планиметра или оттиском на миллиметровую бумагу.

Нами было исследовано 42 образца обрастаний бетона и проведен ряд параллельных анализов фитопланктона из пристеночного слоя канала периодическими сборами за время с июля по сентябрь 1939 г.

В составе (см. таблицу) оказались все основные группы пресноводных водорослей. Наиболее распространенной и разнообразной по своему составу является группа сине-зеленых, за ней—зеленые и, наконец, диатомеи.

Состав обрастания бетона и состав фитопланктона в канале Москва-Волга

Название	Обрастание		Фитопланктон
	Бентические формы	Общие с фитопланктоном формы	
Жгутиковые — <i>Flagellatae</i>	+	+	7
Перидинеи — <i>Peridineae</i>	—	—	4
Зеленые — <i>Chlorophyceae</i> :			
<i>Volvocales</i>	—	—	2
<i>Protococcales</i>	14	10	21
<i>Zygnemales, Ulothrichales</i> и пр.	40	2	5
<i>Desmidiaceae</i>	4	3	3
Диатомовые — <i>Diatomeae</i>	18	11	21
Сине-зеленые — <i>Cyanophyceae</i>	25	8	14
Мхи — <i>Bryophyta</i>	2—4	—	—
	73—75	34	79

Среди сине-зеленых массовыми формами были следующие: *Phormidium foveolarum*, *Ph. Retzii*, *Ph. tenue*, *Phormidium* sp. (ближе неопределенная), *Calothrix parietina*, *C. minima*, *Oscillatoria anguina*, *O. tenuis*, *Lingbya aerugineo-coerulea* и некоторые другие. Кроме того, так как в момент исследования (начиная с 22 VII) в фитопланктоне наблюдалось массовое развитие *Microcystis aeruginosa*, то эта форма была нами констатирована в больших количествах и на бетоне.

Среди зеленых чаще всего встречены были два вида рода *Ulothrix* (*U. aequalis*, *U. zonata*) и *Hormidium subtile* (?). Реже встречались нити других нитчаток: *Cladophora*, *Spirogyra*, *Oedogonium* и др. Не малую качественную и количественную роль играли зеленые фитопланктеры (чаще всего представители родов *Pediastrum* и *Scenedesmus*); иногда их было количественно даже значительно больше, чем в планктоне.

Диатомовые в сколько-нибудь заметных количествах не встречались. Чаще всего были отмечены планктические формы (*Melosira*, *Asterionella*),

доминирующие в толще воды. Формы микробентические принадлежали, главным образом, к родам *Navicula* и *Nitzschia*.

За весь период исследования каких-либо резких смен в составе обрастаний не наблюдалось. Если обрастания находились в местах обитания при более или менее однородных экологических условиях, то на всех образцах бетона по биомассе преобладали сине-зеленые водоросли. Все пробы, взятые с отвесных стенок на границе заплеска и ниже, состояли из сходных компонентов сине-зеленых и зеленых водорослей. Образцы, взятые с бетонных плит пологих берегов канала, по составу несколько отличались, так как здесь обрастание состояло, главным образом, из зеленых нитчаток *Ulothrix zonata* и *U. aequalis*.

Все контрольные сборы обрастаний с бетонных стен, т. е. пробы, собранные значительно выше (до 0,2 м) уровня воды, заселены водорослями чрезвычайно слабо: единично было встречено несколько форм сине-зеленых и протоккокковых. Развитие последних (*Protococcus viridis*) слабо окрашивало бетон в зеленоватый цвет. Такая картина наблюдалась на «сухом» бетоне. Если же бетон над поверхностью воды оказывался постоянно влажным под влиянием того или иного стока воды, наблюдалось особенно обильное обрастание. Массу последнего можно было легко счищать со стен, так как обрастание имело вид толстой пленки с обильным слоем ила и слоем сине-зеленых водорослей. Количественные данные говорят, что биомасса обрастаний с влажного бетона колебалась в пределах от 57,5 до 112,5 мг/см², в среднем около 75,0 мг/см² (сине-зеленых—74,65 мг/см², диатомей—0,15 мг/см², зеленых—0,2 мг/см²).

Количественное распределение обрастаний на отвесных бетонных стенах по вертикальному разрезу рисуется следующим образом.

1. «Сухой» бетон до уровня воды и выше заплеска. Поверхность бетона только изредка бывает окрашена в зеленоватый цвет и чрезвычайно слабо заселена водорослями—количество их ничтожно (0,001—0,002 мг/см²). Здесь в случайных углублениях бетона всегда можно было найти скопление иловых частиц с «кустиками» произрастающего мха (*Bryales*).

2. Бетон на уровне воды. Поверхность его бывает окрашена в зеленый, чаще же всего в сине-зеленый или зеленовато-коричневый цвет, ило-детритная пленка выражена хорошо, водоросли на ней распределены в общем довольно равномерно. Колебание биомассы их выражалось в следующих пределах: а) серия проб 10 VII 1939 г.—4,1—6,4 мг/см²; б) серия образцов 16 VII 1939 г.—3,1; 4,6; 5,1; 8,4 мг/см²; в) серия проб 22 VII 1939 г.—6,6; 8,5; 16,5 (зеленых—1,2; диатомей—0,9; сине-зеленых—14,4) мг/см²; г) серия проб 10 VIII 1939 г.—6,4—9,1 мг/см²; е) серия проб 22 VIII 1939 г.—5,1—6,5 мг/см².

Все серии указанных обрастаний находились в условиях, в общем довольно близких. Другая серия проб [д]—16 VIII] показала весьма резкое уменьшение биомассы—0,5—1,25 мг/см². Эти пробы содержали довольно тонкую ило-детритную пленку и большое количество мазута. В среднем биомасса обрастаний бетона на уровне воды выразилась цифрой более 6,0 мг/см². Всюду было явное преобладание (95—98% всей биомассы) сине-зеленых водорослей.

3. Бетон ниже уровня воды. Мы располагали очень небольшими сборами водолазов только с 1,5 до 5 м. И в том и другом случае поверхность бетона не была свободна от мазутного слоя. Обрастания были развиты очень слабо: биомасса на 1,5 м достигла 0,4 мг/см², на 5 м—еще меньше—только 0,01 мг/см². Ввиду того что поверхность бетона была лишена естественного хода зарастания, указанные данные не отражают действительного распределения водорослей ниже уровня воды под влия-

нием ограничения света и иных экологических факторов—они имеют специфический интерес.

Животные обрастания в более или менее чистом виде при наших исследованиях нигде не наблюдались. Необходимо отметить, что и среди водорослевого биоценоза животные встречались очень редко, и если они были констатированы, то чаще всего принадлежали к червям отряда *Oligochaeta*. Возможно, что здесь сказалось несовершенство (для животных обрастаний) нашей методики сбора.

Фитопланктон за время исследования состоял, главным образом, из диатомовых, затем сине-зеленых и зеленых водорослей. В числе первых преобладали: *Melosira granulata*, *M. italica*, *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Cyclotella Kutzingiana*. Планктические зеленые весьма разнообразны по составу, из них преобладали *Pediastrum Boryanum* и *P. duplex*, представители рода *Scenedesmus*, *Dictyosphaerium Ehrenbergianum* и пр. «Цветение воды» поверхностного слоя определялось массовым развитием *Microcystis aeruginosa* и отчасти *Aphanizomenon flos-aquae*.

Пристеночный слой воды у бетона собирался специальным прибором А. В. Трофимова, охватывающим толщу воды в зоне обрастаний до 1 см высоты (от слоя обрастаний). Этот слой всегда был менее насыщен фитопланктоном, чем «речной». Так, например, сборы из пристеночного слоя содержали 2,2—3,6 мг/л фитопланктона, в то же время в реке на тех же горизонтах было 4,0—4,3 мг/л. Фитопланктон в канале достигал 7,0 мг/л. При наличии «цветения воды» у поверхности преобладали сине-зеленые (до 3,5 мг на 1 л), в прочих же условиях и в слоях под поверхностью воды—диатомовые (до 2,8 мг/л). Среднее содержание фитопланктона в пристеночном слое—2,9, вне влияния его—4,2—4,8 мг/л.

Институт микробиологии
Академии Наук СССР

Поступило
2 VI 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Б. Л. Исаченко, ДАН, III, № 7 (1936) ² Л. И. Рубенчик и И. И. Колкер, Тр. Одеск. держ. универс., биология, т. 2 (1937); т. 3 (1938).
³ Н. В. Нечаева, Микробиология, VII, вып. 6 (1938). ⁴ Л. И. Рубенчик, Природа, № 2 (1940). ⁵ А. А. Садовский, Тр. Закавказск. ин-та сооруж., вып. 4 (1932); вып. 17 (1934). ⁶ А. А. Садовский, Тр. Конфер. по коррозии бетона, изд. АН СССР (1937).