

628

Б-26

ПОСТОЯННОЕ БЮРО ВСЕСОЮЗНЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СЪЕЗДОВ
СОСТОЯЩЕЕ ДРЯ ВОДОПРОВОДНОМ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОМ КОМИТЕТЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕДА
В.С.Н.Х. С.С.С.Р.

СТАНДАРТНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

ИЗДАНИЕ ПОСТОЯННОГО БЮРО № 75.

МОСКВА — 1927.

METHODES STANDARTISÉES DES ANALYSES DES EAUX POTABLES ET DES ÉAUX D'EGOUT

EDITION DU BUREAU PERMANENT № 75.

MOSCOU — 1927.

CONSEIL SUPERIEUR DE L'ÉCONOMIE NATIONALE de l'U. R. S. S.
Comité de la Technique Sanitaire de la Section des Sciences Techniques du Bureau Permanent des
Congrès du Génie Sanitaire.

ПОСТОЯННОЕ БЮРО ВСЕСОЮЗНЫХ ВОДОНЕВОДНЫХ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СЪЕЗДОВ
СОСТОЯЩЕЕ ПРИ ВОДОНЕВОДНОМ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОМ КОМИТЕТЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА В СХ ССР

К. К. БАРСОВ, С. В. БРУЕВИЧ, Г. И. ДОЛГОВ, П. П. ДЬЯКОНОВ,
А. И. ЖУКОВ, Я. Я. НИКИТИНСКИЙ, С. А. ОЗЕРОВ, Н. И. ПОЗДНЯКОВА,
В. М. ПРИВАЛОВ, И. Р. ХЕЦРОВ

+2

СТАНДАРТНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

128.
5-26

ИЗДАНИЕ ПОСТОЯННОГО БЮРО № 75

Редакционный Комитет: —

проф. П. С. Белов, инж. Ф. А. Данилов, проф. В. А. Дроздов, инж. Я. Я. Звягинский, инж. А. В. Кондрашев, инж. Н. И. Фальковский

1497

1927

11-11021-1927 МОСКВА — 1927

3599

C. C. BARSOW, S. W. BROUWITCH, G. I. DOLGOW, P. P. DYAKONOW,
A. I. JUKOW, J. J. NIKITINSKY, S. A. OSEROW, N. I. POSDNIKOWA,
W. M. PRIWALOW, I. R. CHETZROW

METHODES STANDARTISEES DES ANALYSES DES EAUX POTABLES ET DES EAUX D'EGOUT

EDITION DU BUREAU PERMANENT № 75

Comité de redaction: —

M. le Prof. P. S. Bieloff, M. l'Ing. F. A. Daniloff, M. le Prof. W. A. Drozdoff,
M. l'Ing. J. J. Zwiaginsky, M. l'Ing. A. W. Kondracheff, M. l'Ing. N. I. Falkowsky

MOSCOU — 1927

CONSEIL SUPERIEUR DE L'ECONOMIE NATIONALE DE L'U. R. S. S.
Comité de la Technique Sanitaire de la Section des Sciences Techniques du Bureau Permanent
des Congrès du Génie Sanitaire de l'U. R. S. S.

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
НАУЧ. ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

15 18
66

H
6939
w45

„МОСПОЛИГРАФ“
10-я тип. „Заря Коммунизма“
Чистые пруды, дом № 8.
Тел. 5-64-46. Зак. 1234.
Тираж 2000 экз.
Главлит № 86868.

От президиума Постоянного Бюро Всесоюзных водопроводных и санитарно-технических С'ездов.

По докладу инж. С. В. Бруевича, хим. С. А. Озерова и д-ра И. Р. Хецрова I Всесоюзному (XIII) С'езду в г. Баку об единомобразном методе химического исследования питьевых вод—было вынесено постановление об поручении Постоянному Бюро поднять вопрос о создании постоянного органа по стандартизации методов исследования питьевых и сточных вод.

Для выполнения этого постановления, имевшего целью углубить доложенную I Всесоюзному С'езду работу—Постоянное Бюро продолжило поручение ранее работавшей под председательством С. А. Озерова комиссии, которая в дальнейшем была значительно пополнена специалистами всех тех отраслей знания, на основе которых возможно было произвести сложную и ответственную выработку стандартных методов исследования питьевых и сточных вод. В комиссии приняло участие 26 лиц, среди которых были врачи, химики, биологи и бактериологи.

Специальное редактирование отдельных статей стандартных методов было проведено С. А. Озеровым, И. Р. Хецровым, С. В. Бруевичем, П. П. Дьяконовым и Я. Я. Никитинским.

Выработанные стандартные методы президиум Постоянного Бюро признал необходимым выпустить отдельным изданием и внести всю работу на суждение II-го Всесоюзного (XIV) С'езда, созываемого в г. Харькове с 7-го по 15-ое мая 1927 г.

Президиум Постоянного Бюро.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Вопрос объединения и стандартизации методов исследования питьевых и сточных вод можно считать практически разрешенным лишь в Соединенных Штатах Северной Америки. Как видно из предисловия к 6-му изданию „Standart Methods for the examination of Water and Sewag“ New-York, 1925, первое издание „Standard Methods of Water Analysis“ появилась в 1905 году в виде приложения к Journal of Infectious Diseases и представляло отчет Лабораторной Секции Американской Ассоциации Здравоохранения. Второе издание было в 1912 году. Третье издание 1917 года появилось в результате сотрудничества Americ. Public Healt Assotiation Americ. Chemical Society. Пятое издание 1923 года, в части химических методов, было заново переделано учрежденным к тому времени постоянным комитетом обеих сотрудничающих организаций. Только в шестом издании 1925 года приняла участие также Американская Водопроводная Ассоциация Americ. Water Work Association.

У нас инициатива и честь постановки вопроса о необходимости объединения методов исследования воды и сточных жидкостей принадлежит XI Всероссийскому Водопроводному и Санитарно-Техническому Съезду в г. Риге в 1913 году. XII Водопроводный и Санитарно-Технический Съезд в Москве в 1921—1922 году образовал Комиссию по объединению методов, которая начала свои работы во время Съезда. В 1923 году вопросом объединения методов исследования воды заинтересовался Мосздравотдел (Отдел Здравоохранения Московского Совета), организовавший для разработки соответствующей инструкции Комиссию при Московском Санитарном Институте, в которую вошли и приняли активное участие в работе члены вышеупомянутой комиссии XII Водопроводного и Санитарно-Технического Съезда. В результате этой совместной работы объединенной Комиссии явилась инструкция „Исследование питьевых вод“, изданная¹⁾ Мосздравотделом в 1925 году к I (XIII) Всесоюзному Водопроводному и Санитарно-Техническому Съезду в г. Баку. Эта инструкция была доложена I (XIII) Всесоюзному Водопроводному и Санитарно-Техническому Съезду в г. Баку в апреле 1925 года и IX Всесоюзному Съезду Бактериологов, Эпидемиологов и Санитарных врачей в мае 1925 года и рекомендована обоими Съездами к руководству. Издаваемые ко II (XIV) Всесоюзному Водопроводному и Сан.-Техн. Съезду „Стандартные Методы исследования питьевых и сточных вод“ являются результатом продолжения работ той же комиссии, причем ею учтен опыт двухгодичного применения первого издания инструкции, использованы полученные указания иногородних лабораторий в ответ на

¹⁾ Инструкция составлена и редактирована Бруевичем С. В., проф. Коршунов: С. В., Озеровым С. А., Хещеровым И. Р.

разосланные через аппарат Наркомздрава РСФСР запросы. Ответы получены из Астрахани, Барнаула, Казани, Костромы, Красноярска, Ленинграда, Новосибирска, Омска, Пензы. Приняты во внимание также и некоторые полезные особенности американских стандартных методов, сводящиеся к упрощению и рационализации, главным образом, в методах исследования сточных вод. Кроме того настоящее издание дополнено включением исследования сточных вод. Введены также главы о гидробиологическом исследовании водоемов и о гидрометрических измерениях.

На пленарных и подкомиссионных заседаниях Комиссии по Стандартизации Методов исследования питьевых и Сточных Вод в течение 1926 года и начала 1927 года приняли участие следующие лица: Барсов К. К.—биолог-бактериолог, Брагин Е. А.—врач, Бахман Н. Г.—химик, Бруевич С. В.—химик (секретарь), Вознесенский С. А.—химик, Винокуров П. Д.—врач, проф. Дьяконов П. П. общецбиолог, бактериолог Захаров Г. Н.—биолог, Калабина М. М.—биолог, Козырев Д. П.—химик, Кононов В. П.—биолог, Корольков К. Н.—химик-бактериолог, Лазарев В. А.—биолог, Михайловская Л. А.—химик, Мускат В. И.—врач, проф. Никитинский Я. Я.—биолог, Озеров С. А.—химик (председатель), Опарина О. П.—химик, Позднякова Н. П.—химик, Привалов В. М.—врач, проф. Россолимо А. И.—химик, Слоневский С. Н.—врач, проф. Строганов С. Н.—биолог, Суражевская М. В.—бактериолог, Хецов И. Р.,—врач, Хрусталева А. А.—врач.

Для детальной проработки вопросов по специальностям были образованы подкомиссии: санитарная (председатель Хецов И. Р.), химическая (председатель Бруевич С. В.), бактериологическая (председатель проф. Дьяконов П. П.), гидробиологическая с гидрометрией (председатель проф. Никитинский Я. Я.).

Редакционное Бюро для печатания Стандартных Методов Исследования Питьевых и Сточных Вод составили председатель Комиссии и председатели подкомиссий.

Авторами отдельных глав (частей) являются следующие лица:

Часть I. Общие основы для гигиенической оценки питьевых и сточных вод—Озеров С. А., Привалов В. М., Хецов И. Р.

Часть II. Химические методы—Бруевич С. В., Озеров С. А., Позднякова Н. И., Хецов И. Р.

Часть III. Бактериологические методы—Барсов К. К., проф. Дьяконов П. П.

Часть IV. Гидробиологические методы—Долгов Г. И., проф. Никитинский Я. Я.

Часть V. Гидрометрия—Жуков А. И.

INTRODUCTION.

Ce n'est qu'aux Etats-Unis de l'Amérique du Nord que l'unification et la standardisation des méthodes d'analyses des eaux potables et des eaux d'égout peuvent être considérées comme un problème mené à la résolution pratique. Comme on le voit dans l'introduction à la 6-me édition des „Standard methods for the examination of water and sewage“ (New-York, 1925)—la première édition des „Standard Methods of water analysis“ a apparû en 1905, comme supplément au „Journal of infectious diseases“; c'était le compte-rendu de la section des laboratoires de l'association américaine de la santé publique. La seconde édition parû en 1912. La troisième édition fit son apparition en 1917 en résultat de la collaboration de l' „American public health association“ et de l' „American chemical society“. La cinquième édition de 1923, dans sa partie chimique, a subi une révision radicale de la part du comité permanent des deux organisations collaborantes, instituées vers cette année. Ce n'est que dans la sixième édition de 1925 que pris part de-même l' „American water work association“.

L'initiative et le mérite en fait de l'avancement de la question concernant l'indispensabilité de l'unification des méthodes d'analyse des eaux potables et des eaux d'égout appartiennent chez nous à l' XI-me congrès russe du génie de conduit d'eau et de sanitarie, tenu à Riga en 1913. Le XII-me congrès de génie de conduit d'eau et de sanitarie, réuni à Moscou en 1921—1922, a élu une commission pour l'unification des méthodes; cette commission se mit à sa tâche pendant le congrès-même. C'est en 1923 que l'unification des méthodes d'analyse des eaux vient interesser le Département de la santé publique du Sowjète de Moscou; il organise—dans l'Institut sanitaire de Moscou une commission pour l'élaboration d'une instruction appropriée; les membres de la commission sus-dite du XII-me congrès du génie de conduit d'eau et de sanitarie ont été inclus et ont pris un part actif dans les travaux de cette nouvelle commission. La commission unifiée a élaboré l' „Instruction pour les analyses des eaux potables“¹⁾—publiée par le département de la santé publique du Sowjète de Moscou vers le terme du I (III) congrès de l'Union des Républiques Socialistiques Sowjétiques du génie de conduit d'eau et de sanitarie à Bakou au mois d'avril 1925. C'est à ce congrès aussi bien qu'au IX-me congrès de l'Union des Républiques Socialistiques Sowjétiques des bactériologistes, épidémiologistes et médecins sanitaires (au mois de mai 1925) que la dite Instruction a été rapportée et les deux congrès lui ont accordé leur assentiment—comme au guide pour la pratique courante.

Les „Méthodes standardisées des analyses des eaux potables et des eaux d'égout“, dont la publication vient d'être accomplie vers le terme du II (XIV) congrès de l'Union des Républiques Socialistiques Sowjétiques du génie de conduit d'eau et de sanitarie ont été élaborées de-suite par la même commission. Elle

¹⁾ Construite et redigée par Bronewitch S. W., prof. Korchoune S. W., Osérow S. A., Chetzrow I. R.

a pris en considération l'expérience de deux années en fait du travail, mené suivant l'Instruction (de la première édition) aussi bien que les recommandations faites de la part des laboratoires de divers villes, comme réponses à une interpellation spéciale, adressée par l'intermédiaire du Commissariat du peuple pour la santé publique de la République Russe Socialiste Sowjétique. Les réponses ont été reçues de: Astrakhan, Barnaoul, Kasan, Kostroma, Krasnojarsk, Leningrad, Nowossibirsk, Omsk, Pensa. De même on a pris compte de certaines méthodes américaines standardisées, lesquelles ont été reconnues comme utiles en fait de simplification et de rationalisation, principalement vis-à-vis des analyses des eaux d'égout. Cette édition est suppléé en outre par l'addition des méthodes d'analyse des eaux d'égout, aussi bien que des méthodes d'exploration hydrobiologique des réservoirs et des appréciations hydrométriques.

Dans tout ce travail de standardisation des méthodes d'analyse des eaux potables et des eaux d'égout, dans les séances plénières de la Commission et dans les séances des sous-commissions, ont pris part au courant de 1926 et du commencement de 1927: Barsow K. K.—biologiste et bactériologiste, Braguine E. A.—médecin, Bahman N. G.—chimiste, Brouéwitch S. W.—chimiste (secrétaire), Woznesensky S. A.—chimiste, Winokourow P. D.—médecin, Dolgow G. J.—biologiste, prof. Diakonow P. P.—biologiste (biologie générale) et bactériologiste, Zakharow G. N.—biologiste, Mikhajlowskaja L. A.—chimiste, Mouskat W. I.—médecin, prof. Nikitinskij J. J.—biologiste, Osérow S. A.—chimiste (président), Oparina O. P.—chimiste, Posdniakowa N. I.—chimiste, Priwalow W. M.—médecin, prof. Rossolino A. I.—chimiste, Slonewsky S. N.—médecin, prof. Stroganow S. N.—biologiste, Souragéwskaja M. A.—bactériologiste, Chetzrow I. R.—médecin, Ilroustaljew A. A.—médecin.

Pour l'élaboration détaillée des questions spéciales ont été instituées les sous-commissions suivantes: sanitaire (président Chetzrow I. R.), chimique (président Brouéwitch S. W.), bactériologique (président prof. Diakonow P. P.), hydrobiologique et hydrométrique (président prof. Nikitinskij J. J.).

Le bureau de rédaction pour l'édition des „Méthodes standardisées d'analyse des eaux potables et des eaux d'égout“ comprend le président de la Commission et les présidents des sous-commissions.

Les auteurs des divers chapitres (des diverses parties) sont les suivants:

Partie I: Eléments de l'appréciation hygiénique des eaux potables et des eaux d'égout.

Oserow S. A., Priwalow W. M., Chetzrow I. R.

Partie II: Méthodes chimiques.

Brouéwitch S. W., Osérow S. A., Pozdnjakowa N. I., Chetzrow I. R.

Partie III: Méthodes bactériologiques.

Barsow K. K., prof. Diakonow P. P.

Partie IV: Méthodes hydrobiologiques.

Dolgow G. I., prof. Nikitinskij J. J.

Partie V: Hydrométrie.

Joukow A. I.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ ОСНОВЫ ДЛЯ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД.

ПИТЬЕВЫЕ ВОДЫ.

Правильная гигиеническая оценка питьевых вод очень часто представляет собою сложную задачу.

Сложность вопроса заключается в том, что на состав воды источников существенное влияние оказывают разнообразные местные природные и санитарные условия, обуславливающие режим водоемисточника.

Поэтому местные данные (геологического, гидрологического, гидрографического, топографического, метеорологического и санитарного характера) имеют существенное значение для правильной гигиенической оценки воды. Дополненные лабораторными исследованиями (физико-химическими, бактериологическими, биологическими) указанные материалы дают возможность дать исчерпывающую научно-гигиеническую оценку водоемисточника.

Изучение природных условий водоемисточника, указывая на его происхождение, пути и условия передвижения воды дают гигиенисту возможность дать оценку водоемисточника не только в настоящем его состоянии, но и предвидеть возможность его загрязнения в более или менее отдаленном будущем.

Предвидеть будущее водоемисточника всегда необходимо, если предполагается длительное его использование для целей водоснабжения. Население, затрачивающее большие средства на устройство дорогостоящих водопроводных сооружений должно быть уверено, что данный водоемисточник оправдывает их затраты и долгие годы будет снабжать население в обилии доброкачественной водой. Это обстоятельство налагает особенно большую ответственность на лиц, решающих вопрос о ценности того или иного водоемисточника.

Разнообразие природных и культурно-бытовых условий, влияющих на режим и состав водоемисточника не позволяет применения шаблонных требований к составу и качеству воды. В каждом отдельном случае при оценке воды приходится учитывать особенности местных условий.

Основной задачей при гигиенической оценке водоемисточника является установление происхождения источника, природного состава воды и тех изменений в составе воды, которые происходят за счет культур-

но-бытовых условий населения. Когда такое влияние в смысле загрязнения значительно и постоянно, то путем лабораторных (физико-химических, бактериологических, биологических) методов исследования нетрудно его установить и дать санитарную оценку водосточника. В других случаях, когда происходит загрязнение невелико и непостоянно, задача гигиениста осложняется, требуя длительных (периодически по временам года) и тщательных наблюдений. Нередко и путем длительных исследований трудно бывает решить вопрос—за счет природных особенностей режима или за счет загрязнений происходит то или иное изменение состава воды. При оценке водосточников необходимо иметь в виду, что в зависимости от характера и режима водосточника может изменяться и оценка полученных результатов исследования.

Так, например: для грунтовых водосточников с меняющимся составом воды (под влиянием атмосферных осадков) постоянно отсутствие химических и бактериологических показателей загрязнения дает основание для благоприятной оценки воды в данный момент. Вопрос о будущем такого источника решается геолого-гидрологическими, санитарными и другими условиями данной местности.

Для глубоких грунтовых вод, обладающих постоянством состава (артезианские воды, глубокие грунтовые) и температуры, всякое колебание химического состава и температуры даже при отсутствии так наз. показателей загрязнения, должно всегда вызывать подозрение на возможность загрязнения данного водного горизонта. Необычное появление колебаний в составе таких вод прямо указывает на подток каких-то вод другого происхождения и состава; в зависимости от качества последних определяется санитарное значение подтока для данного водного горизонта. Такой случай, довольно частый на практике, указывает на необходимость изучения по возможности всех водных горизонтов данной местности для решения вопросов о ценности водосточников.

Это же обстоятельство требует от местных врачебно-санитарных организаций постоянного изучения всех местных водосточников, так как в противном случае разрешение практических вопросов (напр., при выборе источников для водопроводов) будет задерживаться необходимостью проведения предварительных длительных и дорогостоящих наблюдений.

К этому побуждает и постоянное изменение местных культурно-бытовых условий, влияющих на режим водосточника и учитывать которые возможно только путем постоянных правильно организованных наблюдений за источниками водоснабжения.

Современная гигиена при изучении водосточников требует детального изучения природных и общесанитарных местных условий и применяет при этом разнообразнейшие методы обследования. Чаще всего применяются следующие обследования: 1) геологические, 2) гидрологические, 3) гидрографические, 4) топографические, 5) общесанитарные, 6) физико-химические, 7) бактериологические, 8) биологические. В каждом отдельном случае решается вопрос, все ли указанные методы исследования необходимы или можно число их ограничить.

Наиболее полные и всесторонние исследования требуются при изыскании новых водосточников для центрального водоснабжения и установления границ для зоны санитарной охраны водосточника. При таких обследованиях очень часто приходится выяснять: 1) существует ли связь недоступная непосредственному наблюдению

между водоисточниками и источниками разнообразнейших загрязнений (свалочные места, кладбища, помойные и поглощающие ямы, поверхностные стоки грязных вод и т. д.). 2) Характер и объем самих загрязнений. 3) Интенсивность процессов минерализации в почве и 4) силу самоочищающей способности открытых водоемов, что необходимо для установления расстойний, на которые может распространяться загрязнение. Ответ на поставленные вопросы может быть получен путем всесторонних и сложных исследований.

В нашу задачу не входит ознакомление с содержанием и методикой указанных исследований, а перечисляем их с тем, чтобы указать какие обследования обычно применяются при изучении водоисточников.

Ярким примером сложности вопросов изыскания и оценки водоисточников служит пример Москвы, Ленинграда и др. городов. Когда в Москве приступили к изысканию новых источников водоснабжения, то предварительно потребовалось произвести разнообразнейшие топографические, гидрогеологические, гидрографические, санитарные, физико-химические, бактериологические и биологические исследования разнообразных водоисточников. В результате обследования постепенно появляются в печати научные работы, которые будут положены в основу проектирования расширения московского водоснабжения (работы по обследованию р. Москвы, р. Оки, р. Волги, артезианских вод г. Москвы и др.¹⁾). Также разрешался вопрос и в Ленинграде, когда ставился вопрос об использовании Ладожского озера для водоснабжения Ленинграда. Все такого рода исследования стремились прежде всего установить природные особенности водоисточника и различные факторы санитарного значения. Таким образом оценка источников водоснабжения может потребовать применения разнообразнейших и сложных методов исследования.

В задачу санитарного исследования входит изучение всех тех местных условий, которые непосредственно или косвенно могут оказать вредное влияние на состав вод. Так как источниками загрязнения являются продукты жизнедеятельности человека и животных, то гигиенист прежде всего должен основательно изучать местные условия жизни населения, обращая главное внимание как на развитие эпидемий водного характера (холера, брюшной тиф, паратифы, дизентерия), так и на возможность их распространения в данных местных условиях. Нёрре по этому вопросу приходит к выводу, что „заключать о санитарной неприемлемости данного источника водоснабжения необходимо не на основании установленного факта заражения, а на основании установленного подозрения на возможность заражения“.

Поэтому в задачу санитарного обследования входит изучение движения населения (приrost, рождаемость, смертность), его заболеваемости и благоустройство населенных мест (водоснабжение, удаление нечистот и пр.). Наличие постоянных заболеваний среди населения брюшным тифом, паратифом, дизентерией, является непосредственной угрозой заражения водоисточников, находящихся в плохих санитарных условиях. Высышка эпидемий водного характера указывает на фактическое заражение водоисточника. Но и при отсутствии вышеуказанных заболеваний, при неблагоприятных природных, санитарных условиях местности или плохого санитарно-технического устрой-

¹⁾ Труды комиссии по изысканию новых источников водоснабжения г. Москвы. Издание Московского коммунального хозяйства 1927 г.

ства водонсточника, последний нельзя считать надежным, так как в любой момент он сможет превратиться в источник для эпидемических заболеваний.

Ниже, нами прилагаются карты-программы санитарного обследования водонсточников, которые дают возможность систематически собрать необходимый материал санитарного характера.

Обследования гидрогеологического, гидрографического и топографического характера могут указать нам на происхождение, условия режима водонсточников и возможные пути загрязнения их, а тем самым укажут, в каком направлении возможно провести мероприятия по охране источников.

При оценке гигиенических достоинств воды и степени ее пригодности для водопользования аналитик помимо оценки значения тех или иных ингредиентов солевого состава с количественной стороны, должен на основании аналитических данных суметь понять их взаимную генетическую связь и восстановить по ним главные этапы формирования солевого состава данной воды со времени появления ее на земной поверхности.

Выпавшая на земную поверхность дождевая или талая снеговая вода частью впитывается через поры почвы, частью испаряется и частью стекает по поверхности почвы в открытые водоемы.

Впитываемая вода обогащается в почве углекислотой и главными компонентами солевого состава, представляющими собою продукты совершающихся в ней биохимических процессов выветривания и выщелачивания за счет аэробного и отчасти анаэробного распада накапливаемых почвой органических веществ. Напряженность процессов выветривания предопределяет в главных чертах солевой состав воды, дальнейшее подземное блуждание которой вносит в него лишь коррективы в зависимости от состава и строения омываемых геологических пород. Удобрения и загрязнения почвенного покрова, увеличивая процессы выветривания, способствуют повышению солевого состава воды (бикарбонаты щелочных земель, нитраты, сульфаты, хлориды и пр.).

В зависимости от своего состава вода приобретает в различной степени способность растворять минеральные и органические вещества, встречающиеся по пути ее движения, в почве и горных породах.

Химический состав воды, насыщение ее углекислотой, температура, время в течение которого она находится в связи с почвой и горными породами, состав, строение и растворимость их, все это влияя на растворяющую способность воды, в значительной степени определяет ее минеральный и органический состав.

Сам по себе состав горных пород, по которым протекает вода, оказывает сравнительно слабое влияние на состав воды, так как вода растворяет лишь наименее устойчивые составные части пород.

В общем химический состав по этой причине не отражает полностью состав горных пород.

Значительное влияние помимо состава пород, на состав грунтовых вод может иметь влияние условий передвижения грунтовых вод (застой вод, свободное их движение и т. д.). При застое вода может насыщаться солями больше, чем при движении. Этим объясняется, что самонстекающие источники нередко менее минерализованы, чем рытые колодцы того же горизонта.

При движении через мелко-зернистые породы вода в значительной степени освобождается от полученных ранее загрязнений. Чем

мельче и толще песчаный слой, тем лучше происходит естественная фильтрация. Этим объясняется, что воды, залегающие в мощных мелко-зернистых песках, отличаются наибольшей чистотой. Крупно-зернистые породы и особенно трещиноватые породы легко пропускают на значительную глубину поверхностные загрязнения. Нередко встретить очень глубокие артезианские воды, постоянно загрязняющиеся поверхностными стоками.

Выходя на дневную поверхность в виде т. н. „подземного стока“ вода выносит из почвы в своем составе значительные количества весьма ценных биогенных веществ в минерализованном состоянии и, в зависимости от времени года, или уносит их зимой по системам рек в озера и моря в нетронутом и неизменном виде, или летом питает ими фито-и планктон озер и фито-бентос рек.

Солевой состав вод рек и др. водоемов, питаемых подземным стоком, претерпевает в зависимости от жизнедеятельности или отмирания биологических факторов глубокие по смыслу и иногда весьма значительные количественные изменения, к которым относятся, напр., обеднение воды в летнее время свободной и частью бикарбонатной углекислотой, нитратами, соевым аммиаком, некоторое повышение в содержании альбуминоидного аммиака за счет развития планктонных организмов и т. д.

Относительно солевого состава самих подземных вод следует сказать, что они сравнительно мало подвержены сезонным изменениям, за исключением грунтовых вод местного образования, на составе которых отражаются главным образом разбавляющие влияния количества атмосферных осадков в виде дождя или талого снега, не нарушающие качественных соотношений компонентов. При трещиноватости и легкой проницаемости обнажений водоносных слоев, во времена разливов рек при таких условиях наблюдается иногда появление в этих слоях паводочной воды.

Подобного рода непосредственное проникание в водоносный горизонт загрязняющих стоков может происходить и за счет поглощающих колодцев и ям. Состав подземной воды в таких случаях обнаруживает наличие непосредственной примеси загрязненной воды, замечаемой по появлению взвешенной глинистой мути, запаха, привкуса, способности к взбиванию пены, по повышению окисляемости, не говоря уже о резком возрастании числа бактерий и увеличении числа кишечной палочки (понижение титра *b. coli*). Влияние тех же загрязняющих стоков на состав подземной воды через посредство почвы проявляется и общим повышением солевого состава вследствие усиления процессов выветривания загрязняемой почвы и появлением в воде конечных продуктов минерализации органического вещества (углекислота, нитраты, сульфаты), обычно не сопровождаемых повышением окисляемости, цветности, альбуминоидного аммиака, так как обуславливающие их органические вещества, представляющие собою биохимические продукты расщепления—пептизации органических коллоидов—и сами сохраняющие коллоидальные свойства, легко и полно абсорбируются и задерживаются живыми почвенными слоями. Обнаружение в подземных водах органических веществ коллоидальной природы (повышенная окисляемость, заметная цветность, альбуминоидный азот) служит поэтому надежным показателем непосредственного попадания в водоносный горизонт или в колодец вод прямого поверхностного стока или органических загрязнений. Механизм такого попадания бывает весьма различен: поглощающие колодцы, трещины, обнажения, плохая или нарушенная фильтрующая способность почвы,

при чем эта последняя форма легко возникает в результате длительного пересыщения почвенного покрова загрязняющими началами. Как в случае непосредственного, так и посредственного через почву участия загрязняющих фекально-хозяйственных веществ в формировании состава подземной воды весьма важным ориентирующим показателем является содержание в воде хлоридов, этих верных, хотя и индифферентных спутников фекально-хозяйственных загрязнений. Только из фекалий сравнительно давнего происхождения хлориды могут быть более или менее полно вымыты атмосферными водами.

Проникая в землю, вода быстро лишается запаса растворенного кислорода, потребляемого на разнообразные биохимические реакции почвенных слоев, так что подземные воды как правило не содержат свободного растворенного кислорода, вместо которого вода получает из почвы свободную и бикарбонатную углекислоту и соли других кислородных кислот, как-то, нитраты, сульфаты, и пр. При длительном подземном существовании вода постепенно может утрачивать и этот связанный кислород своих солей, при чем первыми восстанавливаются нитраты, заменяясь солевым аммиаком (пример: Московские артезианские воды каменноугольного известняка); не редкость встретить артезианские воды с признаками восстановления сульфатов, при чем наличие сероводорода при отсутствии гипсоносных пород может быть объяснено восстановлением сульфатов воды.

Биохимическая история вод прямого поверхностного стока не менее сложна и разнообразна, чем вод подземного стока. Резкое отличие их от вод подземных заключается в скудости солевого состава и в относительном обилии взвешенной мутью и коллоидальными органическими веществами. Обладая ничтожными количествами свободной углекислоты насыщающей ее под парциальным давлением около 0,0003 атмосферы ($=0,228$ м/м ртутного столба), вода прямого стока в своем сравнительно кратковременном контакте с поверхностью почвы не успевает сколько-нибудь значительно обогатиться за счет биохимических продуктов ее выветривания и минерализации. Попадая в реку со всего речного бассейна, воды открытого стока являются причиной обычной картины паводков, описывать которые считаем излишним по очевидности подразумеваемого связанного с ним загрязнения текущих водоемов.

Воды прямого открытого стока интересуют нас постольку, поскольку, попадая в поверхностные стоячие водоемы, они образуют мощные запасы поверхностных вод, которые наряду с подземным стоком, принимают участие в постоянном питании рек, состав и свойства воды которых слагаются из обеих переменных величин этого участия. Мы не останавливаемся на третьем факультативном участнике питания рек в виде паводочных вод прямого открытого стока и сезонного биологического воздействия на состав воды со стороны бентоса реки.

Воды озер обычно на 75—90% обязаны происхождением прямому открытому стоку. Участие подземного стока в их питании играет подчиненную роль. В озерах, как в отстойниках, вода освобождается от терригенной минеральной и органической мути, но с другой стороны, ее непрестанно обогащают углекислота, бикарбонаты, аммонийные и др. питательные соли, альбуминоидный азот, коллоидальные органические вещества, возникающие в процессе анаэробных биохимических процессов донных отложений образующихся из отмершего планктона и приносимого извне водами прямого стока взвешенного материала. При летней прямой стратификации, эти вещества накапливаются

в придонной зоне ниже температурного скачка, откуда путем диффузии поднимаются в вышележащие прогреваемые слои, которые при суточных термических перемешиваниях распределяют эти вещества по всей ассимилирующей толще воды. Благодаря развитию фитопланктона и цветениям вся углекислота и большая часть солей незамедлительно ассимилируются в фотосинтетическом вегетативном процессе, и лишь органические коллоиды цветности и окисляемости (гуминовые вещества), в меру своей относительной стабильности и трудноусвояемости, накапливаются в количествах, сообщающих воде заметный желтовато-бурый оттенок.

Освобождающийся из углекислоты при ассимиляции углерода кислород, насыщая озерную воду, восполняет биохимическое его потребление и предохраняет от загнивания воду, столь богатую живым и мертвым органическим веществом предохраняет воду от возникновения анаэробных процессов. Благодаря потреблению свободной и части бикарбонатной углекислоты активная реакция озерной воды до конца гидрологического лета делается щелочной, иногда значительно переходя за величины pH 8,4.

Само собой подразумевается, что в этих направлениях сказывается летом озерный сток на составе воды питаемых им рек, в которых эти изменения частью усиливаются за счет жизнедеятельности речного бентоса.

Наконец приходит осень с долгими холодными ночами, планктон отмирает и опускается на дно, охлаждение воды вызывает полное „осеннее перемешивание“ слоев, стратификация которых на всю зиму остается обратной.

Питательные соли, поднятые со дна во время этого перемешивания до поверхностных слоев, уже не находят себе потребителей: на ряду с альбуминоидным в воде озер и рек появляется солевой аммиак, появляются значительные количества свободной углекислоты, активная реакция заметно кислеет, опускаясь до pH 7,5—7,0, количества растворенного кислорода при замерзании озер быстро уменьшаются.

Зимние изменения в солевом составе речных вод совершаются в том же направлении, но усиливаются возрастающей ролью подземного стока, вносящего богатый бикарбонатный солевой состав с корреспондирующим содержанием свободной углекислоты равновесия, нитраты, закисные соли железа при недостатке растворенного кислорода. Закисные соли железа благодаря пониженному pH и низкой температуре противостоят гидролитическому разложению и более медленно подвергаются окислительному действию растворенного кислорода.

В стандартной методике, конечно, не место излагать многообразную и чрезвычайно сложную историю круговорота в природе воды и большинства биогенных компонентов ее солевого состава, однако темп немногими штрихами, о которых мы упомянули выше, нам хотелось показать, насколько несостоятельными должны оказаться все попытки подойти к оценке гигиенических достоинств воды на основе каких-либо нормальных шаблонов ее состава, и что лишь подход к разбору ее состава со стороны отображаемой в аналитических данных динамики его биохимических превращений, со стороны генетического формирования ее солевого состава и др. свойств,—позволяет нащупать твердую базу для проникновения в санитарно-гигиенический смысл величин, выражающих результаты физико-химического исследования воды.

С целью облегчить оценку результатов химико-бактериологических исследований воды среди гигиенистов существовало стремление установить пределы допустимого колебания количеств того или иного ингредиента, содержащегося в воде. В результате это стремление выразилось в установлении так называемых „норм“ питьевых вод. Целый ряд специальных комиссий и ряд авторитетных гигиенистов установили свои так называемые „нормы“ питьевых вод, которые всюду можно было бы применять.

Опыт показал, что такая попытка была мало обоснована. Лучшим доказательством этому служит появление целого ряда значительно отличающихся друг от друга норм, установленных авторитетными гигиенистами, конгрессами, комиссиями и разными учреждениями. Для иллюстрации мы приводим таблицу собранных нами из различных источников опубликованных норм питьевых вод (см. таблицу № 1). Указанные нормы значительно различаясь друг от друга, не могут конечно быть использованы повсеместно. Все они несут на себе отпечаток тех местных условий, в которых находились изучаемые для установления „норм“ источники.

К установлению количественных норм для каждого из ингредиентов, входящих в состав воды, современная гигиена относится отрицательно. Этот взгляд современной гигиены основан на многолетних наблюдениях, показавших, что разнообразие местных природных условий всегда отражается на химическом составе вод. Воды, полученные из одного типа источников (грунтовые или поверхностные) в разных местностях довольно часто значительно отличаются друг от друга. Нельзя поэтому наблюдения, полученные в одном месте, переносить для оценки воды в другую местность. Это обстоятельство, ограничивающее применение установленных „норм“, конечно, затрудняет оценку воды, требуя изучения состава местных источников водоснабжения. Поэтому без знания местных водоисточников очень часто совершенно невозможно дать правильную оценку водоисточника. Необходимость знания местных водоисточников требует от местных деятелей, особенно гигиенистов, организации правильных систематических наблюдений над режимом всех местных источников водоснабжения. Отсутствие указанных знаний нередко лишает местный санитарный надзор возможности определенно высказаться о ценности источника и тем самым направить практические мероприятия по оздоровлению населения по правильному пути.

Отрицательно относясь к шаблонным нормам, имеющим общее значение, современная гигиена все-же считает вполне возможным и желательным установление норм питьевых вод для каждого хорошо изученного водного горизонта данной местности. Установление таких норм требует всестороннего и длительного изучения режима данного водного горизонта.

Тем не менее полученные и таким путем нормы не могут иметь абсолютного значения, так как в зависимости от естественных изменений в составе данного водного горизонта могут происходить определенные колебания состава. При этом безусловно данные химико-бактериологических исследований должны быть получены при исследовании проб воды, взятых из совершенно незагрязненных мест. Таким образом, попытка установить местные нормы связаны с глубоким изучением режима источников данной местности. Полученные таким путем средние данные состава вод, облегчая правильную гигиеническую оценку питьевых вод, являются весьма ценным материалом для каждой местности.

По этому вопросу приводим мнение проф. Г. В. Хлопина и проф. Кеннга:

„Механическое сопоставление результатов санитарно-химического анализа с теми или иными нормами, как это, к сожалению, еще продолжает практиковаться многими лабораториями, не выдерживает научной критики и может дать в некоторых случаях крайне печальные практические следствия, особенно в тех, когда заключение дается только на основании анализа проб воды присланных для исследования в лабораторию, и когда лицо, дающее заключение, не имеет обстоятельных сведений о самом источнике и других местных условиях.

В настоящее время во многих случаях вышеприведенные количественные нормы следует признать не нормами, а скорее идеалом, к которому необходимо стремиться при изысканиях источника для водоснабжения, но который на практике может быть достигнут не всегда.

Мы лично полагаем, однако, что при дальнейшем накоплении фактических сведений относительно химического состава вод различных категорий источников и в различных местностях может явиться со временем возможность установить менее схематические нормы для санитарной оценки питьевых вод, чем существующие, например, по категориям источников и для сравнительно небольших территорий“.

Известный специалист по вопросам о загрязнении вод, проф. Кеннг заявляет, что вопрос о питьевой воде—вопрос местный, который, так же как и вопрос о загрязнении рек, должен в каждом отдельном случае решаться сообразно с местными условиями. Для колодезных вод данной местности может служить правилом, что среднее содержание в них растворенных веществ не должно существенно превышать средний состав естественных, не загрязненных вод той же местности и той же формации.

Придавая исключительное по важности значение данным местного санитарного обследования водоисточника и окружающей его местности, необходимо стремиться установить такой порядок работ в санитарных лабораториях, когда лаборатории должны будут получать полную санитарную характеристику водоисточника. Систематически проводимый в жизнь санитарной организацией указанный порядок даст возможность накапливать в лабораториях чрезвычайно ценный научный материал.

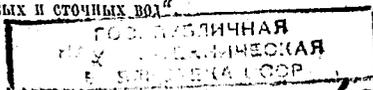
В своей деятельности санитарные лаборатории должны стремиться дать наиболее исчерпывающий результат лабораторного исследования, как ответ на запросы санитарных врачей и техников и систематически регистрировать свою работу в таком виде, чтобы эти данные могли служить материалом для научной разработки вопросов по характеристике питьевых вод той или другой местности.

Эту задачу санитарные лаборатории смогут выполнить с большим успехом, пользуясь единообразными методами исследования. Ниже нами приводится с этой целью разработанные комиссией стандартные методы физико-химического и бактериологического исследования питьевых и сточных вод.

К каждому из указанных методов могут предъявляться строго определенные запросы, в зависимости от тех возможностей, которое дает их применение.

Путем применения физико-химических определений можно установить:

„Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод“



15 18
66

1. Наличие в воде вредных для здоровья веществ: свинец, олово, медь, мышьяк и проч.

2. Наличие в воде некоторых химических соединений в виде так называемых показателей загрязнения, которые сами по себе в тех количествах, в которых они встречаются в воде, безвредны, но наличие их указывает на связь водоема с тем или иным источником загрязнения (аммиак, азотная, азотистая кислота, хлор, окисляемость и проч.).

3. Колебание физических свойств и химического состава вод, которое в определенных условиях может служить ярким показателем санитарного неблагополучия водонесточника.

Этот же метод необходимо применять при контроле за водой при обработке ее хлором и коагулянтном для количественного их определения в воде.

Оценка воды для различных промышленных производств, оценка сточных вод и работы очистных сооружений также не может быть произведена без физико-химического исследования.

Бактериологические исследования воды обычно сводятся к определениям: 1) патогенных бактерий, 2) общего числа бактерий, 3) титра *b. coli*.

В некоторых случаях требуется качественное бактериологическое исследование с целью систематического изучения всей бактериологической флоры воды.

Определение патогенных бактерий в воде, имея большое санитарное значение, к сожалению, дает очень редко положительные результаты. Отрицательные же результаты бактериологического исследования не имеют практического значения, так как они не могут служить основанием для утверждения о незараженности водоисточника.

Более часто положительные результаты получаются при определении холерных вибрионов в воде, которые сравнительно легко обнаруживаются в воде. В литературе имеется не мало указаний, когда во время холерных эпидемий из водоисточников выделялся холерный вибрион (Ростов на Дону в 1910, 1920, 1921; в Ленинграде в 1909—1910 году и др. местах).

Таким образом определение холерного вибриона в воде имеет большое практическое значение и в период холерных эпидемий должно иметь широкое применение.

Определение тифозных, паратифозных и дизентерийных бактерий в воде в силу несовершенства методов исследования и биологических особенностей указанных бактерий (быстрое отмирание их в воде и утрата ими типических признаков) не имеет большого практического значения. Наблюдения показали, что даже при эпидемиях водного характера выделение из воды указанных бактерий является чрезвычайно редким событием в бактериологической практике. Сложность методики и почти полная безрезультатность исследований воды на брюшной тиф, паратиф и дизентерию давно уже заставили отказаться бактериологов при повседневном исследовании воды от попыток выделения возбудителей вышеуказанных инфекций и перейти к определению показателей фекального загрязнения водонесточников. Таким показателем принято считать постоянных обитателей кишечника человека и животных—представителей группы кишечной палочки. Этот способ имея большое санитарное значение получил широкое распространение в санитарной практике.

Определению общего числа бактерий раньше придавали очень большое значение и были даже попытки установить бактериологиче-

ские количественные нормы. (Miquel, Lehmann, Poroskauer, Koch, Pfeiffer и др.).

В настоящее время для санитарной оценки питьевых вод эти нормы потеряли свое значение и количество бактерий имеет лишь ориентировочное значение.

Современная гигиена в бактериологическом отношении предъявляет к питьевой воде лишь одно требование. Вода не должна содержать в себе возбудителей инфекционных болезней и микроорганизмов кишечной флоры. В отношении же количества бактерий, точных требований не установлено. Объясняется это тем, что число бактерий зависит не только от загрязнений воды продуктами жизнедеятельности человека и животных, но и от целого ряда других факторов (физико-химические свойства воды, биологический состав вод, климатические условия, скорость течения, условия питания водоема и проч.). Таким образом само по себе число бактерий не может указывать на качество воды. Но большее количество бактерий в воде при наличии химических показателей загрязнений (аммиак, азотистая кислота, хлор и проч.) подтверждает результаты химического анализа. И обратно—ничтожное число бактерий при благоприятном химическом анализе также имеет свое определенное положительное значение.

Несмотря на свои недочеты метод определения счета бактерий в некоторых случаях все же дает весьма ценные указания санитарного значения (напр. при изучении нарастающего загрязнения водисточника и сезонных колебаний в составе воды).

Безусловное и весьма ценное (специфическое) значение счет бактерий имеет при контроле работ фильтровальных и дезинфекционных установок для питьевых вод.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ.

Сточными водами называются воды, образующиеся из использованной в хозяйстве или в промышленности воды и, как непригодные для дальнейшего употребления, с примесью разных отходов, удаляемые от места их образования по системе труб, желобов или каналов.

По своему происхождению сточные воды должны быть разделены на 2 группы:

1. Те, которые получаются в результате физиологических отпавлений и хозяйственной жизни человека, как например: из ватер-клозетов, кухонь, умывальников, бань, от мытья полов и т. д. и т. д. Эти воды называются хозяйственными сточными водами.

2. Те, которые образуются в результате того или иного кустарного или фабрично-заводского производства, например: кожевенного, текстильного, бумажного и др., называются промышленными сточными водами.

В практике, при канализации городов или промышленных предприятий с поселками при них, часто имеет место комбинация тех и других вод.

Различаясь по своему происхождению, сточные воды весьма существенно различаются и по своему характеру. Хозяйственные сточные воды содержат преимущественно отходы человеческого организма и его хозяйственной жизни, а потому несут большое количество органических веществ (белков и продуктов их распада, жиров и углеводов) с чрезвычайным избытком бактерий, в числе коих всегда могут присутствовать патогенные.

Среди промышленных вод лишь некоторые содержат большее или меньшее количество органических веществ (напр.: боенские, кожевенные, с суконных фабрик и др.), а другие их содержат мало или вовсе не содержат (в химической промышленности, металлообрабатывающей и др.), но зато, зачастую, содержат много минеральных веществ—кислот, щелочей, солей тяжелых металлов и т. п. Самое же главное отличие промышленных вод от хозяйственных—это отсутствие в них инфекционных выделений человека, столь опасных в эпидемиологическом отношении.

В санитарном отношении первенствующее значение имеют воды хозяйственные, поэтому на них мы остановимся в первую очередь.

Хозяйственные сточные воды в том виде, как они представляются, по прохождении более или менее значительного расстояния в канализационных трубах, имеют вид грязно-серой, мутной жидкости с большим количеством, относительно, мелких плавающих и взвешенных веществ, и с довольно противным слащавым запахом. При короткой канализационной сети сточные воды несут крупные куски экскрементов, бумаги и т. п., которые при длинных трубах измельчаются, вследствие трения о стенки труб.

При стоянии в течение некоторого времени в резервуаре или в сосуде, эти воды загнивают и издают весьма неприятный гнилостный запах, к которому в скором времени примешивается резкий запах сероводорода.

Свойство хозяйственных сточных вод загнивать является одним из наиболее существенных элементов их санитарного значения, так как, накопляясь в больших количествах в почве или в водоемах вблизи жилых строений они, загнивая и выделяя при этом гнилостные газы, могут создать обстановку, совершенно невыносимую для окружающего населения (что имело место в истории целого ряда западно-европейских городов).

Другим фактором, обуславливающим большое санитарное значение сточных вод, является присутствие в них возбудителей инфекционных кишечных заболеваний, так как, благодаря этому, они часто являются источником и рассадником соответствующих эпидемических заболеваний¹⁾.

В своем составе сточные воды несут довольно большое количество плавающих и взвешенных веществ (спички, бумажки, остатки овощей, куски экскрементов и т. д., и т. д.) и кроме того целый ряд соединений в растворенном состоянии. В тех и других содержатся как органические, так и неорганические вещества, при чем, в случае раздельной канализации, во взвешенных веществах преобладают органические вещества (Москва, Берлин), а при общесплавной наоборот—неорганические (английские города). Среди растворенных веществ преобладают неорганические соединения.

Среди отдельных веществ, которые находятся в сточных водах, нас интересуют:

Хлориды, содержащиеся, главным образом, в виде поваренной соли и происходящие из отходов человека и кухни. При отсутствии примеси к хозяйственным водам промышленных вод, они могут служить также одним из показателей их концентрации.

Аммиак солевой и альбуминоидный, происходящий от распада более сложных азот содержащих веществ, который при окислении

¹⁾ Ярким и к тому же современным примером такого их значения может служить водопроводная катастрофа в Ростове и Дону весной 1926 г.

переходит в азотную и азотистую кислоты, почти не встречающиеся в неочищенных сточных водах.

Сероводород, появляющийся в результате анаэробного (восстановительного) распада белковых, серусодержащих веществ, и сульфаты, образующиеся как конечный продукт окисления тех же белков.

Органические вещества, которые в сточных водах находятся в неустойчивых формах распада более сложных молекул, который в части касающейся человеческого испражнений начался еще в организме человека и здесь продолжается с тем, чтобы дойти до полной минерализации, когда эти органические вещества становятся различными в санитарном отношении. Для процесса минерализации (если они идут по линии окисления) потребно известное количество кислорода, которое будет тем больше, чем больше в данной воде органических веществ и чем сложнее и неустойчивее они. Поэтому для характеристики состава сточных вод, с точки зрения учета общего количества органических веществ, необходимо определять окисляемость и органический углерод.

О количестве нестойких органических веществ белкового происхождения, наиболее важных в санитарном отношении, дает исключительно ценные указания определение биохимического потребления кислорода. Эти определения также имеют существеннейшее значение при выборе способа очистки вод и при спуске их в водоем,

Что касается количества содержащихся в сточной воде взвешенных и растворенных веществ, то таковое значительно колеблется, в зависимости от культурно-бытовых условий населения и особенно от количества потребляемой воды: чем больше потребляется воды, тем большее разведение будет иметь место в сточных водах и тем меньшая будет их концентрация. Например сточные воды английских городов значительно менее концентрированы, чем воды московской канализации.

Проф. Тумм предлагает делить воды на 3 категории по их концентрации¹⁾:

	В млигр. на лит.					
	Взвеш. вещ.	Сухой остаток.	Хлор связан.	Азот амм.	Азот-орган.	Орг. вещ. по марганц. кал. соли.
Слабая концентр.	до 300	до 500	до 100	до 30	до 10	до 200
Средняя "	" 500	" 1000	" 150	" 50	" 30	" 300
Концентр.	выше 500	выше 1000	выше 150	выше 50	выше 30	выше 300

На основании этих норм сточные воды московской канализации надо считать концентрированными.

В виду тех неприятных и опасных в санитарно-эпидемиологическом отношении свойств сточных вод, о которых говорилось выше, санитарная практика требует такой обработки их, при которой их органические составные части были бы доведены до полной минерализации, а их бактериальное содержимое удалено из них, или, если нужно, стерилизовано. Подобная обработка сточных вод называется

¹⁾ Г. В. Хлощин. Основы гигиены. Т. II, стр. 80.

очисткой их. Современная санитарная техника достигает такой очистки, преимущественно, путем интенсивного окисления сточных вод, приведенных в тесное соприкосновение с подходящей биологической средой, которая, собственно, и производит разрушение органических соединений. Отсюда и методы такой очистки сточных вод носят название биологических. К ним относятся способы очистки при помощи почвенной фильтрации на полях орошения и полях фильтрации, или на искусственных сооружениях, как-то: биологических фильтрах, аэрофильтрах и аэротанках.

Конечными продуктами распада органических веществ являются: углекислота, азотная, серная, фосфорная кислоты. Однако практически полная минерализация органических веществ не достигается, а устанавливается обычно некоторый условный предел, до которого должна быть доведена очистка, когда сточная вода может считаться и считается очищенной. Это, так называемые, нормы чистоты сточных вод, при которых они считаются допустимыми к спуску в водоем. У нас, для РСФСР имеются нормы, изданные Наркомздравом в 1923 г.¹⁾ Однако этим нормам, как и нормам для питьевых вод нельзя придавать безусловного, императивного значения, вне учета местных условий. В каждом отдельном случае вопрос не только о степени очистки сточных вод, но даже о возможности их спуска в водоем, должен решаться на основании целого ряда данных, рисующих местные условия. Для ясности приведем 2 примера.

1. Город А с небольшим числом жителей расположен на берегу более или менее мощной реки. Ниже его, по течению реки на несколько десятков верст нет населенных мест и водопользования из нее. При постройке канализации и решении вопроса о степени очистки сточной жидкости, подлежащей спуску в реку, здесь может быть допущено некоторое снижение норм.

2. Город В, с таким же населением, расположен на той же реке, при чем ниже города расположен ряд крупных населенных пунктов, пользующихся водой из этой реки. Тут самая возможность спуска очищенных вод в реку должна быть внимательно обсуждена, нормы же очистки должны быть достаточно высоки, чтобы не создать загрязнения реки, опасного для нижележащих пунктов.

Таким образом, мы полагаем, что определенные нормы чистоты сточных вод, допускаемых к спуску в водоем должны быть, но значение их, главным образом, принципиальное и направляющее. Всякое же практическое решение вопроса о степени очистки вод должно быть основано на данных санитарного обследования местных условий, к которым относятся прежде всего: характер и режим водоема, близость к нему населенных пунктов, водопользование из него и т. д. Надо сказать, что существующие нормы НКЗ составлены таким образом, что они дают довольно большой простор местным санитарным органам для решения каждого возникающего на месте вопроса.

Нормы Наркомздрава охватывают лишь наиболее существенные, общие как для хозяйственных, так и для промышленных вод, свойства, имеющие санитарное значение. Мы, с своей стороны, считаем целесообразным, к приведенным в них показателям чистоты вод, прибавить и ввести в обиход наших исследований, так называемые, кислородные пробы.

Выше мы указывали, что разрушение органических веществ в сточных водах идет путем окисления их, для чего потребно извест-

1) См. приложение.

ное количество кислорода. При спуске той или иной сточной жидкости в водоем, она жадно поглощает кислород, растворенный в воде, на свое окисление, обескислораживая в то же время водоем. В небольших водоемах может быть такое положение, что сточные воды поглотят из него весь кислород, вследствие чего в нем должна прекратиться аэробная жизнь и вода в нем окажется загнивающей. Водоем, таким образом, может превратиться в сточный канал. В виду всего этого вопрос о кислородном балансе имеет весьма существенное значение и он широко применяется за границей, а в Англии нормы чистоты сточных вод, предложенные Королевской Комиссией, построены на нем.

До сих пор вопросы очистки сточных вод мы рассматривали с точки зрения их органического содержания.

Существующими способами очистки их удается достаточно совершенно разрушить органические вещества, но в отношении бактериального содержания этого сказать нельзя, так как ни один из них не обеспечивает полного удаления бактерий. Самым совершенным способом удаления бактерий из сточных вод является очистка на полях орошения, но и они все же пропускают некоторое количество их. Сооружения же искусственной биологической очистки (биологические фильтры, аэрофильтры) пропускают уже значительное количество бактерий¹⁾. Правда, мы знаем, что опасные в эпидемиологическом отношении патогенные микроорганизмы, попавшие в чуждую для них среду водоема, довольно быстро гибнут там, но все же во время желудочно-кишечных эпидемий на санитарных органах лежит ответственная задача тщательного наблюдения за очисткой сточных вод и за водоемом, куда они спускаются, с точки зрения предотвращения возможности распространения эпидемии через них. Особого внимания в этом отношении заслуживают сточные воды заразных больниц, которые воегда несут большое количество патогенных бактерий и могут быть источником эпидемических заболеваний. Поэтому в отношении этих учреждений требуется дезинфекция сточных вод на месте.

Группа промышленных, или вернее производственных, сточных вод включает в себе в высокой степени многообразный характер вод, присущих каждому отдельному виду производства. Поэтому задача их подробной характеристики неизбежно связана с описанием вод каждого отдельного производства. Мы в данном случае не можем этого сделать, за недостатком места и ограничимся лишь очень краткой, общей характеристикой их с санитарной точки зрения.

Производственные сточные воды целиком зависят от того производства, в процессе которого они образуются. Они могут нести с собой следы производственного сырья, фабрикатов или полуфабрикатов и наконец тех химических веществ, при помощи которых производится обработка сырья и получение нужного фабриката. В силу такого происхождения составных частей сточных вод, они конечно, могут весьма существенно отличаться друг от друга и от хозяйственных вод, о которых шла речь выше. Например, в то время как воды боенские и кожевенные несут большое количество органических веществ и в этом отношении приближаются к хозяйственным водам, другие, как травильные, химические, воды с газовых заводов совершенно не содержат органических веществ, но зато несут большое количество минеральных соединений, в числе коих могут присутствовать ядовитые вещества, соли тяжелых металлов и т. п.

¹⁾ В виду этого при них желательно устраивать дезинфекторы, где очищенные сточные воды стерилизуются хлором.

Существенным фактором санитарного и санитарно-технического значения производственных вод является их количество, которое в некоторых производствах достигает громадных размеров, например, в промышленности текстильной, сахарной и др.

В санитарной практике исследование производственных вод делается с точки зрения установления допустимости спуска их в водоем и их влияния на этот водоем, а также с точки зрения изыскания способов их очистки. При этом обычно применяется физико-химическое исследование, в отношении же водоема, кроме того, биологическое. В виду того, что характер и состав вод зависит целиком от производства и в зависимости от него может изменяться даже на протяжении рабочего дня, каждому исследованию воды обязательно должно предшествовать обследование самого производства. Подобное обследование дает предварительное, ориентировочное представление о составе воды, которое значительно облегчает производство анализа и кроме того дает также представление о составе стока в разное время дня (недели и т. д.) и дает возможность соответственно организовать выемку проб.

В составе производственных сточных вод нас интересуют:

Содержание органических веществ, так как здесь, как и в случае хозяйственных вод, большое содержание их влечет за собой их загниваемость, со всеми проистекающими отсюда последствиями в отношении окружающей местности, почвы и водоема. Связанные с большим содержанием органических веществ, высокая окисляемость и высокое потребление кислорода могут также вызвать кислородное истощение водоема и губительно отозваться на его биологической среде.

К числу производственных вод с большим содержанием органических веществ относятся: боевские, клееваренные, кожевенные, альбуминовых, кишечных, консервных заводов и многих других.

Однако, среди производственных вод встречаются такие, которые имеют весьма высокую окисляемость, измеряемую сотнями миллиграмм кислорода, при ничтожном содержании органических веществ биогенного происхождения, например, красильные воды хлопчатобумажных фабрик. Попадая в водоем, эти воды могут также вызвать в нем кислородное истощение и загнивание воды.

Заслуживает быть отмеченным еще одно важное свойство некоторых производственных вод с высокой окисляемостью. Содержа в себе, наряду с прочими химическими соединениями, вещества обладающие консервирующими свойствами, эти воды, попадая в водоем, могут благодаря им несколько задержать процессы окисления и, лишь по прохождении некоторого пути, например, в проточном водоеме, по нейтрализации консерванта, начинаются бурные процессы окисления, влекущие за собой явления кислородного истощения водоема, но уже на значительном расстоянии от места их спуска, в то время как раньше, близ спуска, оно не наблюдалось в такой степени.

Взвешенные вещества в некоторых водах содержатся в весьма больших количествах, при чем иногда они состоят преимущественно из органических веществ (кожевенные, боевские, дрожжевые, шерстомойные и др.), в других из минеральных (с металлических заводов, газовых и др.).

Как мы уже отмечали, многие воды содержат в себе ядовитые вещества, соли тяжелых металлов, напр., фенолы, крезолы, цианистые соединения, свинец, медь, хром, мышьяк (воды химических, газовых медно-свинцовых и цинкоплавильных заводов, фабрик обоев и др.).

Важно также определение реакции воды, так как среди производственных вод встречаются воды резко кислые и резко щелочные, которые вредно отзываются на живой среде водоема.

Физические свойства во многих производственных водах также выражены довольно резко. Так, среди них встречаются интенсивно окрашенные воды (красильные, кожевенные и др.), с значительным запахом (парфюмерных фабрик, дрожжевых, кожевенных, нефтепрогонных заводов и пр.), с обильными маслянистыми пленками (нефтепрогонные, воды из железно-дорожных депо, отчасти конденсационные и др.), с высокой температурой и т. д.

В отношении бактериального загрязнения, заслуживают внимания воды шерстомойные, кожевенные, с меховых фабрик, которые могут содержать споры сибиреязвенной палочки.

В заключение мы должны указать на то, что в состав производственных сточных вод, на ряду с чрезвычайно концентрированными водами, входят воды незагрязненные, как холодильные, или слабо загрязненные, как конденсационные. Поэтому, при разрешении вопроса о спуске вод того или иного предприятия в водоем, или об очистке их, следует дифференцировать состав самого стока и по возможности выделять те воды, которые могут быть спущены в водоем без очистки.

Переходя к исследованиям сточных вод, мы должны прежде всего установить те случаи, когда оно должно производиться.

1)—случай, когда санитарный врач обнаруживает в практике своей работы какой-то сток в водоем и ему нужно определить характер поступающих сточных вод;

2)—исследование заведомо неочищенных сточных вод например, при проектировании очистных сооружений;

3)—контроль или изучение действия очистного сооружения;

4)—исследование водоема, куда поступают очищенные или неочищенные сточные воды.

В первом случае полезование, очевидно будет ориентировочным, с однократной выемкой проб.

Во 2-м случае—исследования неочищенных сточных вод, как это бывает нужно при проектировании очистных сооружений, необходимо производить подробное изучение сточных вод. При этом необходимо брать повторные средние пробы. Безукоризненные средние пробы должны браться в течение суток через малые промежутки времени (напр., через час), пропорционально притоку воды, т.-е. с одновременным измерением притока. Однако такое взятие проб физически и технически трудно, поэтому оставляя такой способ выемки проб для некоторых ответственных случаев, достаточно в течение, примерно, 8 часов через каждые 1—2 часа брать мерные пробы с тем однако, чтобы такая выемка проб была сделана повторно в разное время суток. Исследования подобного рода вообще следует производить повторно и в разные дни недели, так как очень часто характер сточных вод меняется, в зависимости от строя хозяйственной жизни населения (напр. понедельник—стирка, суббота—мытьё помещений, купанье).

Выемка проб на промышленных предприятиях должна быть организована таким образом, чтобы она включала в себе стоки от всех тех производственных операций, которые дают отработанные, т.-е. сточные воды. Тут необходимо иметь в виду, что эти операции могут не совпадать между собой во времени, а потому и спуски от них будут также разновременны. В виду этого, на предприятиях необходимо

брать средние пробы в течение рабочего дня, учитывая по возможности соотношения расхода воды в каждый отдельный момент рабочего дня. Бывают, наконец, и такие случаи, когда характер производства не совпадает по отдельным дням, тогда нужно выемку проб производить повторно в разные дни недели. Такой порядок взятия проб имеет весьма существенное значение при проектировании очистных сооружений.

В 3-м случае—при очистных сооружениях—исследования воды делаются с точки зрения установления достаточности очистительного действия сооружения или с точки зрения наблюдения за его работой. В практике очистительный эффект сооружения, при постоянстве состава сточных вод и их количества, должен быть установлен в начале его работы (конечно, когда работа его отрегулирована и произошло созревание его). В дальнейшем же должно производиться именно контрольное наблюдение за его работой как с санитарной, так и с технической-эксплуатационной точек зрения.

В таких случаях нужно брать пробы до очистного сооружения и после него. Для санитарного контроля достаточна выемка проб воды, поступающей на очистное сооружение и выходящей после него в водоем. С точки же зрения наблюдения за работой сооружения нужно брать очищенные воды после каждой секции его, т.-е. с каждого участка полей орошения или полей фильтрации и с каждого отделения биологического фильтра, аэрофильтра или аэротанка.

Такие пробы должны дать материал для суждения о работе каждой такой единицы и указания на ту или иную неисправность или неблагоприятное его и т. п.

Если в системе очистного сооружения имеются установки для предварительной обработки сточной жидкости, как это всегда имеет место на биофильтрах и аэрофильтрах, напр., отстойники, септик-танки и т. п., следует брать пробу также и после него, т.-е. перед поступлением воды на окислитель, так как его работа имеет чрезвычайно важное значение для последнего.

Для ориентировочного санитарно-контрольного исследования достаточно однократной выемки пробы, неочищенной и очищенной воды, стекающей в водоем. В тех же случаях, когда ведется систематическое наблюдение за работой очистного сооружения следует брать пробы таким образом, чтобы можно было проследить прохождение той или иной порции воды через очистное сооружение и влияние его на характер воды. Например, в случае биологического фильтра вода из канализационной сети поступает в отстойник (или септик), в котором теряет известный процент взвешенных веществ и который она проходит в некоторое определенное время. Отсюда, значительно осветленная, она поступает на окислитель, после которого иногда проходит вторичный отстойник и поступает в водоем.

Если нам определенно известно время прохождения сточной жидкости через отстойник (положим 3 часа) и окислитель (положим 10 мин.), то для того, чтобы проследить одну и ту же порцию воды, нам нужно, после того как мы взяли пробу неочищенной воды, поступающей на сооружение, через 3 часа взять пробу воды, выходящей из отстойника, а через 3 часа 10 минут—после окислителя. Это будут так называемые корреспондирующие пробы. Практически трудно совершенно точно установить время прохождения сточной жидкости через очистное сооружение, так как оно постоянно может колебаться, поэтому правильнее организовать выемку проб следующим образом: поступающая сточная вода берется некоторыми

малыми порциями в течение 1—2 часов. Зная ориентировочно время прохождения жидкости через отстойник¹⁾, к этому времени также в течение 1—2 часов берется проба воды, выходящей из него. Таким же образом через соответствующее время берется проба после окислителя и вторичного отстойника, если таковой действует.

При исследовании вод на полях орошения лучше всего прибегать к средним пробам, так как очень трудно установить время прохождения сточной жидкости через фильтрующую почву.

Пробы должны браться в стеклянные бутылки емкостью не менее 2-х литров, по возможности, с притертыми пробками. Бутылки следует заполнять до пробки, чтобы не оставлять в ней воздуха, т. к. он может внести некоторые изменения в характер воды. При выемке средних проб через определенные промежутки времени их можно сливать отмеренными порциями в имеющуюся одну общую посуду, но правильнее в отдельные мелкие бутылки, которые по окончании взятия проб можно смешать в общую посуду, или исследовать каждую в отдельности и вычислять средние данности на основании анализов каждой из них.

Техника выемки проб должна быть такова, чтобы в нее попали глубинные и поверхностные струи, а при широких стоках также боковые. Если на дне стоков имеются осадки, их не следует взмучивать, так как они, попав в большом количестве в пробу, дадут неправильную картину состава воды. Поверхностные же пленки, плавающие и взвешенные вещества должны попасть в пробу.

При каждой выемке проб должно отмечаться время ее взятия, так как весьма существенное значение для анализа воды имеет промежуток между временем взятия и исследования воды: при длительном промежутке в воде могут произойти значительные изменения. Наконец, одновременно о каждой выемке проб следует обязательно давать описательный материал, в который должны войти: обозначение места взятия пробы, указание на происхождение сточных вод (поселок, больница, город, фабрика и т. п.), характер стока (труба, желоб, канава), количество стекающей воды, описание ее (цвет, запах, температура, поверхностные налеты, осадки и т. п.) и, наконец, описание очистных сооружений, если таковые имеются, и их состояние. При этом должно быть указываемо, кем были взяты пробы.

Все эти данные имеют очень большое значение при рассмотрении результатов анализа и даче заключения.

Объем самого анализа сточных вод должен быть построен следующим образом:

Анализ неочищенной сточной воды должен дать картину состава и концентрации исходной воды. В него должны войти определения (физических свойств воды, потребности в кислороде (проба на потребление кислорода и окисляемость) взвешенных и растворенных веществ, хлора, азотистых соединений (аммиак солевой и альбуминоидный и иногда азотная и азотистая кислоты) и загниваемости.

Основная задача анализа сточной воды, прошедшей через отстойник или септик, установить количество взвешенных веществ, убывших при отстаивании, так что здесь, казалось бы, можно ограничиться только определением количества взвешенных веществ. Но в виду убыли во взвешенных веществах, состоящих преимущественно из органических соединений, изменяется потребность в кислороде,

¹⁾ Время прохождения сточной жидкости можно определить при помощи цветного индикатора, напр., флуоресцина или фуксина или по содержанию хлора в воде.

поэтому здесь также нужно ставить пробы на потребление кислорода и окисляемость. Хлор следует определять, как показатель соответствия пробы.

Наконец, после окислителя, в коем должно было произойти требуемое нами окисление органических соединений, важны в первую очередь пробы на азотную и азотистую кислоты, как показатели окислительных процессов. Так же важны пробы на загниваемость и потребность в кислороде и на взвешенные вещества. Хлор здесь определяется с той же точки зрения, как и в предыдущем случае. Если мы имеем понижение содержания аммиака и появление значительных количеств азотной кислоты, значительное понижение окисляемости и потребления кислорода и отсутствие загниваемости воды, мы считаем воду достаточно очищенной. Количество взвешенных веществ для нас представляет интерес в виду того, что после биологических фильтров и аэрофильтров вода выходит довольно мутная и содержит значительное количество взвешенных веществ за счет активного ила, выносимого из тела фильтра. При поступлении в водоем эти взвешенные вещества отлагаются в нем на дне и могут загнить при большом накоплении.

В связи со спуском сточных вод в водоем, всегда приходится ставить вопрос о влиянии их на данный водоем. В таких случаях необходимо прежде всего производить наблюдение за внешним видом водоема: состоянием берегов, дна, характером воды (цвет, прозрачность, запах), поверхностными налетами, пленками, растительностью, рыбоводством, а также давать сведения о режиме водоема. На ряду с этим необходимо также физико-химическое, бактериологическое и биологическое исследование воды и иногда донного ила. Для суждения о том влиянии, которое производят на водоем сточные воды необходимо знать его состояние выше спуска. Поэтому каждое исследование водоема нужно начинать выше спуска (не ближе чем на 100 метров). Дальнейшие наблюдения и исследования должны вестись в месте впадения стока или ниже его, где произойдет достаточное смешение сточных вод с водами водоема. Отсюда вниз по течению, при первоначальном обследовании, пробы должны браться через некоторые расстояния, пока не будет обнаружен состав воды, соответствующий исходному, т.е. выше спуска. Этот пункт будет отвечать окончанию процессов самоочищения реки. При повторных, дальнейших наблюдениях водоема достаточно исследований и выемки проб в трех пунктах: выше спуска, в месте достаточного смешивания сточных вод с водоемом и в конечном пункте самоочищения реки.

В тех случаях, когда приходится иметь дело не с проточными водоемами (озера, пруды и т. п.), в выборе пунктов для выемки проб приходится идти по радиусам от места спуска, учитывая при этом влияния ветров и, могущих быть, хотя бы и незначительных, течений.

При оценке влияния сточных вод на водоем с санитарной точки зрения в первую очередь следующие элементы: состояние кислородного баланса, а также азотного и углекислотного, количество бактерий (в частности *v. coli*), количество и характер осадков (донный ил).

Выше мы указывали на значение кислородного баланса в водоемах. Английская королевская комиссия считает допустимой цифру уменьшения, растворенного в воде, кислорода в 4 мгр. на литр воды в течение 5 суток при 18,3° С. У нас не установлено какой-либо нормы в данном случае. Для целей практических мы можем руководствоваться данными той же комиссии, которые устанавливают,

что „речная вода, в которой содержание кислорода уменьшилось до 4 к. см. при 18,3° С, находится уже на границе явного загрязнения и в сомнительном санитарном состоянии“¹⁾).

Повышенные количества аммиака солевого и альбуминоидного в речной воде указывают на свежие загрязнения, поступившие в реку. Присутствие значительного количества азотной кислоты свидетельствует о законченном процессе окисления, поступивших в реку органических загрязнений.

Повышенные количества углекислоты заставляют обратить на нее внимание, с точки зрения возможности ее происхождения за счет загрязняющих органических веществ.

Количество бактерий и в особенности *B. Coli* для нас имеют большое значение, если из водоема пользуются водой для питьевых целей и особенно во время кишечных эпидемий.

Осадки, образующиеся в водоеме за счет взвешенных веществ сточных вод, особенно неприятны, когда они богаты органическими веществами и гниют на дне, придавая водоему характер гнилостного бассейна.

¹⁾ Г. В. Хлопин. Основы гигиены, т. II, стр. 234.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

ПИТЬЕВЫЕ ВОДЫ.

I. Программа исследования.

Согласно целям, преследуемым при исследовании воды, анализы воды подразделяются на три основные группы:

а) Полные химические анализы, производимые в тех случаях, когда требуется исчерпывающая всесторонняя характеристика солевого состава воды данного водонесточника. Это имеет место при исследовании воды минеральных источников, когда самое ничтожное содержание отдельных элементов имеет большое, а иногда и определяющее значение. Схема этого рода анализов включает определения всех элементов, какие только аналитически могут быть доказаны в исследуемой воде.

Исследованию этого рода часто сопутствует определение радиоактивности.

б) Полные санитарные анализы—производятся в тех случаях, когда водонесточник предназначен для сравнительно широкого водопользования—устройство водопровода, хотя бы небольшого, местного, или когда он представляет особый интерес,—и постоянство и характер его солевого состава служит предметом особого наблюдения.

Полный санитарный анализ дает освещение санитарного его состояния и общую картину его солевого состава.

в) Санитарные анализы—производятся обычно для санитарной характеристики отдельных небольших водонесточников, служащих для малого, ограниченного водопользования. По этой схеме обычно исследуются грунтовые колодцы сельских местностей. Анализ дает картину общего санитарного его состояния (показатели загрязнения) и характеристику величины его солевого состава в виде общей и карбонатной жесткости.

Приведенные схемы касаются лишь наиболее часто производимых анализов.

В отдельных случаях производятся целевые анализы, имеющие целью учет отдельных интересующих в данном случае ингредиентов—учет только азотистых соединений, динамика железа в водопроводной сети, баланс углекислоты, разъедающее действие воды на водопроводные сооружения и пр.

Схема полного санитарного анализа.

Температура (на месте)	б) закисное, *) в) окисное *)
Цвет	Окись алюминия *)
Запах	Марганец *)
Вкус	Серная кислота (сульфаты)
Прозрачность	Хлористоводородная кислота
Муть и осадок	(хлориды)
Изменение при стоянии	Азот нитратов
Реакция (концентрация водородных ионов)	„ нитритов
Жесткость: а) общая, б) карбонатная, в) устранимая *), г) постоянная *)	„ аммонийный (аммиак солевой)
Щелочность титриметрическая	Азот альбуминоидный (альбуминоидный аммиак)
Кислотность титриметрическая *)	Углекислота: а) свободная, б) гидрокарбонатная, в) карбонатная (недостающая), г) общая
Взвешенные вещества при 105°С	Углекислота агрессивная *)
„ „ прокаленные	Сероводород (сульфиды) *)
Плотный остаток при 110°С	Кремнекислота *)
Окись кальция	Фосфорная кислота (фосфаты) *)
„ магния	Окисляемость
„ натрия *)	Потребление кислорода *)
„ калия *)	Растворенный кислород *)
Железо а) общее количество,	

Схема санитарного анализа.

Температура (на месте)	Жесткость а) общая, б) карбонатная
Цвет	Железо
Запах	Хлористоводородная кислота
Вкус	Азот нитратов
Прозрачность	„ нитритов
Муть и осадок	„ аммонийный
Изменения при стоянии	Окисляемость
Реакция (рН)	

Все определения, за исключением физических свойств (запах, вкус, муть, осадок), производятся количественно.

II. Выражение результатов химического анализа.

Результаты количественных определений веществ, содержащихся в исследуемой воде, выражают в миллиграммах на литр воды при температуре 17°,5 С. :

Жесткость воды выражается в немецких градусах, т.е. в миллиграммах окиси кальция на 100 к. с. воды.

Относительно порядка точности выражения количеств рекомендуется придерживаться в обычных случаях следующих указаний:

1. При величинах свыше 10 результат выражается числом с округлением до трех значущих цифр.

2. При числах от 1 до 10 допускается один десятичный знак.

*) Определения, отмеченные, *) делаются только в особых случаях.

3. При числах от 0,1 до 1 допускается не более 2 десятичных знаков.

4. Лишь для аммонийного и нитритного азотов допускается точность до 3 десятичных знаков.

5. При писании таблиц наблюдать, чтобы единицы или нули целых чисел располагались на одной вертикальной линии.

Температура выражается в градусах Цельсия.

Цветность по платино-кобальтовой шкале.

Запах и вкус: качество описательно по возможности в рамках данных эпитетов, интенсивность—по пятибалльной системе или соответствующими баллам терминами.

Прозрачность в сантиметрах.

Изменение при стоянии, муть, осадок—описательно.

Реакция качественная описательно, количественная логарифмически в величинах рН.

Щелочность и кислотность титримая в миллиэквивалентах т.-е. в куб. сант. нормального раствора на литр.

III. Выемка проб воды для химического анализа.

В зависимости от характера, устройства и режима водоисточника должен изменяться и способ выемки проб вод. При организации выемок проб воды с целью санитарной оценки водоисточника необходимо принять во внимание, что не только открытые водоемы, но и грунтовые источники водоснабжения (колодцы, родники) очень часто изменяют свой состав под влиянием выпадения атмосферных осадков и под влиянием подтоков загрязненных воды. В целом ряде случаев, когда питание грунтовых источников связано с рекой, озером, прудом, изменение в режиме последних (изменение уровня, замерзание, загрязнение и т. п.) может отражаться на составе воды исследуемого водоисточника.

Для более правильной оценки режима водоисточника необходимо выемки проб воды для исследования производить в различные периоды года. Летом и зимой желательно брать пробы в периоды устойчивой погоды (ясные летние дни, морозные зимние).

Если необходимо выяснить влияние атмосферных осадков, то необходимо брать пробы до и после продолжительных дождей.

Отбор пробы воды производится с соблюдением всех условий, гарантирующих, что:

а) Устранены элементы случайности в составе взятой воды, (поверхностный слой воды со случайными загрязнениями, застаивающаяся вода в водопроводе, случайная взмученность воды в открытых водоемах и т. д.). Состав воды должен отвечать общим нормальным средним условиям, за исключением особых случаев, когда преследуются какие-либо специальные задачи.

б) Вода взята действительно из того места общей массы воды, которое было намечено.

в) Вода во время отбора не претерпела никаких изменений в своем составе.

Отбор воды из водопроводного крана или крана колодезного насоса производится после предварительного спуска или откачки воды в течение 10 минут. Из рытых колодцев и родников желательно выемку проб производить два раза в день: одну пробу брать до начала расходования воды (рано утром) и другую по прекращении

расходования (конец дня). Отбор воды из открытых естественных или искусственных водоемов производится с намеченной глубины батометром или, при его отсутствии, бутылью в тяжелой оправе или с грузом, подвешенной на лине и закрытой каучуковой пробкой без отверстий, с прикрепленным к ней шнуром. По достижении желаемой глубины дергают за шнур, и вода вливается в склянку, вытесняя через то же отверстие воздух.

Отбор воды производится в склянки, чисто вымытые сначала обыкновенной водой, затем сполоснутые несколько раз дистиллированной. Перед наполнением склянки не менее двух раз промываются исследуемой водой, во избежание случайного загрязнения и для удаления капель старой промывной воды, если склянки не были высушены. Для взятия проб воды рекомендуются склянки с притертыми пробками. В случае неимения таковых, употребляются склянки с резиновыми или корковыми пропарафинированными или обыкновенными корковыми пробками с прокладкой пергаментной бумагой. В случае надобности (при плохом качестве стекла или когда предвидится длительное хранение пробы, особенно для определения щелочей) высушенная склянка должна быть покрыта изнутри слоем расплавленного химически чистого парафина для изоляции воды от соприкосновения со стеклом.

К каждой пробе прилагается сопроводительный бланк со следующими, безусловно необходимыми при отсылке проб воды сведениями:

1. Род и название водоисточника.
2. Точный адрес водоисточника.
3. Время взятия пробы (год, месяц, число и час).
4. Цель взятия.
5. По чьему заданию и кем взята проба.
6. Из какой глубины и пункта данного водоема взята проба.
7. Глубина колодца или др. водоема.
8. Толщина слоя воды.
9. Способ взятия пробы (батометром, бутылью, черпаком и т. п.).
10. Количество взятой воды и число проб.
11. Цвет.
12. Вкус.
13. Запах.
14. Прозрачность в момент взятия.
15. Мутность, осадок, опалесценция.
16. Температура воды в момент взятия.
17. " воздуха в момент взятия.
18. Состояние погоды (дождливая, сухая, переменная) за несколько дней до взятия и в момент взятия пробы.
19. Способ консервации.

В теплое время года, если пересылка воды в лабораторию потребует свыше 1 суток, воду следует консервировать: а) одну порцию для определения окисляемости, азота аммиака—прибавкой 2 к. с. 25% H_2SO_4 на 1 литр воды, б) другую порцию для определения плотного остатка, взвешенных веществ, потери при прокаливании, азотной и азотистой кислоты и хлора—прибавкой 2 к. с. хлороформа на 1 литр воды. Одновременно с консервированной пробой необходимо доставлять для анализа и пробу натуральной воды.

Бутыли с пробками воды наполняют до самого верха и затыкают стеклянными пробками с выдавливанием излишка воды, так чтобы под пробкой совсем не оставалось пузырьков воздуха. Перевозка

проб производится в особых чемоданах, стенки которых тщательно изолированы изнутри. Зимой для предупреждения замерзания поверх бутылки в чемодан кладут подушку с горячей водой, предварительно хорошо обернутую в тряпки, в предупреждение быстрого остывания. Такой способ предохраняет пробы от замерзания при перевозках зимой на лошадях на расстоянии 15—20 километров.

Для общего химического анализа берется одна проба в 4-х литровую бутылку из хорошего химически устойчивого стекла. Отдельные пробы берут: а) в полуторлитровую склянку для определения пятисуточного потребления кислорода по английскому методу, при чем летом эта проба перевозится в особом леднике; б) две четвертьлитровых склянки для определения растворенного кислорода по методу Впнклера, при чем на месте производится прибавка реактивов — хлористого марганца и едкой щелочи — для фиксирования кислорода; в) склянку емкостью 200—400 куб. сант. для определения на месте растворенной углекислоты.

Допустимый интервал между взятием пробы и началом анализа.

Вообще говоря, чем короче время, отделяющее взятие пробы от начала анализа, тем достовернее и надежнее получаемые аналитические результаты. В некоторых случаях бывает необходимо иметь возможность производства точного определения на месте, так как состав воды может претерпеть заметные изменения раньше начала анализа в лаборатории.

Допустимый интервал между взятием пробы и началом анализа зависит от качества воды, свойства подлежащего определению ингредиента и других условий. Изменения, причиняемые наличными микроорганизмами, могут быть значительно задержаны при хранении пробы при низкой температуре.

Допускаются следующие сроки до начала производства анализов, при условии хранения на леднике:

Незагрязненные воды	72 часа.
Довольно чистые воды	48 „
Загрязненные воды	12 „

В случае истечения более долгих сроков это должно быть указано в протоколе анализа. В случае стерилизации прибавкой кислоты или др. зародышеубивающих веществ пробы для санитарного химического анализа выдерживают более продолжительное хранение.

Определения растворенных газов, именно, кислорода, сероводорода и углекислоты должны производиться на месте согласно ниже-даваемым специальным указаниям для каждого определения.

IV. Исследование на месте.

Так как состав воды при продолжительном стоянии проб изменяется (разложение органических веществ под влиянием жизнедеятельности бактерий, выделение растворенных веществ под влиянием физико-химических процессов), то при отдаленности лаборатории от источника, безусловно необходимо произвести некоторые определения тотчас же после взятия пробы — на месте. Для исследования воды на месте, каждая лаборатория должна иметь специально оборудованную походную лабораторию в виде портативного ящика.

Следующие исследования желательно произвести у источника во время взятия пробы:

1. Температура источника определяется на желаемой глубине или термометром с делением на $\frac{1}{5}^{\circ}$ с сосудом, окружающим шарик со ртутью, во избежание изменения температуры при поднятии, или перевертывающимся термометром Негретти-Замбра или Рихтера. В первом случае термометр должен выдерживаться в воде не менее 15 минут, для перевертывающегося термометра достаточно 3—5 минут.

2. Желательно отмечать прозрачность в самом водоеме, определяемую, если это позволяют условия, диском Секки: листового железа диск, диаметром 30 см., выкрашенный с обеих сторон белой масляной краской. По краям диска три симметрично расположенных отверстия для пропуска бичевы, проходящей вниз для поддержания груза, служащего для равномерного спуска диска, и вверх для соединения с линем, служащим для спуска диска. Величина в сантиметрах, средняя между глубиной исчезания диска и глубиной его обратного появления, выражает прозрачность воды в данном водоеме. Этот же диск позволяет очень удобно определить и цвет воды в водоеме.

3. Цвет во взятой пробе и по возможности в водоеме.

Цветность в водоеме определяется посредством диска Секки из сравнения цвета воды над диском с цветами сравнительных растворов шкалы Фореля-Уле. Стандартные цветовые шаблоны налиты в запаянные пробирки, составляющие двойную складную шкалу. Под шкалой подложен белый картон.

Первая половина шкалы (Фореля) готовится смешением аммиачного раствора сернокислой меди (синий раствор)

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1 гр.
 Аммиак 25% 5 к. с.
 Дистиллирован. воды до 200 к. с.

и раствора хромовокислого кали (желтый раствор)¹

K_2CrO_4 1 гр.
 Дистиллирован. воды до 200 к. с.

Вторая половина шкалы (Уле) готовится смешением последнего номера шкалы Фореля с раствором сернокислого кобальта $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 1:200 с добавлением необходимого для растворения аммиака.

Шкала Фореля

№	Синий	Желтый	№	Синий	Желтый
I	100	0	VII	73	27
II	98	2	VIII	65	35
III	95	5	IX	56	44
IV	91	9	X	46	54
V	86	14	XI	35	65
VI	80	20			

В последние три номера добавляется несколько капель аммиака для достижения полной прозрачности.

Шкала Уле

№	Раств. XI	Кобальт. раств.	№	Раств. XI	Кобальт. раств.
XI	100	0	XVI	80	20
XII	98	2	XVII	73	27
XIII	95	5	XVIII	65	35
XIV	91	9	XIX	56	44
XV	86	14	XX	46	54
			XXI	35	65

4. Запах—при подогревании в пробирке до 45°C.

5. Вкус при 15—20°C.

6. Помимо определенных в водоеме отмечается состояние свежезнятой пробы в самой бутылки—цвет, опалесценция, муть, случайные посторонние включения.

Из определений на месте или немедленно по доставке производятся следующие:

1. Реакция лакмусовой бумажкой, а по возможности и концентрация водородных ионов индикаторным способом.

2. Азотистая кислота.

В пробирку наливают 10 к. с. исследуемой воды, прибавляют 0,5 к. с. реактива Грисса и нагревают пробирку в течение 5 минут при 70—80°C (на спиртовой горелке или свечке).

Более долгое нагревание не увеличивает интенсивности окрашивания. Приблизженное содержание азотистой кислоты может быть определено по интенсивности окрашивания из следующей таблицы.

Окрашивание при рассматривании сбоку	Окрашивание при рассматривании сверху вниз	Окрашивание при рассматривании жидкости сверху вниз, под углом 45°	Содержание азотистой кислоты в млгр. на литр
Нет	Нет	Нет	меньше 0,001
Нет	Нет	Едва заметное розовое	„ 0,001
Нет	—	Очень слабо розовое	„ 0,002
Едва заметное розовое	Чрезвычайно слабо розовое	Слабо розовое	„ 0,005
Очень слабо розовое	Слабо розовое	—	„ 0,01
Слабо розовое	Светло-розовое	—	„ 0,05
Светло-розовое	Розовое	—	„ 0,1
Розовое	Сильно розовое	—	„ 0,2
Сильно розовое	Красное	—	„ 0,5
Красное	Ярко-красное	—	„ 1,0

Для вод, содержащих азотистой кислоты 0,01 мгр. на литр и менее, рекомендуется нагревать в течение 10—15 минут.

3. Азотная кислота.

В пробирку вливается 0,5 к. с. испытуемой воды, прибавляется 1,5 к. с. концентрированной серной кислоты, смесь охлаждается до температуры 20—25° С, и в охлажденную смесь всыпается на кончике ножа несколько крупинок бруцина (не менее двух мгр.).

Пробирка энергично встряхивается до растворения бруцина, при чем в зависимости от содержания азотной кислоты смесь окрашивается от едва розового до вишнево-красного окрашивания, переходящего при стоянии в желтое.

Приблизительно о содержании азотной кислоты можно судить по интенсивности получаемых оттенков.

О к р а ш и в а н и е	Содержание азотной кислоты в мгр. на литр
1. Никакого окрашивания	меньше 0,5
2. Через одну минуту едва уловимое розовое окрашивание, сохраняющееся в течение нескольких минут	„ 0,5
3. Через одну минуту незначительное розоватое окрашивание. Через 10 минут окрашивание едва заметно	„ 1,0
4. Через одну минуту слабо розовое окрашивание. Через пять минут окрашивание становится незначительным	„ 2,5
5. Через одну минуту светло-розовое окрашивание. Через 4 минуты незначительное розовато-желтое окрашивание	„ 5,0
6. Раствор быстро розовеет. Через 1 минуту розовое окрашивание. Через 2½ минуты раствор слабо розовый. Через 10 минут слабо желтый с розоватым оттенком	„ 10,0
7. Раствор быстро розовеет. Через ¾ минуты желто-розовое окрашивание, через 1½ минуты розовато-желтое, через 3 минуты светло-желтое	„ 25,0
8. Раствор быстро розовеет. Через ½ минуты красновато-оранжевое окрашивание, через 1 минуту сильное розовато-желтое окрашивание, через 5 минут желтое	„ 50,0
9. Раствор очень быстро розовеет. Через ½ минуты оранжево-красное окрашивание, быстро желтеющее. Через ¾ минуты ярко оранжевое окрашивание, через 5 минут интенсивно желтое	„ 100,0

При малых количествах азотной кислоты содержаемое пробирки рекомендуется переливать в фарфоровую чашку, где слабо розовое окрашивание видно яснее.

4. Аммиак солевой (реактивом Несслера).

В пробирку наливают 10 к. с. исследуемой воды, прибавляют 0,2—0,3 к. с. (при большой жесткости воды и больше раствора сегнетовой соли (50%) и затем 0,2 к. с. реактива Несслера.

Приблизительное количество аммиака может быть определено по интенсивности полученного окрашивания, пользуясь нижеследующей

таблицей. Наблюдение ведут через 10 минут после прибавления реактива.

Окрашивание при рассматривании сбоку	Окрашивание при рассматривании сверху вниз	Содержание аммиака в млгр. на литр
1. Нет	1. Нет	меньше 0,05
2. Нет	2. Чрезвычайно слабо-желтоватое	" 0,10
3. Чрезвычайно слабое желтоватое	3. Слабо желтоватое	" 0,25
4. Очень слабо желтоватое	4. Желтоватое	" 0,5
5. Слабо желтоватое	5. Светло-желтое	" 1,0
6. Светло-желтое	6. Желтое	" 2,5
7. Желтое	7. Интенсивно буровато-желтое	" 5,0
8. Мутноватое резко желтое	8. Бурое, раствор мутный	" 10,0
9. Интенсивно бурое, раствор мутный	9. " " "	" 25,0

Для вод, содержащих аммиака более 5 млгр. на литр, следует прибавлять 0,3—0,5 к. с. реактива Несслера на 10 к. с. воды.

Для вод, содержащих аммиака 0,25 млгр. на литр и менее, наблюдение рекомендуется производить минут через 15—20.

5. Сероводород.

В пробирку вливается 10 к. с. исследуемой воды и прибавляется 3 к. с. реактива Каро (1 грамм параамидодиметиланпипина в 300 к. с. соляной кислоты уд в. 1,19 плюс 1 гр. хлорного железа в 100 к. с. дистиллированной воды). Смотря по количеству содержащегося в воде сероводорода, получается окрашивание от светло-зеленого до интенсивно синего.

Так как прибавка реактива сама уже вызывает незначительную окраску, то рекомендуется производить сравнение окраски испытуемой воды с окраской 10 к. с. дистиллированной воды плюс 3 к. с. реактива.

Приблизленно содержание сероводорода может быть определено с помощью следующей таблицы.

О к р а ш и в а н и е	Содержание сероводорода в млгр. на литр.
1. При рассматривании сверху—нет	меньше 0,03
2. При рассматривании сверху—слабо-зеленоватое. Через 8 минут ясно-зеленоватое окрашивание	" 0,06
3. Через 2 минуты при рассматривании сбоку разницы с контрольной пробиркой нет. Сверху ясно зеленоватое окрашивание	" 0,12
4. Через 1 минуту при рассматривании сбоку очень слабое светло-зеленое окрашивание	" 0,24
5. Через 1 минуту при рассматривании сбоку светло-зеленое окрашивание	" 0,6
6. Через $\frac{1}{3}$ минуты светло-зеленое окрашивание	" 1,2
7. Через $\frac{1}{2}$ минуты яркий зелено-синий цвет	" 2,4
8. Через $\frac{1}{2}$ минуты интенсивно синий цвет	" 6,0

В присутствии значительных количеств нитритов реакция Каро неприменима.

В случаях неприменимости или отсутствия реактива Каро наличие сероводорода может быть более грубо определено по потемнению влажной свинцовой бумажки, повешенной над исследуемой водой и зажатой одним концом между горлышком и пробкой.

6. Железо окисное и закисное (с роданистым калием до и после окисления).

В пробирку всыпается 1—2 кристаллика бертолетовой соли, прибавляется 1—2 капли концентрированной серной кислоты, вливается 10 к. с. испытуемой воды и добавляется 0,2 к. с. 50% раствора роданистого аммония.

В случае возможности, окисление бертолетовой солью заменяется окислением персульфатом аммония или перекисью водорода: к 10 к. с. испытуемой воды прибавляется 1—2 капли серной кислоты, на кончике ножа персульфата аммония или 1—2 капли 3% продажной перекиси водорода и взбалтывают.

Окисление протекает почти мгновенно.

По интенсивности полученного окрашивания судят о количестве железа.

Окрашивание при рассматривании сбоку	Окрашивание при рассматривании сверху вниз	Содержание железа в млг. (литр)
1. Окрашивания нет	1. Окрашивания нет	меньше 0,05
2. Едва заметное желтовато-розоватое	2. Чрезвычайно слабое желтовато-розоватое	„ 0,10
3. Очень слабое желтовато-розоватое	3. Слабое желтовато-розовое	„ 0,25
4. Слабое желтовато-розовое	4. Слабое желтовато-розовое	„ 0,50
5. Светлое желтовато-розовое	5. Желтовато-розовое	„ 1,00
6. Сильное желтовато-розовое	6. Желтовато-красное	„ 2,5
7. Светлое желтовато-красное	7. Ярко-красное	„ 5,0

Указанные цветовые градации относятся к работе в пробирках, диаметром 13—14 м.м., высота столба 10 к. с. жидкости = около 7 сантиметров.

7. Окисляемость.

8. Угольная кислота свободная.

В случае невозможности определения свободной CO_2 на месте, берут отдельную пробу в склянках на 400 к. с., наливая воду без потери газа до пробки.

Определение свободной CO_2 может быть заменено определением рН, после чего свободная CO_2 может быть вычислена из величин рН и гидрокарбонатной CO_2 .

На месте же производится фиксирование воды, для

9. Растворенного кислорода по Винклеру.

В теплое время года и при жесткости выше 20° на месте же рекомендуется определение гидрокарбонатной уголекислоты, так как при транспорте возможно выделение на стенках среднего карбоната.

При железистых водах, если определение гидрокарбонатной углекислоты не делается на месте, требуется при налипании пробы в бутылку тщательное избегание перебалтывания воды. Проба нали-вается до пробки. Соприкосновение с кислородом вызывает в желе-зистых водах разрушение закисного гидрокарбоната железа с выде-лением гидрата окиси железа и свободной угольной кислоты.

В теплое время года, если пересылка воды в лабораторию потребует свыше 1 суток, воду следует консервировать: а) одну пор-цию для определения окисляемости, азота аммиака—прибавкой 2 к. с. 25% H_2SO_4 на 1 литр воды; б) другую порцию для определе-ния плотного остатка, взвешенных веществ, потери при прокалива-нии, азотной и азотистой кислоты и хлора прибавкой 2 к. с. хлороформа на 1 литр воды. Одновременно с консервированной пробой необходимо доставлять для анализа и пробу натуральной воды.

V. Методы исследования.

1. Цвет.

При качественном совпадении оттенка, цвет количественно выра-жается в градусах американской платиново-кобальтовой шкалы цветно-сти и определяется колориметрически в Несслеровских цилиндрах. Отвешивают 1,245 гр. хлороплатината калия, отвечающих 0,5 гр. метал-лической платины, и 1,009 гр. кристаллического хлористого кобальта $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, отвечающего 0,25 гр. металлического кобальта, и раство-ряют в 100 к. с. воды, добавляют 100 к. с. соляной кислоты уд. в. 1,19 и доводят водой до литра. Цветность такого раствора принимается равной 500 градусам (500 частей металлической платины на миллион частей воды). Приготавливаются 13 шаблонов:

№ 1	0 к. с. раств. доводят до 200 с.с. воды . . .	0°	цветности
№ 2	2 " " " " " " " " " " " "	50	"
№ 3	4 " " " " " " " " " " " "	100	"
№ 4	6 " " " " " " " " " " " "	150	"
№ 5	8 " " " " " " " " " " " "	200	"
№ 6	10 " " " " " " " " " " " "	250	"
№ 7	12 " " " " " " " " " " " "	300	"
№ 8	14 " " " " " " " " " " " "	350	"
№ 9	16 " " " " " " " " " " " "	400	"
№ 10	20 " " " " " " " " " " " "	500	"
№ 11	24 " " " " " " " " " " " "	600	"
№ 12	28 " " " " " " " " " " " "	700	"
№ 13	32 " " " " " " " " " " " "	800	"

Цветность мутной воды определяется после отстаивания или центрифугирования.

2. Запах.

Наблюдение запаха—холодного и горячего—в пробах поверхност-ных вод важно, так как запахи обычно показательны на развитие организмов или загрязнение стоками, или на то и другое вместе. Запах некоторых грунтовых вод обуславливается минералообразующим составом водоносных слоев. Запах загрязненной холодной воды часто помогает обнаружению ее загрязнения. Определение организмов (см. Гидробиологическую часть) является весьма ценным дополнением к фи-зико-химическому исследованию воды. Некоторые запахи свойственны определенным организмам, как, например, „рыбный“ запах—Uroglena,

„ароматный“ или „розовой геранью“ запах—*Asterionella* и запах „свиного хлеба“—*Anabaena*. Определяют и отмечают запах как при комнатной температуре, так и в нагретой почти до кипения воде.

Холодный запах. Исследуемую пробу комнатной температуры (около 20° С) сильно встряхивают в наполовину или на две трети наполненной бутылке. Оттыкают пробку и нюхают запах в горлышке бутылки или переливают в стакан.

Горячий запах. В полулитровую Эрленмейеровскую колбу наливают около 150 к. с. исследуемой пробы. Закрывают подходящим часовым стеклом. Нагревают воду почти до кипения. Снимают колбу с горелки и дают остывать не более 5 минут. Затем взбалтывают вращательным движением, сдвигают часовое стекло к одному боку и нюхают запах.

Выражение результатов. Качество запаха выражают описательными эпитетами вроде следующих (пользуясь при записи сокращениями):

ароматный	затхлый
свободным хлором	плесенью
неприятный	болотный
землистый	сладковатый
рыбный	сероводородный.
травяной	

Интенсивность запаха выражается по пятибалльной системе, ставя балл или термин после слова, обозначающего качество.

Баллы.	Термины.	Значение.
0	нет	Запаха совсем не ощущается.
1	очень слабый	Запах, обычно не поддающийся обнаружению средним потребителем, но обнаруживаемый в лаборатории привычным наблюдателем.
2	слабый	Запах, поддающийся обнаружению потребителя, если обратить на него его внимание, но сам по себе не привлекающий внимания.
3	заметный	Запах, легко замечаемый и могущий вызвать неодобрительные отзывы о воде.
4	отчетливый	Запах, сам обращающий на себя внимание и могущий заставить воздержаться от питья.
5	очень сильный	Запах настолько сильный, что вода совершенно для питья негодна. (Оценка, применяемая только в крайних случаях).

3. Вкус.

Вкус определяется при комнатной температуре воды, качественно регистрируется описательно, по возможности придерживаясь эпитетов запаха, и количественно выражается терминами пятибалльной системы, как при определении запаха.

4. Прозрачность.

Прозрачность определяется в цилиндре Генера, желательна высотой 50—60 см, по чтению шрифта Снеллена № 1. Высота воды в цилиндре в момент, когда чтение еще возможно, выражается в сантиметрах и выражает собой величину прозрачности.

5. Муть и осадок.

Муть—характеризуется словами: слабая опалесценция, опалесценция, сильная опалесценция, тонкая взвешенная муть, устойчивая муть и т. д.

Отмечаются характерные особенности: цвет, консистенция, структура, вероятная природа.

Осадок—характеризуется количественно: ничтожный, незначительный, значительный, большой осадок. В случае очень большого количества осадка указывается приблизительно толщина слоя осадка.

Качественная характеристика: глинистый, песчанистый, гидрат окиси железа, хлопьевидный, кристаллический, бесцветный, серый желтый, бурый, черный и т. д.

6. Изменение при стоянии.

Через сутки стояния отмечаются происшедшие видимые изменения: появление мути (среднего карбоната, напр.), оседание мути и полнота оседания, появление на дне или стенках осадка среднего карбоната, выделение гидрата окиси железа, появление или исчезновение запаха, изменение вкуса и т. д.

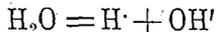
7. Реакция.

Качественное определение. В исследуемую воду погружают полоски красной и синей лакмусовой бумаги, оставляют лежать несколько минут и сравнивают с такими же бумажками, погруженными в дистиллированную воду. Если реакция оказывается ясно-кислой на лакмус, пробуют на метилоранж; если реакция ясно-щелочная на лакмус, — пробуют дополнительно на фенолфталеин.

Определение активной реакции. Качественное определение реакции—весьма мощного гидрохимического фактора—дает очень неточное понятие об истинной реакции и недостаточно для более углубленного санитарного гидрохимического исследования.

Истинная „активная“ реакция воды является выраженном концентрации водородных, соответственно гидроксильных ионов воды и водных растворов и обычно выражается в виде молярной концентрации водородных ионов.

Происходящие при электролитической диссоциации воды



водородные и гидроксильные ионы связаны между собою количественным соотношением

$$[\text{H} \cdot] \times [\text{OH}'] = K$$

где K —константа диссоциации воды, равная по S. P. L. Sørensen¹⁴ у прм 18° — 10 и $[\]$ знак молярной концентрации.

Указанное количественное соотношение позволяет активную реакцию как кислых, так и щелочных растворов выразить в виде концентрации водородных ионов, так как концентрация гидроксильных ионов может быть определена, как величина производная:

$$[\text{OH}'] = \frac{K}{[\text{H} \cdot]}$$

Нейтральная реакция определяется равенством концентрации H^+ и OH^- —ионов, кислая—преобладанием водородных и щелочная—преобладанием гидроксильных ионов.

$$\text{Кислая реакция: } [H^+] > 10^{-7,07} > [OH^-]$$

$$\text{Нейтральная реакция: } [H^+] = 10^{-7,07} = [OH^-]$$

$$\text{Щелочная реакция: } [H^+] < 10^{-7,07} < [OH^-]$$

Согласно предложению S. P. L. Sørensen'a, в настоящее время являющемуся общепринятым, концентрация водородных ионов выражается не непосредственно в виде десятки с отрицательным показателем, а в виде одного показателя степени без знака минус, при чем этот показатель обозначается символом рН, так что при

$$[H^+] = 10^{-7,07}, \text{ рН} = 7,07$$

и соотношение выражений активной реакции нейтральных, кислых и щелочных растворов приобретает следующий вид:

$$\text{Кислая реакция } \text{рН} < 7,07 < \text{рОН}$$

$$\text{Нейтральная реакция } \text{рН} = 7,07 = \text{рОН}$$

$$\text{Щелочная реакция } \text{рН} > 7,07 > \text{рОН}$$

Так как $\text{рН} + \text{рОН} = 14,14$ при 18°C , то показатель концентрации гидроксильных ионов рОН определяется из данной величины рН по разнице

$$\text{рОН} = 14,14 - \text{рН}$$

Активная кислотность и активная щелочность отличаются от титрированной кислотности и щелочности тем, что первые представляют собою величину концентрации H^+ и OH^- —ионов, имеющих налицо в данный момент и потому характеризующих активность кислоты или щелочи; вторая же представляет потенциальный запас H^+ и OH^- —ионов и характеризует весь резерв кислотных или щелочных свойств раствора.

Различные концентрации H^+ и OH^- —ионов при одной и той же титрированной кислотности или щелочности являются отображением различной способности различных кислот и щелочей к электролитической диссоциации.

Так $1/10$ п раствор соляной кислоты, практически сполна диссоциирующей на ионы H^+ и Cl^- , дает водородных ионов в 70 раз больше, чем $1/10$ п раствор слабо диссоциирующей уксусной кислоты, в то время как оба раствора нейтрализуются одним и тем же количеством щелочи.

Концентрация водородных ионов определяется по двум принципам—электрометрически (в водородной цепи или хингидронным методом) и колориметрически.

Основным методом является электрометрическое определение в водородной цепи. В применении к определению концентрации водородных ионов питьевых и сточных вод электрометрическим методом в водородной цепи пользуются лишь для установки рН стандартных, так называемых буферных растворов, с которыми уже и сравнивают исследуемые воды.

Электрометрическое определение в водородной цепи мало применимо к питьевым и сточным водам как вследствие кропотливости этого метода, так и вследствие того, что определение в газовой цепи

pH питьевых и сточных вод, в которых pH зависит от соотношения между связанной и свободной углекислотой, вытесняемой из воды током водорода при обычной методике, требует применения специальных методов, дающих в конечном счете результат, не превышающий по точности колориметрическое определение.

Исключение представляет хнигидронный метод, с удобством применимый для определения мутных и интенсивно окрашенных не слишком щелочных сточных вод.

Определение же pH питьевых вод обычно производится с значительной степенью точности колориметрически, для чего применяются нижеследующие три метода:

Метод S. P. L. Sørensen'a основан на том, что одинаковые количества индикатора, прибавленные к равным количествам испытуемой воды и стандартного раствора с определенной концентрацией водородных ионов, дают одинаковые окраски. Практически метод сводится к тому, что приготавливают ряд стандартных растворов с определенной концентрацией водородных ионов и отыскивают стандартный раствор, дающий с данным индикатором то же окрашивание, что и испытуемая вода. При этом в целях уточнения определения вся гамма градаций от сильно кислых до сильно щелочных растворов делится на отдельные участки, в которых определение pH производится соответственными индикаторами, ибо каждый индикатор применим лишь в сравнительно узких пределах.

Индикатор.	Интервал применимости pH.	Цвет.	Концентрация индикатора.
Метил-фиолет 6 В	1,5—3,2	Желтый-фиолетовый	0,5 ⁰ / ₁₀₀
Тропеолин 00	1,4—2,6	Красный-желтый	1 ⁰ / ₁₀₀
Диметиламиноазобензол	2,9—4,0	„ „	1 ⁰ / ₁₀₀
Метил-оранж	3,1—4,4	„ „	1 ⁰ / ₁₀₀
Конго	3,0—5,2	Фиолетовый-красный	1 ⁰ / ₁₀₀
Ализарин	3,7—5,2	Желтый-фиолетовый	1 ⁰ / ₁₀₀
Метил-рот	4,2—6,3	Красный-желтый	2 ⁰ / ₁₀₀
Азолитмин (лакмус)	5,0—8,0	„ „	2 ⁰ / ₁₀₀
Нейтральрот	6,5—8,0	„ „	1 ⁰ / ₁₀₀
Розоловая кислота	6,9—8,0	Коричн.-красный	1 ⁰ / ₁₀₀
Фенолфталеин	8,3—9,5	Бесцв.-красный	1 ⁰ / ₁₀₀
Ализарин-желтая	10,1—12,1	Желтый-лиловый	1 ⁰ / ₁₀₀

Clark'ом и Lills'ом были предложены нижеприведенные весьма постоянные и светопрочные индикаторы.

Индикаторы Clark'a и Lills'a, представляющие в продажном виде свободные кислоты, переводятся в раствор в следующем виде: 0,1 гр. индикатора растирается в агатовой ступке с указанным в

таблице количеством $\frac{1}{30}$ норм. NaOH до полного растворения и разбавляется далее дистиллированной водой до 25 с. с. Для употребления раствор разбавляется еще в 10 раз. Метил-рот растворяется в

Индикаторы Clark'a и Lubs'a.

Индикатор.	Интервал применимости pH	Ц в е т.	Концентрация.	NaOH $\frac{1}{30}$ норм на 0,1 гр.
Тимол-блау (кисл.) . . .	1,2—2,8	Красн.-желтый	0,040 ⁰ / ₀₀	4,3
Бромфенол-блау	3,0—4,6	Желт.-голубой	0,040 ⁰ / ₀₀	3,0
Метил-рот	4,4—6,0	Красн.-желтый	0,020 ⁰ / ₀₀	7,4
Бромрезол-пурпур	5,2—6,8	Желт.-пурпурный	0,040 ⁰ / ₀₀	3,7
Бромтимол-блау	6,0—7,6	Желт.-синий	0,040 ⁰ / ₀₀	3,2
Фенол-рот	6,8—8,4	„ красный	0,020 ⁰ / ₀₀	5,7
Крезол-рот	7,2—8,8	„ красный	0,020 ⁰ / ₀₀	5,3
Тимол-блау (щелочн.)	8,0—9,6	Желт.-синий	0,040 ⁰ / ₀₀	4,3
Крезол-фталени	8,2—9,8	Бесцв.-красный	0,020 ⁰ / ₀₀	—

50% алкоголе.

Для приготовления стандартных растворов известной к. в. и. прибегают к помощи так наз. „буферных“ растворов, представляющих в общем случае смесь кислоты и ее соли. Обычно буферные растворы состояются из слабых кислот или кислых солей, амфолитов и кислот или щелочей и т. д. и представляют собою среды, достаточно устойчивые в отношении сохранения своей концентрации водородных ионов. Такими буферными системами являются смесь кислых и средних фосфатов, уксусной кислоты, и уксуснокислого натра, борной кислоты и буры, система связанной и свободной углекислоты и т. д.

Для определения к. в. и. пресных вод наиболее подходящей является система из первичного и вторичного фосфатов: $\frac{1}{15}$ граммолекулы однозамещенного фосфорно-кислого калия KH_2PO_4 — 9,078 грамм соли на литр и $\frac{1}{15}$ граммолекулы двузамещенного фосфорнокислого натра $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — 11,876 грамм соли на литр. В случае отсутствия Kahlbaum'ского препарата с двумя молекулами воды $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ последний может быть приготовлен из трехкратно перекристаллизованного двенадцативодного препарата $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ весьма продолжительной сушкой его в эксикаторе над хлористым кальцием.

Чистый двуводный препарат при сушке при 100° и давлении 20—30 мм должен давать потерю в весе $25,28 \pm 0,1\%$. Вследствие мешкотности приготовления двуводного препарата последний может быть заменен трехкратно перекристаллизованным продажным двенадцативодным препаратом $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, высушенным на воздухе (осторожно—не до выветривания), которого на литр раствора берется $\frac{1}{15}$ моля—23,883 грамма. К. в. и раствора обязательно проверяется электрометрическим путем. Растворы солей приготавливаются на ди-

стиллированной воде после тщательного удаления углекислоты выкипчиванием в колбе пенского стекла (или медной луженой) и охлаждением без доступа углекислоты. Растворы хранятся в Вульфовой склянке, одно горло которой соединено с трубкой с натронной известью, другое сифоном, доходящим до дна, с бюреткой, служащей для отмеривания раствора. Воздух в бюретке также должен быть лишен углекислоты. При сериальных определениях полезно приготовить заранее смешанные растворы обоих фосфатов и хранить их в склянке емкостью около 150 с. о, снабженной пробкой с двумя отверстиями: одно для короткой стеклянной трубки, соединенной с трубкой с натронной известью, другое для стеклянной трубки, доходящей до дна, верхний конец которой закрыт каучуковой трубкой с стеклянной палочкой. К концу присоединяется пипетка в 10 с. с. для отмеривания растворов.

Ф о с ф а т н ы е с м е с и.				pH при 18° C
0,25	с. с.	вторичного фосфата	+ 9,75 к. с. первичного фосфата	5,228
0,5	"	"	+ 9,5 " " "	5,589
1,0	"	"	+ 9,0 " " "	5,906
2,0	"	"	+ 8,0 " " "	6,239
3,0	"	"	+ 7,0 " " "	6,468
4,0	"	"	+ 6,0 " " "	6,643
5,0	"	"	+ 5,0 " " "	6,813
6,0	"	"	+ 4,0 " " "	6,979
7,0	"	"	+ 3,0 " " "	7,168
8,0	"	"	+ 2,0 " " "	7,381

Для более щелочных вод весьма пригодны буферные смеси буры и борной кислоты по Palitzsch'у.

Раствор борной кислоты готовится м/5, содержащий 12,404 гр. кристаллической борной кислоты и 2,925 гр. поваренной соли м/20 в литре раствора. Раствор буры готовится м/20, содержащий 19,108 гр. кристаллической буры $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в литре раствора.

Боратные смеси.

Бура м/20.	Борная кислота м/5.	pH
10,0 к. с.	0,0 к. с.	9,24
9,0 "	1,0 "	9,11
8,0 "	2,0 "	8,98
7,0 "	3,0 "	8,84
6,0 "	4,0 "	8,69
5,5 "	4,5 "	8,60
5,0 "	5,0 "	8,51
4,5 "	5,5 "	8,41
4,0 "	6,0 "	8,31
3,5 "	6,5 "	8,20
3,0 "	7,0 "	8,08
2,5 "	7,5 "	7,94
2,3 "	7,7 "	7,88
2,0 "	8,0 "	7,78
1,5 "	8,5 "	7,60
1,0 "	9,0 "	7,36
0,6 "	9,4 "	7,09
0,3 "	9,7 "	6,77

По S. P. L. Sørensen'у определение ведется в пробирках одинакового диаметра, приблизительно 20—22 мм, следующим образом.

Качественной пробой определяют, каким индикатором надлежит пользоваться. Затем в каждую пробирку наливают по 10 к. с. смеси буферных растворов, прибавляют по несколько капель индикатора до слабого, но явственного окрашивания и сравнивают пробирку с испытуемой водой и таким же количеством индикатора с пробирками

с буферными растворами рН пробирки с совпадающей окраской отвечает рН испытуемой воды.

При сравнении цветов пробирки ставятся в штатив для пробирок, отличающийся от обычного только тем, что пробирки стоят в нем в наклонном положении под углом приблизительно 40° к горизонту. Под пробирки подкладывают пластинки молочного стекла. Сравнение ведется или смотря на всю пробирку по ее длине, или сверху вниз через всю толщу раствора. Колориметрическое сравнение может быть с удобством проведено и в обыкновенном вертикальном штативе с прикрепленным к нему позади пробирок молочным стеклом. Пробирки с окрашенными растворами проектируются на пластинку молочного стекла, и малейшая разница в оттенках может быть при этом легко замечена.

Сравнение цветов рекомендуется вести при дневном освещении, но возможно определение и вечером на фоне белого молочного стекла с помещенной за ним яркой электрической лампочкой.

В случае, если испытуемая вода обладает заметной окраской, то прямое сравнение с окраской буферного раствора становится затруднительным, а результат неточным. В этом случае прибегают к компенсации окраски воды накладывая на цвет буферного раствора цвет испытуемой воды.

Практически определения производят следующим образом: в деревянный кубик („компаратор“) с высверленными в нем 6 отверстиями для пробирок и 3 поперечными отверстиями через 3 пары пробирочных отверстий вставляют посредине в одно отверстие испытуемую воду с индикатором, перед ней пробирку с дистиллированной водой. Рядом с обеих сторон вставляют по пробирке с испытуемой водой и перед ними пробирки с подходящими буферными растворами с индикатором.

Задний	Буферный раствор с индикатором.	Испытуемая вода с индикатором.	Буферный раствор с индикатором.
ряд:			
Передн.			
ряд:	Испытуемая вода.	Дистиллиров. вода.	Испытуемая вода.

Сменяя пробирки с буферными растворами не трудно подыскать подходящий раствор, рН которого отвечает искомому.

Метод Michaelis'a не требует буферных растворов и имеет в своем основании другой принцип. В методе Михаэлиса пользуются одноцветными индикаторами, представляющими собой слабые кислоты, неокрашенные в недиссоциированном виде и окрашенные в диссоциированном. Интенсивность окраски поэтому пропорциональна количеству гидроксильных ионов и обратно пропорциональна количеству водородных ионов. Представляя индикаторную кислоту в виде HR, имеем

$$\frac{[H^+] \cdot [R']}{[HR]} = K$$

где K-константа диссоциации индикатора, $[H^+]$ концентрация водородных ионов среды, $[R']$ концентрации анионов, $[HR]$ недиссоциированных молекул.

Так как $\frac{[R']}{[HR]} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$, где α степень диссоциации индикатора, то имеем:

$$[H^+] = K \frac{1-\alpha}{\alpha}$$

или логарифмируя: $-\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{1-\alpha}{\alpha}$ или $\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{\alpha}{1-\alpha}$, где

pK —логарифм константы диссоциации индикатора без знака минус. По этой формуле, зная K или pK и степень диссоциации индикатора, можем определить к. в. и. среды. Так как диссоциация индикатора прямо пропорциональна интенсивности оттенка даваемой им в данной среде то, сравнивая интенсивность индикатора в данной среде и в 1/100 норм. щелочи, где индикатор диссоциирован целиком, мы из соотношения оттенков можем определить степень диссоциации. Практически действуют обратно: прибавляют к испытываемому раствору столько индикатора, чтобы получить оттенок, тождественный с оттенком индикатора в 0.02 норм. едком натре. Тогда отношение количества индикатора прибавленного к 0,02 норм. едкому натру к количеству индикатора, прибавленного к испытываемой среде „степень цветности“, выражает прямо величину диссоциации индикатора в испытываемой среде.

Индикаторы, употребляемые в методе Михаэлиса.

Название индикатора.	pK при 18°C.	pH .	Концентрация.
β -динитрофенол	3,69	2,2—4,0	Насыщен. водн. раствор.
α -динитрофенол	4,06	2,8—4,5	0,1 гр. в 200 к. с. воды.
γ -динитрофенол	5,15	4,0—5,5	0,1 гр. в 400 к. с. воды.
Паранитрофенол	7,18	5,2—7,0	0,1% водн. раствора.
Метанитрофенол	8,33	6,7—8,4	0,3% водн. раствора.
Фенолфталеин	9,73	8,5—10,0	0,04 гр. растп. в 70 с. с 90% спирта + 30 сс. воды.

Величина диссоциации для первых пяти индикаторов находится из соотношения цветности, и лишь для фенолфталеина, как многоосновной кислоты, существует эмпирически найденное отношение между степенью цветности и pH .

При определении к. в. и. в пресных и морских водах наиболее применимым индикатором является метанитрофенол. Принимая во внимание влияние на оттенок индикатора солености раствора и температурных колебаний, вышеуказанная формула в применении к пресным и морским водам принимает следующий вид:

$$pH = pK + S + \theta + \phi$$

где: pK —константа диссоциации метанитрофенола, равная при 18°C—8,33.

S —поправка на содержание хлористого натрия в воде.

% содержания NaCl	S
от 0 до 0,6% (пресн. вода)	0
3%	0,05
6%	0,10
17—35% (морская вода)	0,16

θ —температурная поправка. Температура измеряется в пробирке. Следует наблюдать за тем, чтобы температуры в пробирках с водой и с сравнительным раствором не отличались между собой больше чем на 2—3°C.

Температурные поправки φ .

Температура в °С.	β -динитро-фенол.	α -динитро-фенол.	γ -динитро-фенол.	Пара-нитро-фенол.	Мета-нитро-фенол.
0	+ 0,10	+ 0,10	+ 0,09	+ 0,21	+ 0,14
5	+ 0,07	+ 0,07	+ 0,06	+ 0,15	+ 0,10
10	+ 0,05	+ 0,05	+ 0,03	+ 0,09	+ 0,06
15	+ 0,02	+ 0,02	+ 0,01	+ 0,04	+ 0,02
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	- 0,01	- 0,01	- 0,01	- 0,02	- 0,02
25	- 0,04	- 0,04	- 0,04	- 0,08	- 0,06
30	- 0,07	- 0,07	- 0,06	- 0,14	- 0,11
35	- 0,10	- 0,10	- 0,08	- 0,20	- 0,15
40	- 0,13	- 0,13	- 0,09	- 0,25	- 0,18

φ —вышеуказанная логарифмическая функция:

$$\varphi = \log. \frac{\alpha}{1-\alpha} = \log. \frac{F}{1-F}$$

где F степень цветности—отношение количества индикатора прибавленного к 0,02 норм. NaNO к количеству индикатора, прибавленного к испытуемому раствору. Функция эта может быть найдена из ниже-следующей таблицы:

F	φ	F	φ	F	φ
0,01	- 2,00	0,12	- 0,87	0,23	- 0,52
0,02	- 1,70	0,13	- 0,83	0,24	- 0,50
0,03	- 1,51	0,14	- 0,79	0,25	- 0,48
0,04	- 1,38	0,15	- 0,75	0,26	- 0,45
0,05	- 1,28	0,16	- 0,72	0,27	- 0,43
0,06	- 1,20	0,17	- 0,69	0,28	- 0,41
0,07	- 1,12	0,18	- 0,66	0,29	- 0,39
0,08	- 1,06	0,19	- 0,63	0,30	- 0,37
0,09	- 1,00	0,20	- 0,60	0,35	- 0,27
0,10	- 0,95	0,21	- 0,56	0,40	- 0,18
0,11	- 0,91	0,22	- 0,55	0,50	- 0,00

Для фенолфталеина рН определяется для данной степени цветности из нижеследующей таблицы по Kolthoff'у.

F	pH	F	pH
0,0076	8,2	0,25	9,2
0,019	8,4	0,39	9,4
0,039	8,6	0,54	9,6
0,079	8,8	0,7	9,8
0,16	9,0		

Пресные „малобufferные“ воды могут изменять свою к. в. и уже от прибавки самого индикатора, поэтому рекомендуется прибавлять индикатор до очень слабого окрашивания. Методика определения следующая: к 10 к. с. испытуемой воды прибавляется из градуированной пипетки не разбавленного (0,3%) индикатора—для питьевых обычно m—нитрофенол—до слабого, но явственного окрашивания, точно замечая количество прибавленного индикатора. Далее в ряд пробирок прибавляют по 9 к. с. свежеприготовленного 0,02 н раствора NaOH и затем в каждую пробирку точно отмеренные возрастающие дозы разбавленного индикатора (0,03%), доводят объем в пробирках дистиллированной водой до объема испытуемой воды и находят пробирку равной по интенсивности окраски с испытуемой водой. Отношение концентрации индикатора в этой пробирке с 0,02 NaOH к концентрации индикатора в испытуемой воде и представляет степень цветности F по которой из таблицы определяют ф и далее рН. Пример. Взята вода Московского водопровода. Температура воды 12°С К испытуемой воде прибавлено 0,5 к. с. 0,3% метанитрофенола, одинаковый цвет имела пробирка с едким натром с прибавкой 0,07 к. с. неразбавленного (0,3%) m—нитрофенола. Степень цветности

$$F = \frac{0,07}{0,50} = 0,14$$

при F = 0,14, φ = -0,79

$$pH = pK + S + t + φ = 8,33 + 0 + 0,04 - 0,79 = 7,58$$

$$pH = 7,58$$

При отсутствии подходящих пробирок определения концентрации водородных ионов по способу Michaelis'a может быть произведено в Генеровских цилиндрах и колориметре Вольфа обычным колориметрическим способом. В один цилиндр наливается 100 к. с. 0,02 н раствора NaOH (в цилиндр Генера раствор может быть влит до высоты 25 сант.) и 0,03% раствора метанитрофенола до слабо желтого окрашивания (смотря сверху вниз), в другой цилиндр испытуемую воду и 0,03% раствора индикатора до несколько более интенсивного окрашивания, чем в цилиндре с штандартным раствором. Выпуская жидкость из цилиндра с испытуемой водой до совпадения оттенков, из соотношения высот находят степень цветности F и далее вычисляют согласно вышеуказанному¹⁾.

Метод Gillespie также как и метод Michaelis'a не требует буферных растворов и основан на том принципе, что при рассматри-

¹⁾ Для водопроводных вод, как слабо буферных, прибавка значительного количества индикатора может заметно изменить активную реакцию. Вследствие этого последнее видоизменение метода Michaelis'a дает более надежные результаты.

вании двух находящихся друг за другом пробирок с кислым и щелочным раствором индикатора при варьировании количества индикатора, находящегося в пробирке с кислым и щелочным раствором можно получить все переходные окраски индикатора. Если количество индикатора (10 капель) в пробирке с испытуемой водой будет равно количеству индикатора в обеих пробирках—с кислым и щелочным раствором, то всегда можно подобрать соотношение индикатора в кислом и щелочном растворе так, чтобы окраска была тождественна с окраской испытуемой воды. Так как окраска в паре пробирок с кислым и щелочным раствором при данном соотношении индикатора (числа капель) постоянна по каждому соотношению индикатора в кислом и щелочном растворе отвечает определенное значение рН. Сравнительные пробирки располагают в 2 ряда. Затем в пробирки одного ряда прибавляют по 1 капле (для тимольблау 2 капли) 0,2% раствора едкого натра, в пробирки другого ряда 0,05 п соляной кислоты (для крезолрога и тимолблау по 1 капле 2% раствора кислого фосфата KH_2PO_4) 0,05 п HCl притовляется с достаточной точностью разбавлением 1 к. с. крепкой соляной кислоты уд. в. 1,19 до 240 к. с. Далее в пробирки первого ряда вносят последовательно 1, 2, 3 . . . до 9 капель индикатора, в пробирки второго ряда 9, 8, 7 . . . и до 1 капли индикатора, так что в каждой паре пробирок заключается по 10 капель индикатора.

К испытуемой воде прибавляют 10 капель индикатора, в парную к ней пробирку наливают дистиллированную воду. Сравнение цветов удобно производить в компараторе.

Соотношение между количеством индикатора и рН дано в ниже-следующей таблице.

Отношение капель.	Бром фенол блау.	Метил рот.	Бром-крезол пурпур.	Бром-тимол- блау.	Фенол рот.	Крезол рот.	Тимол блау.
1 : 9	3,1	4,05	5,3	6,15	6,75	7,15	7,85
1,5 : 8,5	3,3	4,25	5,5	6,35	6,95	7,35	8,05
2 : 8	3,5	4,4	5,7	6,5	7,1	7,5	8,2
3 : 7	3,7	4,6	5,9	6,7	7,3	7,7	8,4
4 : 6	3,9	4,8	6,1	6,9	7,5	7,9	8,6
5 : 5	4,1	5,0	6,3	7,1	7,7	8,1	8,8
6 : 4	4,3	5,2	6,5	7,3	7,9	8,3	9,0
7 : 3	4,5	5,4	6,7	7,5	8,1	8,5	9,2
8 : 2	4,7	5,6	6,9	7,7	8,3	8,7	9,4
8,5 : 1,5	4,8	5,75	7,0	7,85	8,45	8,85	9,55
9 : 1	5,0	5,95	7,2	8,05	8,65	9,05	9,75
Кислая окраска вы- зывается.	1 к. с. 0,05п HCl		1 каплей 0,05.п HCl .				1 капля 2% KH_2PO_4 .

Gillespie ведет определение в пробирках $1,5 \times 15$ сант. подбирая их по диаметру, для чего в ряд пробирок наливается по 10 к. с. воды. Колебаниями в 3—4 м.м. в высоте столба жидкости можно пренебречь. Пробирки можно соединять попарно резиновыми кольцами, образующими вокруг пробирок по 2 восьмерки.

Метод Gillespie весьма прост и может быть использован санитарными лабораториями, не имеющими возможность готовить и электрометрически проверять буферные растворы по методу S. P. L. Sørensen'a.

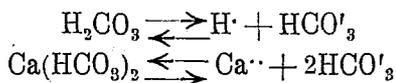
Литература по данному вопросу.

1. W. Mansfield Clark „The Determination of Hydrogen Ions“ Baltimore 1923.
2. L. Michaelis „Die Wasserstoffionenkonzentration“ Berlin 1922.
3. J. M. Kolthoff „Der Gebrauch von Farbenindikatoren“ Berlin 1926.
4. С. П. Скадовский и Е. Е. Успенский „Новые пути в сельском хозяйстве“. Изд. Новая деревня. 1923.
5. Пр. О. А. Вальтер „О значении и методах определения концентрации водородных ионов“ в „Успехах Биологической химии“ под редакцией акад. Омелянского. Ленинград вып. I, 1924.
6. Его же „Хингидронный электрод для определения концентрации водородных ионов“ в „Успехах Биологической Химии“, выпуск III, 1925.
7. М. Н. Домоптович „Определение концентрации водородных ионов“. Изд. Новый агроном. Москва, 1926.
8. В. В. Кудряшев. Определение активной кислотности электрометрическим методом. Москва 1925.
9. С. В. Бруевич „Хингидронный метод определения концентрации водородных ионов“ „Лабораторная практика“ № 8—9, 1926.

8. Углекислота.

Углекислота свободная, гидрокарбонатная, карбонатная (недостающая) и общая ¹⁾. Природные воды, заключающие в своем солевом составе гидрокарбонаты (бикарбонаты) кальция и магния, представляют собою природные буферные растворы, концентрация водородных ионов которых является функцией отношения свободной и гидрокарбонатной углекислоты в водах кислых на фенолфталеин и отношения карбонатной и гидрокарбонатной углекислоты в водах щелочных на фенолфталеин.

Воды кислые на фенолфталеин могут рассматриваться как содержащую свободную углекислоту CO_2 и ионы гидрокарбонатов, т.-е. двууглекислых солей (гл. образом кальция и магния, в редких случаях натрия).

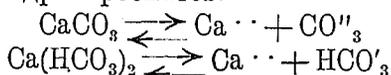


где знак стрелок указывает на равновесие между свободной углекислотой и продуктами ее электролитической диссоциации.

Воды щелочные на фенолфталеин могут рассматриваться как содержащие карбонатные ионы CO''_3 и гидрокарбонатные HCO'_3 , про-

1) В настоящей Инструкции старое подразделение форм углекислоты на связанную и полусвязанную углекислоту, ведущее свое начало от начального узко-эмпирического периода развития химии и не отвечающее современным воззрениям в области теории растворов заменено подразделением на углекислоту карбонатов (средних) и гидрокарбонатов (бикарбонатов). Тем не менее внедрившиеся в химический язык выражения „связанная углекислота“, отвечающая углекислоте карбонатов и половине гидрокарбонатов и „полусвязанная“ отвечающая половине углекислоты гидрокарбонатов в некоторых случаях практически удобны и из этих соображений употребляются в дальнейшем на ряду с вышеуказанной терминологией.

исходящие при электролитической диссоциации содержащихся в этих водах карбонатов и гидрокарбонатов.



Свободная углекислота связана с концентрацией водородных и гидрокарбонатных ионов следующим соотношением

$$[\text{CO}_2 \text{ оводбн.}] = \frac{[\text{H} \cdot] \cdot [\text{HCO}'_3]}{3.10^{-7}}$$

где $3.10^{-7} = K_1$ —первая константа диссоциации угольной кислоты, $[\text{H} \cdot]$ —концентрация водородных ионов и $[\text{HCO}'_3]$ —концентрация гидрокарбонатных ионов—выраженная в граммолекулах на литр (молях) и численно равная числу с. с. $\frac{1}{10}n$ HCl идущей на титрование 100 к. с. воды и умноженной на 10. Формула эта, пересчитанная на содержание свободной угольной кислоты в мгр. на литр принимает весьма простое выражение

$$\text{CO}_2 \text{ своб.} = 1,47 \cdot n \cdot 10^{8-\text{pH}}$$

где— n число с. с. $\frac{1}{10}n$ соляной кислоты, идущей на титрование 100 с. о. воды с метил-оранжем и представляющее концентрацию гидрокарбонатных ионов HCO'_3 выраженную в миллимолях („щелочность“).

Формула эта позволяет определить количество свободной углекислоты в воде из данной величины рН, определяемой почти мгновенно, и щелочности воды n .

В логарифмической форме связь молярных концентраций водородных, гидрокарбонатных и карбонатных ионов и свободной углекислоты может быть представлена следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{p}K_1 + \log [\text{HCO}'_3] - \log [\text{своб. CO}_2] \\ \text{pH} &= \text{p}K_2 - \log [\text{HCO}'_3] + \log [\text{CO}''_3] \end{aligned}$$

где $\text{p}K_1$ и $\text{p}K_2$ —логарифмы первой и второй константы диссоциации угольной кислоты без знака минус: $\text{p}K_1 = 6,5$ и $\text{p}K_2 = 10,3$.

Объемным способом свободная гидрокарбонатная, карбонатная и общая углекислота определяется следующим образом:

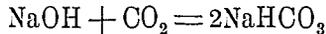
В склянку емкостью около 230 с. с., снабженную каучуковой или стеклянной притертой пробкой осторожно без перебалтывания вливают мерной колбой 200 с. с. исследуемой воды и прибавляют по 0,1 с. с. 1% спиртового раствора фенолфталеина на каждые 100 с. с. воды. При этом может быть 2 случая.

а) Вода остается бесцветной или окрашивается слабее штандарта. В этом случае вода содержит свободную угольную кислоту и гидрокарбонаты. Вода по прибавке фенолфталеина титруется $\frac{1}{10}n$ раствором NaHO, периодически закрывая склянку пробкой и побалтывая, до активной реакции $\text{pH} = 8,4$, отвечающей гидрокарбонатным растворам. Окраска, отвечающая $\text{pH} = 8,4$, получается при совпадении цвета титруемого раствора с цветом штандартного раствора, дающего $\frac{1}{50}^1$ максимальной окраски прибавляемого количества фе-

¹⁾ В таблице Michaelis'a соотношений между степенью цветности F и величиной рН для фенолфталеина при $\text{pH} = 8,45$ дано $F = 0,01$. Наблюдения Kolthoff'a дали несколько иные результаты и Kolthoff для $\text{pH} = 8,4$ дает $F = 0,019$, т.е. практически $F = \frac{1}{50}$, результат согласующийся и с наблюдениями Моск. Сан. Института (С. В. Бруевич). Вследствие этого при описании метода определения рН по Michaelis'у для фенолфталеина приведена таблица Kolthoff'a а не Michaelis'a.

нолфталенна или максимальной окраски $\frac{1}{50}$ количества прибавленного к воде индикатора.

200 с. с. стандарта готовятся следующим образом: 2 с. с. 1% спиртового раствора фенолфталеина разбавляют дистиллированной водой до 100 с. с. Далее в склянку такого же размера и образца как та, в которой ведут титрование свободной углекислоты, вливают 200 с. с. дистиллированной воды, прибавляют 0,5 с. с. 10% раствора едкого натра, взбалтывают и прибавляют 0,2 с. с. разбавленного ($\frac{1}{50}$ от 1%) раствора фенолфталеина. Приготовленный стандарт имеет ясный розовый цвет, отвечающий $pH = 8,4$, до совпадения с которым и ведут титрование. Склянка должна быть бесцветного стекла.



1 с. с. пошедшего на титрование NaOH отвечает 4,4 mgr. CO_2 свободной. Если на титрование с фенолфталеином пошло t с. с. $\frac{1}{10}$ п NaOH, то количество свободной CO_2 равно

$$t \times 4,4 \text{ mgr. } CO_2$$

После оттитрования свободной CO_2 с фенолфталеином к этому же раствору прибавляют 3 капли $1\frac{0}{100}$ метил-оранжа и титруют $\frac{1}{10}$ п соляной кислотой. Если число с. с. $\frac{1}{10}$ п соляной кислоты, пошедшей на титрование воды с метилоранжем после титрования воды с $\frac{1}{10}$ п равно T с. с., то количество гидрокарбонатной CO_2 в данном объеме равно

$$(T-t) \times 4,4 \text{ mgr. } CO_2$$

Общее количество CO_2 равно

$$T \times 4,4 \text{ mgr. } CO_2^1)$$

Титрование свободной CO_2 $\frac{1}{10}$ п раствором NaOH может быть заменено титрованием $\frac{1}{10}$ п раствором соды Na_2CO_3 . В этом случае если t —число с. с. $\frac{1}{10}$ п Na_2CO_3 , пошедшей на титрование свободной CO_2 , и T —число с. с. $\frac{1}{10}$ п HCl пошедшей на титрование с метилоранжем в той же пробе, то количество свободной углекислоты равно

$$t \times 2,2 \text{ mgr. } CO_2$$

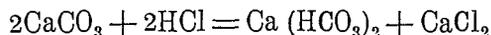
количество гидрокарбонатной углекислоты равно

$$(T-t) \times 4,4 \text{ mgr. } CO_2$$

Общее количество углекислоты свободной и гидрокарбонатной равно в этом случае ²⁾

$$(2T-t) \times 2,2 \text{ mgr. } CO_2$$

б) Вода при прибавлении фенолфталеина окрашивается в ясно-розовый или красный цвет выше стандартной окраски. В этом случае вода содержит гидрокарбонаты и карбонаты. Вода титруется $\frac{1}{10}$ п соляной кислотой до ослабления красного окрашивания до совпадения с вышеуказанной стандартной окраской. Пошло t с. с. $\frac{1}{10}$ п HCl. Затем к раствору прибавляют метил-оранж и продолжают титрование до нейтрального по метил-оранжу пункта—очень слабо розоватое окрашивание. Пошло вновь T с. с. $\frac{1}{10}$ п HCl. Тогда согласно уравнению



¹⁾ Пользуясь прежней терминологией, имеем содержание связанной углекислоты и равное ей содержание полусвязанной CO_2

$$(T-t) \times 2,2 \text{ mgr. } CO_2$$

²⁾ Содержание связанной и равное ей количество полусвязанной углекислоты

$$(T-t) \times 2,2 \text{ mgr. } CO_2$$

Количество углекислоты карбонатов в данном объеме равно $t \times 4,4$ мгр. CO_2 .

Так как количество карбонатной угольной кислоты в точности равно количеству свободной угольной кислоты, нехватаящей в растворе до образования гидрокарбонатов, то углекислота карбонатов может быть названа недостающей угольной кислотой. В водах открытых водоемов это количество равно угольной кислоте, биологически потребленной после наступления гидрокарбонатного пункта — $\text{pH} = 8,4$.

Количество гидрокарбонатной углекислоты

$$(T-t) \times 4,4 \text{ мгр. } \text{CO}_2$$

Общее количество углекислоты равно

$$T \times 4,4 \text{ мгр. } \text{CO}_2.$$

Количество свободной угольной кислоты или углекислоты карбонатов, определенное титрованием, является надежным лишь тогда, когда реакция воды не слишком приближается к $\text{pH} = 8,4$.

В противном случае при определении свободной угольной кислоты следует делать поправку на гидролиз гидрокарбонатов.

Согласно Kolthoff'у в тех случаях, когда молярная концентрация HCO'_3 ионов превышает молярную концентрацию свободной угольной кислоты более чем в 10 раз, следует вводить следующую поправку

$$[\text{CO}_2] = b + a \cdot 1,2 \times 10^{-2}$$

$$[\text{HCO}'_3] = 0,988a$$

где b —молярная концентрация CO_2 своб. найд. титрованием

где a — $\frac{[\text{CO}_2]}{[\text{HCO}'_3]}$
 Величины $[\text{CO}_2]$ и $[\text{HCO}'_3]$ представляют исправленные значения свободной и гидрокарбонатной углекислоты.

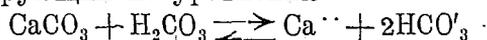
Подставив эти исправленные значения в вышеприведенные формулы зависимости свободной гидрокарбонатной углекислоты и концентрации водородных ионов, можно последнюю величину определить вычислением из данных CO_2 своб. и HCO'_3 .

9. Агрессивная углекислота.

Согласно исследованиям, главным образом Heuer'a, Auerbach'a, Tillmanns'a и Heublein'a, и Kolthoff'a, не вся свободная углекислота, находящаяся в воде, обладает одинаковой степенью активности.

Часть ее, находящаяся в непосредственном равновесии с диссоциирующим гидрокарбонатом кальция, не обладает способностью растворять новое количество среднего карбоната кальция. Агрессивной является лишь углекислота, избыточная по отношению к этой инактивной равновесной углекислоте. Теория равновесной и агрессивной углекислоты сводится в основных чертах к следующему.

Свободная углекислота, находящаяся в растворе в соприкосновении с избытком среднего карбоната кальция, дает гидрокарбонат кальция, диссоциирующий по уравнению



По закону действия масс отсюда имеем постоянное отношение

$$\frac{[\text{Ca}^{++}] \cdot [\text{HCO}'_3]^2}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = K_1$$

так как $[\text{CaCO}_3] = \text{const.}$

Принимая в случае системы—чистый углекислый кальций и углекислота свободная

$$[\text{Ca}^{++}] = \frac{1}{2} [\text{HCO}'_3]$$

имеем после подстановки

$$\frac{[\text{HCO}'_3]^3}{K_1} = [\text{CO}_2 \text{ своб.}]$$

или заменяя молярные концентрации выражением в миллиграммах на литр связанной (равной в данном случае половине гидрокарбонатной CO_2) и свободной CO_2 , имеем согласно F. Auerbach'у

$$\left(\frac{\text{связанная } \text{CO}_2}{K} \right)^3 = \text{свободной } \text{CO}_2$$

Проделанные Tillmanns'ом и Heublein'ом весьма тщательные экспериментальные наблюдения показали близкое согласие формулы Auerbach'a с опытом. Коэффициент K равен в этом случае 34.

Таким образом определенному содержанию связанной угольной кислоты отвечает определенное количество свободной кислоты для поддержания равновесия между HCO'_3 и CO_2 свободной. Если содержание CO_2 своб. в растворе будет меньше равновесной, то система оказывается неустойчивой, стремящейся к выделению свободного среднего карбоната; если содержание свободной уголекислоты больше равновесной, то избыточная угольная кислота будет стремиться растворять карбонат кальция (бетонные водоводы, трубы, хранилища воды) до наступления равновесия. Вычисление агрессивной угольной кислоты из данных связанной и свободной CO_2 может быть произведено по таблице или кривой Tillmanns'a и Heublein'a.

В левом столбце каждой графы дано содержание связанной уголекислоты в мгр. на литр, в правом свободной. Связанная уголекислота определяется титрованием 100 с.с. воды $\frac{1}{10}$ n HCl с метилоранжем до нейтральной реакции. Число к. с. умноженное на 22 дает содержание связанной CO_2 в мгр. на литр. Содержание свободной CO_2 определяется согласно вышесказанному титрованием 200 с.с. воды с фенолфталеином.

Подсчет по таблице ведется следующим образом:

Пример: Содержание связанной CO_2 —80 мгр. на литр, свободной 50 мгр. Из таблицы находим, что 80 мгр. связанной уголекислоты отвечают 11,5 мгр. свободной. Следовательно, имеем наличие агрессивной уголекислоты. При растворении под действием агрессивной CO_2 среднего карбоната количество связанной уголекислоты очевидно настолько же возрастает, насколько количество свободной—понижается, пока наконец не наступит равновесие. В момент равновесия увеличение связанной CO_2 плюс равновесная CO_2 должно быть равно исходному количеству свободной CO_2 . В нашем примере, подыскивая различные сочетания между связанной и равновесной CO_2 доходим до содержания связанной $\text{CO}_2 = 102,5$ и равновесной равной 27,3.

В этом случае увеличение связанной $\text{CO}_2 = 22,5$ плюс равновесная уголекислота $= 22,5 + 27,3 = 49,3$ мгр., т.е. весьма близко подходит к исходной величине 50 мгр. свободной CO_2 . Следовательно, содержание агрессивной CO_2 равно 22,5 мгр. на литр. Такое вычисление агрессивной уголекислоты по таблице Tillmanns'a и Heublein'a является правильным, когда содержание связанной уголекислоты (соответственно-гидрокарбонатной) не слишком отличается от количества эквивалентного, имеющемуся в растворе кальцию. В противном случае, когда значительная часть связанной уголекислоты падает на на другие катионы (Mg и Na), такое вычисление является весьма неточным и в этом случае следует предпочесть прямое экспериментальное определение агрессивной уголекислоты по Neuber'у. В склянку, емкостью около 400—500 с.с. всыпают 3—5 грамма мелко измель-

ченного порошка мрамора и часто и энергично взбалтывают в течение 3—4 дней. Разница в количестве связанной углекислоты, опре-

Таблица для определения агрессивной углекислоты

J. Tillmanns'a и O. Heublein'a.

Связанная углекислота (половина бикарбонатной углекислоты) и свободная углекислота равновесия.

Связанная CO ₂ мгр./литр.	Свободная CO ₂ мгр./литр.	Связанная CO ₂ мгр./литр.	Свободная CO ₂ мгр./литр.	Связанная CO ₂ мгр./литр.	Свободная CO ₂ мгр./литр.
5,06	0	75	9,25	137,5	72,3
15	0,25	77,5	10,4	140	76,4
17,5	0,4	80	11,5	142,5	80,5
20	0,5	82,5	12,3	145	85
22,5	0,6	85	14,1	147,5	89,1
25	0,75	87,5	15,6	150	93,5
27,5	0,9	90	17,2	152,5	98
30,0	1,0	92,5	19	155	103
32,5	1,2	95	20,75	157,5	107,5
35	1,4	97,5	22,75	160	112,5
37,5	1,6	100	25	162,5	117,5
40	1,75	102,5	27,3	165	122,5
42,5	2,1	105	29,5	167,5	127,6
45	2,4	107,5	32,3	170	132,9
47,5	2,7	110	35	172,5	138
50,0	3,0	112,5	37,8	175	143,8
52,5	3,5	115	40,75	177,5	149,1
55	3,9	117,5	43,8	180	154,5
57,5	4,25	120	47	182,5	160
60,0	4,8	122,5	50,2	185	165,5
62,5	5,25	125	54	187,5	171
65	6,0	127,5	57,4	190	176,6
67,5	6,75	130	61	192,5	182,3
70	7,5	132,5	64,7	195	188
72,5	8,3	135	68,5	200	199,5

деленной в данной пробе и непосредственно в испытуемой воде дает прямо количество агрессивной углекислоты.

Для случаев, когда количество кальция и связанной углекислоты не эквивалентны, I. M. Kolthoff'ом даны специальные таблицы и диаграммы для определения агрессивной углекислоты вычислением.

Л и т е р а т у р а :

- J. Tillmanns und O. Heublein „Gesundheits Ingenieur“ 1912 т. 35, стр. 669.
I. M. Kolthoff Zeitschr. f. Unt. d. Nahr. und Genussmittel 1922, Bd. 43 Heft 5.
P. Lehmann und A. Reuss Z. f. Unt. d. Nahr. und Genussm. 1923, Bd. 45 Heft 5.
J. Tillmanns J. f. Gas und Wasserversorg. 1913 № 16, стр. 371.
J. Tillmanns und B. Klarman Z. f. Angem. Ch. 1923, №№ 12, 13, 14, 15.

10. Щелочность титримая.

100 с.с. испытуемой воды плюс 3 капли 1% метилоранжа титруются $\frac{1}{10}$ п соляной кислотой до переходного (очень слабо розоватого) оттенка. Последнее число кубиков и выражает величину щелочности воды—число с.с. $\frac{1}{1}$ п HCl на литр воды.

В природных водах величина щелочности зависит от наличия гидрокарбонатов кальция и магния.

11. Кислотность титримая.

а) По метил-оранжу: 100 с.с. воды, показывающей на метилоранж кислую реакцию титруется $\frac{1}{10}$ п NaOH до нейтральной реакции. Число с.с. непосредственно дает величину кислотности, выраженную в с.с. $\frac{1}{1}$ п щелочи на литр воды. Кислотность по метилоранжу выражает содержание в воде сильных минеральных кислот.

б) По фенолфталеину: 200 с.с. воды титруется $\frac{1}{10}$ п NaOH как при определении угольной кислоты с прибавкой 0,1 с.с. 1% фенолфталеина до совпадения с цветом штандартного раствора. Результат титрования, разделенный на 2, дает выражение кислотности по фенолфталеину в с.с. $\frac{1}{1}$ п щелочи на литр.

Определение производится в загрязненных водах, содержащих кроме свободной угольной кислоты и другие слабые кислоты (органические).

12. Ж е с т к о с т ь .

Жесткость общая и карбонатная. Жесткость определяется в немецких градусах.

$1^{\circ} = 0,010$ гр. окиси кальция на литр.

Окись магния пересчитывается на окись кальция

$$0,014 \text{ гр. MgO} = 0,010 \text{ гр. CaO} = 1^{\circ}.$$

Под карбонатной жесткостью разумеется кальций и магний гидрокарбонатов и карбонатов, пересчитанные на окись кальция и выраженные в немецких градусах.

При производстве весового анализа отдельного определения жесткости не производится и общая жесткость определяется вычислением по найденному содержанию окиси кальция и магния.

При отсутствии определения CaO и MgO общая жесткость определяется по Б л а х е р у вместе с определением карбонатной жесткости следующим образом.

К 100 с.с. воды (вода жесткостью выше 30° соответственно разбавляется дистиллированной водой), находящейся в склянке бесцветного стекла, емкостью около 130 с.с., снабженной резиновой пробкой, прибавляют 2 капли 1‰ метилоранжа и титруют для определения карбонатной жесткости $\frac{1}{10}$ норм. соляной кислотой до очень слабого розового цвета. Число с.с. $\frac{1}{10}$ норм. соляной кислоты умноженное на 2,8 дает карбонатную жесткость в немецких градусах.

Далее раствор продувается воздухом через стеклянную трубку, соединенную с ручной каучуковой грушей в течение 3 минут. Остаток свободной угольной кислоты после прибавки 0,5 с.с. 1% фенолфталеина нейтрализуется прибавкой $\frac{1}{10}$ норм. едкого натра (предпочтительно, но не необходимо спиртовым раствором) до устойчивого слабо-розового окрашивания. Далее, подготовленный таким образом нейтральный по фенолфталеину раствор титруют $\frac{1}{10}$ норм. спирто-глицериновым раствором пальмитиновокислого калия до сильного розово-красного окрашивания.

При титровании раствор, периодически закрывая склянку пробкой, побалтывают.

Число с.с. пальмитиновокислого калия, пошедшего на титрование, умноженное на 2,8 дает общую жесткость.

Железо и марганец определению не мешают, так как выпадают из раствора при нейтрализации с фенолфталеином.

Титр пальмитиновокислого калия устанавливается титрованием 25 с.с. $\frac{1}{10}$ норм. раствора хлористого бария (12,22 гр. $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ на литр) или азотнокислого бария (13,07 гр. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ на литр), доведенного дистиллированной водой до объема 100 с.с. после предварительной нейтрализации раствора с фенолфталеином согласно вышеуказанному.

Отношение числа с.с. взятого для титрования хлористого бария к числу с.с. пошедшего на титрование раствора пальмитата отвечает поправочному коэффициенту пальмитата.

Раствор калиум-пальмитата ¹⁾ готовится следующим образом:

29,4 гр. чистого пальмитиновокислого калия растворяются в литровой колбе при нагревании на водяной бане в 400—500 с.с. 96° ректификованного спирта, добавляется 400 с.с. чистого нейтрального глицерина, охлаждается до 15° , доводится до 1.000 с.с. ректификованным спиртом.

Приготовление из пальмитиновой кислоты: 25,6 гр. чистой пальмитиновой кислоты растворяют в литровой колбе в 350—400 с.с. 96° ректификованного спирта при нагревании на водяной бане, прибавляют 400 с.с. нейтрального глицерина и горячий раствор титруют 10% спиртовым раствором едкого кали до появления розового окрашивания и оставляют в колбе на 24 часа. По истечении этого срока к обесцветившейся смеси еще прибавляют едкого кали до появления розовой окраски и доливают 96° спиртом до литра. При отсутствии пальмитиновокислого калия определение жесткости производится по методу Варта-Пфейфера.

После определения карбонатной жесткости производимого, как указано выше, к раствору прибавляют 20 с.с. смеси Варта-Пфейфера (равные объемы $\frac{1}{10}$ норм. NaHO и $\frac{1}{10}$ норм. Na_2CO_3), кипятят 3 минуты, переливают в измерительную колбу на 200 с.с. и охладив в струе воды до комнатной температуры, доводят до метки дистиллированной водой, отфильтровывают несколько больше половины, берут

¹⁾ Изготавливается фирмой С. А. F. Kahlbaum, Berlin и E. Merk, Darmstadt.

из этого количества 100 с.с. пипеткой и титруют $\frac{1}{10}$ норм. HCl до слабо-розового цвета.

Если было взято 100 с.с. воды, прибавлено 20 с.с. смеси Варта-Пфейфера (при жестких водах следует количество прибавляемой смеси соответственно увеличивать) и на обратное титрование 100 с.с. разбавленного вдвое раствора пошло п.с. соляной кислоты, то общая жесткость равна $(20-2 \text{ п}) \times 2,8$ градусов.

Жесткость устранимая и постоянная. Устранимой жесткостью называется та часть карбонатной жесткости (щелочности), на которую первоначальная карбонатная жесткость уменьшается в процессе кипячения воды, и определяется по разности щелочностей сырой и прокипяченной воды.

Определение карбонатной жесткости сырой воды дано выше.

Определение карбонатной жесткости (щелочности) прокипяченной воды производится следующим образом, В $\frac{3}{4}$ литровой колбе кипятят с обратным холодильником в течение 1 часа около $\frac{1}{2}$ литра исследуемой воды. По окончании кипячения колбу быстро охлаждают под током холодной воды и отфильтровывают через промытый и высушенный фильтр около 250 с.с., из которых отмеривают 200 к.с., прибавляют 2—5 капель метилоранжа и титруют 0,1 норм. HCl. Перечисляя щелочность кипяченной воды на немецкие градусы жесткости и вычитая их из градусов карбонатной жесткости сырой воды, получают величину устранимой жесткости в немецких градусах. Причина уменьшения общей жесткости при кипении заключается в выпадении в нерастворимом состоянии в виде накипи карбоната кальция (с примесью магния), образующегося в результате распада бикарбоната кальция вследствие удаления из воды при кипячении растворенной свободной и освобождающейся в процессе диссоциации бикарбонатов углекислоты. При кипячении устраняется, выпадая в виде нерастворимого карбоната кальция, преимущественно та часть карбонатной жесткости, которая состояла из бикарбоната кальция, так как CaCO_3 гораздо менее растворим в отсутствии свободной CO_2 (в 1 литре растворимо около 16 мгр. CaCO_3 , что отвечает 0,9 нем. градусов жесткости), чем сравнительно легко растворимый MgCO_3 (в 1 литре при обыкновенной температуре растворимо около 1000 мгр. MgCO_3 , что отвечает 66,5 нем. градус. жесткости). Таким образом, величина устранимой жесткости дает представление о содержании в воде CaO в форме бикарбоната, тогда как по величине карбонатной жесткости (щелочности) прокипяченной воде в большинстве случаев ¹⁾ можно судить о содержании в воде MgO в форме бикарбоната.

13. Взвешенные вещества.

а) Взвешенные вещества при 105° С определяются прямым путем—фильтрованием воды через высушенный до постоянного веса при 105 С тигель Гуча, сушкой при 105 С до постоянного веса и взвешиванием.

¹⁾ В природных водах, особенно в артезианских на ряду с бикарбонатами щелочных земель могут присутствовать также бикарбонаты щелочей (гл. обр. NaHCO_3), так что щелочность прокипяченной воды, на ряду с карбонатами магния, может обуславливаться в таких случаях и карбонатами щелочей, почему пересчет щелочности в градусы жесткости имеет несколько условный характер. При сопоставлении всех видов жесткости выявление „преувеличенной величины“ карбонатной жесткости сырой и кипяченной воды дает ценные указания на присутствие бикарбонатов щелочей.

б) Взвешенные вещества прокаленные определяются из разности в весе тигля Гуча до отфильтрования взвешенных веществ, высушенных при 105° С, и после прокаливания до полного сжигания органической части взвешенных веществ. Если определяется только зола взвешенных веществ, то вода фильтруется через обыкновенный бумажный фильтр, последний высушивается и сжигается.

Потеря при прокаливании—определяется из разности взвешенных веществ и золы взвешенных веществ.

14. Плотный остаток фильтрованной воды при 110° С.

Для обычных, не слишком минерализованных вод, определяется упариванием в платиновой чашке 500 к.с. профильтрованной воды на водяной бане. Сушка при 110° в течение 3 часов.

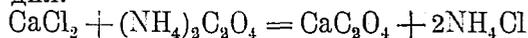
При наличии сульфатов свыше 50 mgr. на литр требуется при выпаривании добавка 100 mgr. химически чистой углекислой соды растворенной в 10 к.с. дистиллированной воды.

При этом сульфаты щелочных земель переходят в карбонаты, а образовавшийся сульфат натрия при высушивании при 110° отдает сполна свою кристаллизационную воду.

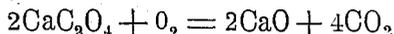
15. Окись кальция.

Для определения в воде CaO и MgO, обуславливающих общую жесткость, отмеривают 500 к.с. исследуемой воды, подкисляют 0,5 к.с. крепкой HCl уд. в. 1,12, прибавляют каплю метилоранжа и выпаривают в стакане до объема 50 к.с.

После выпаривания к остывшей воде прибавляют по каплям 25% аммиака до слабо щелочной реакции, наступление которой узнается по переходу в желтый цвет розовой окраски метилоранжа; неосторожного избытка NH₃ следует избегать в виду возможности выпадения в осадок некоторого количества Mg(OH)₂. Аммиак, приливаемый по каплям для осаждения гидратов окисей железа и алюминия, соединяясь с свободной HCl образует соль NH₄Cl, необходимую как для полноты осаждения Al(OH)₃, так и для удержания соли магния в растворе. После прибавления NH₃ стакан с исследуемой водой нагревают до кипения для ускорения выпадения в осадок образовавшихся гидроокисей железа и алюминия; их отфильтровывают, промывают несколько раз горячей водой и к нагретому до кипения фильтрату прибавляют из пипетки, просовывая ее кончиком через носик под часовое стекло, закрывающее стакан для предохранения от разбрызгивания кипящей жидкости, 10 куб. еант. горячего раствора щавелевокислого аммония (60 гр. в литре). После осаждения щавелевокислого кальция стакан продолжают нагревать на слабом пламени около 3 часов и затем оставляют стоять (лучше в прохладном месте) до следующего дня.



На следующий день осадок отфильтровывают, промывают теплой водой (для уменьшения потерь от растворения CaC₂O₄ к воде полезно прибавлять щавелевокислого аммония 1 к. с. на 100 к.с. H₂O), слегка подсушивают и еще во влажном состоянии сжигают и прокаливают с фильтром во взвешенном Pt—тигле в продолжение 1/2—1 часа и затем повторно взвешивают до постоянного веса. При прокаливании CaC₂O₄ превращается в CaO:



За вычетом веса золы фильтра получают вес CaO во взятом для исследования (500 к. с.) объеме воды. Содержание CaO выражается в миллиграммах на литр воды.

При значительном содержании магниезных солей и в случаях, требующих большой точности, определение окиси кальция требует повторного осаждения для рафинирования, для чего осадок щавелевокислого кальция растворяют на фильтре небольшим количеством горячей разбавленной соляной кислоты, промывают фильтр и фильтрат, нейтрализовав аммиаком, снова осаждают щавелевокислым аммонием.

16. Окись магния.

Фильтрат после отделения кальция подкисляют несколькими каплями соляной кислоты и упаривают до объема около 100 куб. сант. Далее к кипящему раствору прибавляют 10 с. с. фосфорно-кислого натр-аммония¹⁾ и приливают одну треть объема 10% аммиака и дают стоять до следующего дня, фильтруют и промывают 3% аммиаком. Желательно, особенно, при наличии больших количеств натрия и калия, растворение осадка на фильтре небольшим количеством разбавленной соляной кислоты и повторное осаждение магния аммиаком и несколькими каплями раствора фосфорнокислого натр-аммония. Осадок прокаливают и взвешивают в виде пирофосфата магния.

Помножением веса пирофосфата магния $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ на 0,3621 получается вес окиси магния MgO . Для перечисления на металлический магний Mg вес $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ помножается на 0,2184.

17. Окись натрия Na_2O и окись калия K_2O .

Выпаривают досуха в платиновой чашке 1—5 литров исследуемой просы. Прокаливают для разрушения органических веществ. Наполняют чашку на высоту осадка дистиллированной водой, подкисляют соляной кислотой и снова выпаривают досуха, смачивают разбавленной соляной кислотой и выпаривают досуха. Прибавляют несколько капель разбавленной соляной кислоты, выщелачивают горячей водой и фильтруют. К освобожденному от SiO_2 фильтрату прибавляют в небольшом избытке горячий раствор хлористого бария. Время от времени покручивая стакан, нагревают с полчаса, пока осадок при взмучивании не делается быстро оседающим. Фильтрат от сернокислого бария выпаривают до суха, прокаливают для удаления возможных следов аммиака, приливают 25—100 к. с. воды и в небольшом избытке насыщенного раствора едкого барита и нагревают до кипения. После отстаивания фильтруют, промывая осадок горячей водой. К фильтрату прибавляют аммиака и углекислого аммония, нагревают на водяной бане до выпадения карбонатов кальция и бария и до осветления жидкости над осадком. Фильтрат выпаривают до суха, слегка прокаливают для удаления аммонийных солей. Выщелачивают через фильтр несколькими к. с. воды. Повторяют обработку аммиаком и углекислым аммонием с последующими операциями до тех пор, пока не перестанет выделяться осадок от прибавки реактивов. Окончательный фильтрат подкисляют соляной кислотой и выпаривают досуха в платиновой чашке. Осторожно нагревают для удаления аммонийных солей, под конец доведя прокаливание почти до красна. По охлаждении взвешивают. Растворяют хлориды натрия и калия, фильтруют через маленький фильтр и промывают. Сжигают

¹⁾ Насыщенный раствор.

фильтр в платиновой чашке и по охлаждении взвешивают. Разность между обоими взвешиваниями составляет вес хлоридов натрия и калия.

а) Для отделения калия к раствору хлоридов щелочей прибавляют несколько капель разбавленной серной кислоты (1:3) и по 1 с. с. 10% хлорной платины (PtCl_4) на каждые 30 мгр. смеси хлоридов. Упаривают до густоты сиропа, снимают чашку с бани и дают высохнуть досуха при комнатной температуре. Остывший остаток обрабатывают 80% винным спиртом и фильтруют. Осадок промывают 80% спиртом, пока фильтрат не сделается совершенно бесцветным. Осадок сушат и растворяют в горячей воде. Раствор выпаривают досуха в платиновой чашке и взвешивают K_2PtCl_6 . Вес хлороплатината K_2PtCl_6 умножается:

на 0,1937 для перечисления на окись калия K_2O ,

на 0,1609 для перечисления на калий К и

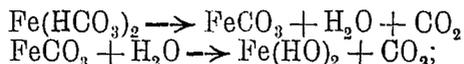
на 0,3067 для перечисления на хлорид калия KCl .

б) К раствору хлоридов натрия и калия прибавляют несколько капель разбавленной соляной кислоты (1:3). Прибавляют раствора хлороплатиновой кислоты (H_2PtCl_6) в небольшом избытке, достаточном для полного осаждения наличного калия и выпаривают раствор на паровой бане, до густоты сиропа, т.е. до затвердевания при остывании. Смачивают остывший остаток малым количеством спирта не слабее 80%, перетирают хорошенько стеклянной палочкой с утолщенным в виде пестика концом и оставляют стоять с полчаса. При избытке прибавленного раствора хлороплатиновой кислоты алкогольный раствор должен быть окрашенным. Жидкость сливают через маленький фильтр и перед новым прибавлением спирта снова перетирают остаток пестиком. Промывку декантацией малыми порциями спирта продолжают до тех пор, пока промывной спирт не станет бесцветным. Обычно достаточно 3—4 промывок. Осадок переносят на фильтр и промывают 2—3 раза спиртом. Растворяют осадок в горячей воде, промывая фильтр в подходящей емкости стакан. К горячему раствору прибавляют около 1 с. с. крепкой соляной кислоты и около 0,5 гр. магниевой ленты, предварительно промытой в воде, на каждые 0,2 гр. наличной платины, потряхивая стакан и придерживая магнием стеклянной палочкой на дне. По окончании растворения магния прибавляют несколько кубиков разбавленной соляной кислоты и дают осесть выделившейся платине. При полном восстановлении жидкость над осадком должна быть совершенно светлой и бесцветной, как вода. Для верности прибавляют еще магния, отчего раствор должен потемнеть, если восстановление было неполным. Затем прибавляют крепкой соляной кислоты и кипятят для растворения возможных основных солей, фильтруют, промывают горячей водой, сжигают и взвешивают. При помножении веса платины на 0,4827 — получается вес окиси калия K_2O , на 0,4006 — вес калия К; на 0,7639 — вес хлорида калия KCl . Содержание натрия определяется из разности между весом суммы хлоридов калия и натрия и весом хлорида калия. При помножении веса хлорида на 0,5303 получается вес окиси натрия Na_2O .

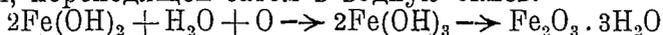
18. Железо.

В артезианских и грунтовых водах железо присутствует почти исключительно в форме бикарбоната закиси $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, которая, выходя с водами подземного стока на дневную поверхность и попадая в открытые водоемы, под влиянием потери поверхностной водой сво-

бодной углекислоты вследствие ничтожного парциального ее давления в атмосферном воздухе, распадается и гидролизнурует, в меру усиливающейся щелочности реакции, с постепенной отдачей всей углекислоты:



Затем под действием растворенного кислорода происходит окисление закиси в окись, которая сначала принимает коллоидальную форму гидроокиси, переходящей затем в водную окись:



Гуминовые вещества цветности воды и другие органические соединения, не говоря уже о живом веществе планктонных организмов, оказывают защитное действие на небольшие количества коллоидальной гидроокиси железа, образуя отчасти комплексные соединения, так что в воде открытых водоемов железо обычно находится в некотором динамическом равновесии разнообразных форм своего химического и физико-химического бытия: от распадающегося бикарбоната закиси, коллоидальных гидрозакиси и гидроокиси, от сложных комплексов с живым и мертвым органическим веществом до грубой взвеси коагулировавшей водной окиси. Биохимические процессы донных отложений стоячих водоемов и отчасти бочагов и плесов рек, служа источником регенерации закисных соединений железа, вносят заметное оживление в динамику смены форм соединений железа, но не меняют общей схемы этих изменений. К сожалению мы не владем методикой, которая позволила бы количественное определение железа детализировать по многообразным формам его соединений.

Р е а к т и в ы.

а) Стандартный раствор железа. Растворяют 0,7038 гр. кристаллической аммонийно-серно-кислой соли закиси железа $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в 50 к. с. дистиллированной воды с прибавкой 20 к. с. разбавленной серной кислоты. Нагревают и прибавляют раствора перманганата калия до полного окисления железа. Разбавляют до 1 литра. 1 с. с. содержит 0,1 mgr. Fe^{+++} .

Или растворяют 0,8636 гр. железно-аммонийных квасцов $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, подкисляют 10 с. с. крепкой серной кислоты и разбавляют до 1 литра. 1 к. с. содержит 0,1 mgr. Fe^{+++} .

б) Роданистый калий или аммоний. 225 гр. роданида растворяют в 125 с. с. дистиллированной воды.

в) Крепкая соляная кислота уд. в. 1,12—свободная от железа.

г) Насыщенный раствор хлората калия (Вертолетова соль).

Общее содержание железа в воде определяется следующим образом: К 50 с. с. исследуемой воды прибавляют 2 с. с. крепкой HCl уд. в. 1, 12 и 1 с. с., насыщенного раствора KClO_3 , *) поочередно нагревают в кипящей водяной бане 15 минут; после охлаждения до комнатной температуры окисленную таким образом воду переливают в колориметрический цилиндр, прибавляют 1 с. с. крепкого раствора роданистого калия, или аммония KCNS или NH_4CNS (225 гр. роданида + 125 с. с. дистил. воды) и, если нужно, доливают дистиллированной водой до метки 50 к. с.

*) Окисление бертолетовой солью м. б. заменено окислением перекислого водорода: к 50 с. с. исследуемой воды по прибавке соляной или серной кислоты прибавляют 5 капель 3% перекиси водорода и взбалтывают. Окисление протекает почти мгновенно перекись водорода д. б. не разложившейся и не содержащей железа.

Образующийся роданид окиси железа: $\text{FeCl}_3 + 3\text{KCNS} = 3\text{KCl} + \text{Fe}(\text{CNS})_3$ окрашивает воду в красный цвет (от бледно-кирпично-красноватого до темно вишнево-красного).

После этого в одинаковый цилиндр с дистиллированной водой приливают также 2 с. с. крепкий HCl и 1 с. с. KCNS, доводят до метки 50 с. с. и затем малыми порциями по стенке, постепенно помешивая вращательным движением цилиндра в левой руке, из пипетки в 1 с. с. с делениями на 0,01, держа ее лишь слегка наклонно в правой руке, прибавляют титрованный раствор сернокислой окиси железа $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (слегка подкисленной для предупреждения гидролиза), каждый куб. сант. которого соответствует 1,0 mgr. Fe^{++} в случае значительного содержания железа в исследуемой воде или 0,1 mgr. Fe^{++} в случае ничтожного содержания железа, о чем судят по густоте окраски после прибавления роданида, до тех пор, пока интенсивность окраски в титруемом цилиндре не совпадет с окраской цилиндра с исследуемой водой.

По отсчету на градуированной пипетке определяют количество раствора $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, пошедшее на титруемую окраску, и, зная титр раствора $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, вычисляют содержание железа в литре исследуемой воды.

HCl прибавляется в некотором подавляющем избытке, чтобы парализовать влияние на степень окраски роданида железа некоторой разницы в кислотности дистиллированной и исследуемой природной воды, нейтрализующей часть кислоты щелочным резервом своих бикарбонатов.

Окись железа. Наличное к моменту взятия пробы содержание в воде окиси железа определяется с соблюдением всей вышеописанной титровально-колориметрической методики, за исключением прибавки бертолетовой соли и нагревания с целью окислить закись железа и отчасти органические вещества.

Закись железа, вычисляется по разности из двух вышеописанных определений общего количества железа и содержания наличной окиси.

При выражении результатов определения железа в количествах элементарного железа, содержание закисного Fe^{++} равняется прямой разности: $\text{Fe}(\text{все}) - \text{Fe}^{++}(\text{окись}) = \text{Fe}^{++}(\text{закись})$.

При выражении результатов в виде окиси содержание закиси

$$\text{FeO} = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{все}) - \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{окись}) \times 71,84 \times 2}{159,68}$$

т.-е. разности Fe_2O_3 , помноженной на коэффициент эквивалентности— 0,8995 или с округлением на 0,9.

Несмотря на значительную чувствительность пзложенного способа, позволяющего без концентрирования выпариванием определять непосредственно содержание железа в 0,02—0,04 mgr. Fe_2O_3 в литре воды, существенным недостатком его является перевод в раствор железа мелкой минерально-илистой взвеси, чему, повидимому, следует приписать повышения в содержании железа в воде рек во времена весенних паводков, когда вода содержит много мельчайших частичек трудно оседающей мути, которая не вполне задерживается бумажным фильтром. Для освобождения от мути, вероятно, следовало бы подвергать воду предварительному центрофугированию.

19. Окись алюминия Al_2O_3 .

К солянокислому раствору осажденных при определении кальция окисей алюминия и железа прибавляют до сильно щелочной реакции раствора чистого едкого натра или кали, свободного от алюминия. Поверочная проба на чистоту взятой щелочи: к слабому раствору едкого кали прибавляется хлористого аммония, раствор кипит до исчезновения аммиака, при чем не должно появляться осадка гидроокси алюминия. Железо остается нерастворенным, алюминий переходит в раствор, отфильтровывается от осадка железа, фильтрат подкисляется азотной кислотой и осаждается, как обычно, аммиаком.

20. Марганец.

В водах подземного стока марганец встречается, по большей части, как спутник железа, также в виде соединения закиси MnO и преимущественно в форме бикарбоната $Mn(HCO_3)_2$. Дальнейшее поведение бикарбоната марганца по выходе воды на дневную поверхность в общем напоминает судьбу солей закиси железа с той лишь разницей, что соли марганца для гидролитической диссоциации требуют более щелочной реакции, и потому выпадение окислов марганца $Mn(OH)_2$, $Mn(OH)_3$, $Mn_3(OH)_8$, $Mn(OH)_4$ или $MnO \cdot nH_2O$, $Mn_2O_3 \cdot 3H_2O$, $Mn_3O_4 \cdot 4H_2O$ и $MnO_2 \cdot 2H_2O$ обычно запаздывает по сравнению с окислами железа. Так же как железо марганец способен удерживаться в растворенном состоянии, образуя комплексные соединения с органическими веществами (болотные воды); биологически марганец потребляется многими планктонными организмами и входит в состав их зола, не говоря уже о специальных видах железобактерий.

Колориметрическое определение марганца в воде основано на окислении солей марганца в кипящем растворе действием надсерной кислоты $H_2S_2O_8$ в присутствии некоторого количества ионов серебра, играющих роль катализатора, без которых реакция не идет, в марганцевую кислоту, которая окрашивает воду в розовый цвет.

Для определения 100 к. с. подкисляют 5 к. с. крепкой HNO_3 и прибавляют 1 к. с. 10% $AgNO_3$; если вода богата хлоридами и от прибавки $AgNO_3$ сильно мутнеет и дает осадок $AgCl$, то от осадка следует освободиться фильтрованием, а затем уже вести окисление, иначе на окисление хлоридов и удаление Cl_2 выкипячиванием потребуются много времени и надсернокислой соли; если хлоридов немного и вода стала лишь опаловидной от образовавшегося $AgCl$, операцию фильтрования можно опустить. После этого колбочку нагревают до кипения и, поддерживая легкое кипение, при помощи пипетки в 5 к. с. приливают небольшими порциями насыщенный на холоду раствор персульфата калия ($K_2S_2O_8$ моль—270,34, насыщенный раствор в холодной воде содержит 17 гр. в литре), или персульфата аммония ($(NH_4)_2S_2O_8$ моль = 228,2 гр. насыщен. раствор содержит 58 гр. в литре), который окисляет сначала органические вещества, $AgCl$ с выделением хлора и, затем, когда опаловидность исчезнет, закись марганца в марганцевую кислоту, окрашивающую воду в розовый цвет. После упаривания до объема несколько меньше 50 к. с., охлаждают и переливают в колориметрический цилиндр для определения.

В одинаковый цилиндр с одинаковым объемом дистиллированной воды, свободной от органических веществ (средний погон), подки-

сленной крепкой HNO_3 ¹⁾, прибавляют из градуированной пипетки в 1 к. о. делениями на 0,01, как при определении железа, титрованный раствор KMnO_4 до достижения окраски, совпадающей с окраской цилиндра с исследуемой водой.

В качестве титрованного раствора удобно пользоваться 0,01 норм. KMnO_4 (по кислороду), служащим для определения окисляемости и соответствующим содержанию в 1 к. с. 0,142 мгр. MnO и 0,1098 мгр. Mn .

21. Свинец, цинк, медь и олово ²⁾).

Определения свинца, цинка, меди и олова имеют значение в горнозаводских местностях и в тех случаях, когда вода оказывает растворяющее действие на трубы и резервуары. Применение некоторых веществ, убивающих микроорганизмы, также делает необходимым испытание воды на некоторые из этих металлов.

Свинец, цинк и медь, можно определять колориметрически или электролитически. Колориметрические методы не так точны, как комбинация обоих и имеют значение, главным образом, качественных проб.

Грубую оценку содержания свинца в чистых питьевых водах можно делать насыщая сероводородом воду, подкисленную уксусной кислотой, и сравнивая вызванную окраску с окраской, вызываемой при аналогичной обработке в стандартных образцах с определенным количеством свинца в колориметрических цилиндрах. Однако, этот способ неприменим, если вода имеет заметную цветность или содержит железо.

Р е а к т и в ы.

1. Стандартный раствор свинца. Растворяют 1,60 гр. нитрата свинца— $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ в 1 литре дистиллированной воды. 1 к. с. этого раствора содержит 1 мгр. свинца Pb . Для проверки желательного определить свинец в виде сульфата в отмеренной порции раствора.

2. Стандартный раствор меди приготавливают, растворяя 0,8 гр. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в воде и после подкисления 1 с. с. крепкой H_2SO_4 доливают раствор до объема 1 литра. В 100 с. с. этого раствора определяют Cu посредством обычного электролитического осаждения. После чего раствор разбавляют так, чтобы в 1 с. с. его содержалось 0,2 мгр. Cu . Этот раствор постоянен.

3. Хлористый аммоний 25 %.

4. Ацетат аммония 5 %.

5. Водный аммиак уд. в. 0,96 (10% NH_3).

6. Сероводород—насыщенный раствор H_2S .

7. Сернистый калий. Щелочный раствор сернистого калия приготавливают смешением равных объемов 10% KOH и насыщенного водного раствора H_2S .

8. Щавелевокислый калий в кристаллах.

9. Калий сульфат в кристаллах.

10. Спирт 95 %.

11. Спирт 50 %.

12. Уксусная кислота 50 %.

¹⁾ Азотная кислота должна быть совершенно свободна от окислов азота. В противном случае азотную кислоту следует заменить серной кислотой 1:3 свободной от азотистой кислоты.

²⁾ „Standard Methods“. 1925 p. 52.

13. Азотная кислота крепкая (уд. в. 1,42).
14. Азотная кислота разбавленная. Крепкую HNO_3 разбавляют дистиллированной водой в 10 раз.
15. Соляная кислота уд. в. 1,20.
16. Серная кислота крепкая уд. в. 1,84.
17. Серная кислота разбавленная 1:1 (вдвое).
18. Мочевина в кристаллах.

Свинец.

Быстро упаривают (§ 1) в широкой (17,5 см.) фарфоровой чашке на голлом огне, до объема около 30 с.с., 3—4 или более литра исследуемой воды. Прибавляют 10—15 с.с. хлористого аммония для более легкого отделения сульфидов, затем несколько капель крепкого и насыщают сероводородом. Оставляют стоять некоторое время, лучше на всю ночь, прибавляют еще немного NH_4OH и H_2S , кипятят содержимое чашки несколько минут и фильтруют.

Осадок (§ 2) может состоять из сульфидов свинца, цинка, меди и железа и взвешенных органических веществ. Растворимые красящие вещества находятся в фильтрате (§ 3). Слегка промывают осадок горячей водой, кладут вместе с фильтром в ту же чашку и кипятят с разбавленной HNO_3 , счищая в случае надобности палочкой приставший к краям осадок сульфидов. После вторичного фильтрования и промывания фильтрата упаривают в той же чашке до объема 10—15 с.с., по охлаждении прибавляют 5 с.с. крепкой H_2SO_4 и нагревают до прекращения обильных паров серной кислоты.

Для определения PbSO_4 к содержимому чашки прибавляют немного воды и обрабатывают 150 с.с. 50% спиртом, в котором PbSO_4 нерастворим. Оставляют на некоторое время, лучше на ночь, стоять, отфильтровывают PbSO_4 и промывают 50% спиртом. Фильтрат сохраняют для определения цинка.

Осадок PbSO_4 растворяют в фарфоровой чашке кипяченном содержимом фильтра с раствором ацетата аммония (§ 4), фильтруют (в 50 к. с. Несслеровский цилиндр) и промывают фильтр кипящей водой с прибавкой ацетата аммония. Фильтрат делят на две части и одну обрабатывают насыщенной H_2S водой для приблизительного суждения о содержании свинца. К другой или при наличии большого количества свинца, к соответственной ее доле прибавляют несколько капель уксусной кислоты, затем избыток насыщенного раствора H_2S и сравнивают по цвету с стандартами, приготовленными обработкой определенных количеств стандартного раствора свинца при легком подкислении уксусной кислотой и в присутствии ацетата аммония.

Цинк.

При наличии цинка и отсутствии меди фильтрат от PbSO_4 упариванием освобождают от спирта и выделяют железо прибавлением избытка NH_4OH . Фильтруют, промывают и подкисляют фильтрат H_2SO_4 ; упаривают фильтрат до объема около 150 к. с. и переливают во взвешенную Pt-чашку. Прибавляют 2 гр. щавелевокислого калия и 1,5 гр. сульфата калия. Осаждают Zn электролитически током около 0,3 ампер в течение 3-х часов. По достижению полноты осаждения и продолжая пропускание тока, сливают жидкость через сифон, пуская в то же время в чашку струю дистиллированной воды для удаления свободной H_2SO_4 , могущей растворить некоторое количество Zn при выключении тока. По удалении кислоты включают ток, про-

мывают чашку водой, затем 95% спиртом, сушат при 70°С и по охлаждении взвешивают. Разность между этим весом (§ 10) и весом Pt-чашки отвечает количеству Zn. При таком определении часто приходится испытывать затруднение в получении чистых реактивов. Поэтому рекомендуется бланковое определение с каждой новой порцией реактивов и, в случае надобности, вносить поправку.

В случае совместного присутствия Cu (§ 5) фильтрат от PbSO₄ упаривают до улетучивания спирта и прибавляют избыток NH₄OH (§ 6). Фильтрованием освобождают от возможного осадка Fe(OH)₃. Фильтрат (§ 7) нейтрализуют H₂SO₄, прибавляют еще 2 к. с. крепкой H₂SO₄ и 1 гр. мочевины. Подвергают раствор электролизу и определяют Cu колориметрически по ниже изложенному способу определения меди (§ 4). После осаждения меди к раствору содержащему Zn приавляют NH₄OH до нейтрализации почти всей H₂SO₄, упаривают до объема, немного меньше вместимости Pt-чашки, прибавляют 1,5 гр. сульфата калия и 2 гр. щавелевокислого калия и подвергают электролизу для выделения Zn. Так как раствор обычно насыщен аммонийными солями вследствие нейтрализации большого количества H₂SO₄, часто невозможно получить прочный осадок цинка на чашке, чему обычно мешает наступающая кристаллизация солей. Во избежание этого затруднения подвергают электролизу на Zn половину раствора, предварительно разбавив водой; или, в случае очень малого содержания Zn, осаждают в виде сульфида в уксуснокислом растворе, промывают, переводят прокаливанием в окись ZnO и взвешивают. Этого осложнения не встречается при отсутствии меди, так как тогда не бывает избытка аммонийных солей.

При заведомом отсутствии свинца и меди и при определении одного цинка, содержащее чашки после обработки серной кислотой для отделения свинца слегка разбавляют, прибавляют избыток NH₄OH для осаждения железа и фильтруют. Слегка подкислив фильтрат серной кислотой упаривают до 150 к. с., переливают во взвешенную Pt-чашку, прибавляют сернокислого и щавелевокислого калия и подвергают раствор электролизу для осаждения цинка.

Медь.

Для проб с содержанием меди от 0,1 до 1,0 mgr. на литр берут один литр, а для других концентраций пропорциональные количества. Упаривают до 75 к. с. и смывают в 100 к. с. платиновую чашку. Прибавляют 2 к. с. разбавленной H₂SO₄ для чистых и мягких вод и больше для сильно щелочных вод до усреднения щелочности; прибавляют 5 к. с. кислоты для вод, содержащих много органических веществ или глины, чтобы обеспечить образование растворимой медной соли. Соединяют Pt-чашку с анодом цепи прямого тока, а катод из проволоочной спирали погружают в раствор таким образом, чтобы спираль была параллельна дну чашки, отстоя от него приблизительно на 1/2 дюйма, и замыкают цепь.

Электролиз продолжают около 4 часов с пошевеливанием время от времени или оставляют на ночь. Ток можно получать от двух элементов, дающих ток через раствор около 0,02 ампер. Не прерывая тока вынимают катод и погружают спираль в небольшое количество разбавленной HNO₃, предварительно нагретой до кипения. Обмыв проволоку, выпаривают азотнокислый раствор на водяной бане досуха. При подозрении на присутствие серебра перед выпариванием прибавляют несколько капель соляной кислоты. Остаток от выпаривания

растворяют водой и смывают в 50 к. с. в несслеровский цилиндр, доводят до 50 к. с. и прибавляют 10 к. с. раствора сульфида калия. Окраска сернистой меди появляется сразу и достаточно постоянна, оставаясь без изменения по крайней мере несколько часов. В такой же цилиндр с 50 к. с. дистиллированной воды прибавляют 10 к. с. раствора сульфида калия и затем стандартный медный раствор порциями по 0,2 к. с. до совпадения окрасок в обоих цилиндрах. Если для определения был взят 1 литр, то содержание меди в мгр. на литр равно числу куб. сантиметров пошедшего стандартного Cu -раствора, помноженному на 0,2.

5. О л о в о.

Небольшие количества олова могут оказаться в водах, прошедших оловянные или Sn -луженные трубы. В случае присутствия этот металл осаждается аммиаком вместе с железом при отделении Pb , Zn , и Cu . В методе для одной Cu он удаляется тем же путем и в дальнейшем от него можно освободиться, растворяя сульфиды в крепкой HNO_3 . Тогда все наличное Sn выделится в виде нерастворимого соединения, которое можно прокалить и взвесить в виде окиси SnO_2 .

В настоящее время нет удовлетворительного метода количественного отделения малых количеств Sn .

Схема для разделения Pb , Zn и Cu .

§ 1. Упаривают пробу. Прибавляют 10 к. с. NH_4Cl , несколько капель NH_4OH и насыщают H_2S . Оставляют стоять, прибавляют еще NH_4OH и H_2S . Кипятят, фильтруют и промывают.

§ 2. Растворяют осадок в разбавленной HNO_3 . Фильтруют и промывают. Упаривают до 10—15 к. с. Охлаждают. Прибавляют 5 к. с. крепкой H_2SO_4 и нагревают до прекращения белых паров. Слегка разбавляют и обрабатывают 150 к. с. 50% спирта. Оставляют стоять; фильтруют и промывают 50% спиртом.

§ 3. Отбрасывают фильтрат (§ 1), содержащий красящие вещества.

§ 4. В осадке содержится Pb . Растворяют в NH_3 . Ас. Фильтруют в 50 к. с. несслеровский цилиндр и промывают водой с прибавкой NH_3 . Ас. Фильтрат делят на две части. Одну часть насыщают H_2S . В другой части определяют Pb , прибавляя укс. кис. и H_2S и сравнивая с стандартами с определенным содержанием.

§ 5. В фильтрате содержатся Zn и Cu . Упаривают до удаления спирта, прибавляют избыток NH_4OH , фильтруют и промывают осадок.

§ 6. Отбрасывают осадок, в котором содержится Fe .

§ 7. В фильтрате содержится Zn и Cu . Нейтрализуют H_2SO_4 . Прибавляют 10 к. с. крепкой H_2SO_4 и 1 гр. мочевины. Подвергают электролизу 2 часа током в 0,5 амп. Выключают ток, опорожняют чашку и промывают.

§ 8. В осадке Sn . Погружают катод в большое количество горячей разбавленной HNO_3 ; обмывают и высушивают досуха. Выщелачивают водой и смывают в несслеровский цилиндр. Доводят до метки и прибавляют 10 к. с. раствора сульфида калия. Сравнивают с стандартом. В случае значительного количества сушат и взвешивают в виде Sn .

§ 9. В растворе содержится Zn . Почти нейтрализуют NH_4OH . Упаривают до объема, немного меньшего вместимости чашки. Прибавляют 2 гр. $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и 1,5 гр. K_2SO_4 . Подвергают электролизу 3 часа током в 0,3 ампер. Сливают раствор сифоном, выключают ток, промывают водой, потом спиртом, сушат при 70°C , охлаждают и взвешивают.

§ 10. Вес осадка представляет металлический Zn .

Схема для одной Cu.

§ 11. Упаривают пробу до 75 к. с. Прибавляют 2 к. с. крепкой H_2SO_4 для чистых и мягких вод и 5 к. с. для щелочных или мутных вод. Подвергают электролизу, согласно методу в §§ 7 и 8.

Схема для одного Zn.

§ 13. Следуют вышеприведенной схеме для всех трех металлов, кончая § 5. Почти нейтрализуют фильтрат серной кислотой упаривают до объема, меньшего вместимости чашки и производят электролиз по указанию § 9.

22. Серная кислота (сульфаты).

Весовой способ. Для определения содержания в воде серной кислоты отмеривают 500 к. с. исследуемой воды, подкисляют ее 1 к. с. кр. HCl и выпаривают в стакане до объема 50 к. с.

После выпаривания жидкость фильтруют от мутной массы, нагревают до кипения и приливают к ней 10 к. с. горячего 2½% раствора $BaCl_2$, который осаждает сернокислые соли в виде $BaSO_4$. Образовавшийся осадок нагревают на слабом пламени в продолжении 3 часов и оставляют стоять. На следующий день осадок отфильтровывают, сушат, прокалывают в продолжении ½ часа и взвешивают, умножением найденного веса $BaSO_4$ на 0,3434 получают содержание серного ангидрида в ½ литре исследуемой воды.

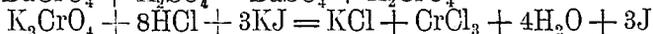
При более точных определениях сульфатов согласно Американской Стандартной Методике требуется предварительное освобождение воды от хромовокислоты.

Объемный способ по Andrews—Комаровскому.

К 200 к. с. испытуемой воды прибавляют 1 к. с. 10% соляной кислоты и на кончике ножа (0,2—0,5 гр.) сухого хромовокислого бария, нагревают и поддерживают очень слабое кипение в течение 3-х минут. Охлаждают в снегу или струе холодной воды и нейтрализуют 10% аммиаком до едва заметной щелочной реакции на лакмус.

Перед пробой на лакмус воздух над раствором продувают грушей для удаления паров аммиака. После нейтрализации раствор вместе с осадком переливают в измерительную колбу на 250 к. с., доводят до метки и фильтруют. Из фильтрата берут 100 к. с. в Эрленмейеровскую колбу, в которой находится 5 к. с. 20% иодистого калия и 5 к. с. HCl. Колбу ставят в ледяную воду на 15 мин. после чего иод титруется раствором гипосульфита, 1 к. с. которого отвечает 1 млгр. SO_3 . Если пошло п. к. с. гипосульфита, то содержание SO_3 в литре исследуемой воды равно $n \times 12,5$.

Схема реакции: $BaCrO_4 + K_2SO_4 = BaSO_4 + K_2CrO_4$



Раствор гипосульфита 1 к. с. которого отвечает 1 млгр.

$SO_3 = \frac{1}{26,66}$ норм. $Na_2S_2O_3$, получается растворением 9,5 гр. $Na_2S_2O_3$.

. 5H₂O в литре воды.

Гипосульфит устанавливается по раствору кислого иодноватокислого калия $\frac{1}{26,66}$ норм., содержащего в литре 1,2190 гр. $KJO_3 \cdot HJO_3$.

Хромовокислый барий готовится осаждением кипящего раствора хлористого бария хромовокислым калием. Осадок очень

тщательно промывается кипящей водой подкисленной уксусной кислотой, затем чистой водой до полного удаления следов растворенных солей.

23. Хлористоводородная кислота (хлориды).

Реактивы.

а) Стандартный раствор хлористого натрия. Растворяют 16,48 гр. чистого сплавленного хлористого натрия в дистиллированной воде и доводят до 1 литра. 100 куб. см. этого главного раствора разбавляют до 1 литра: 1 с. с. содержит 1 mgr. хлора.

б) Стандартный раствор азотнокислого серебра. Растворяют около 2,40 гр. кристаллов нитрата серебра в 1 литре дистиллированной воды. Устанавливают титр по стандартному раствору хлористого натрия с поправкой на вызов окраски по формуле $X = 0,003v + 0,02$, где X — поправка в куб. см., которую нужно вычесть из пошедшего количества раствора нитрата серебра, v — куб. сантиметрам жидкости в конце титрования. Раствор подгоняется так, чтобы 1 с. с. его был в точности эквивалентен 0,5 mgr. хлора.

в) Хромовокислый калий в качестве индикатора. Растворяют 50 гр. нейтрального хромата калия в небольшом количестве воды. Прибавляют нитрата воды. Прибавляют нитрата серебра до образования легкого красного осадка; через день или два фильтруют и разбавляют фильтрат до 1 литра дистиллированной водой.

г) Гидроокись алюминия. Приготовление, см. стр. 106.

Подготовка пробы.

При цветности пробы выше 30, ее обесцвечивают продолжительным встряхиванием с промытой гидроокисью алюминия (3 с. с. на 500 с. с. пробы) и дают осадку осесть. Определение делают в отмеренной порции осветленной пробы, в случае надобности фильтрованной.

Если проба кислая, ее нейтрализуют содой; при наличии едких щелочей прибавляют разбавленной серной кислоты до исчезновения на холоду окраски от фенолфталеина.

При наличии сульфида или роданида, в ход определения вносятся соответственные коррективы и видоизменения.

При очень высоком содержании хлорида берут 25 с. с. или даже меньше, разбавляя дистиллированной водой до объема 50 с. с. При очень низком содержании хлорида перед титрованием прибавляют отмеренное количество стандартного раствора хлорида или упариванием концентрируют 250 с. с. пробы до объема 50 с. с. Жидкость помешивают, чтобы на стенках чашки не могло остаться невыщелоченного остатка, и, если нужно, в помощь этой операции употребляют стеклянную палочку с резиновым наконечником.

Ход определения.

К 50 с. с. ¹⁾ подготовленной пробы в 15-сант. фарфоровой выпаривательной чашке или в 150 с. с. Эрленмейеровской колбочке на белом фоне прибавляют 1 с. с. калий-хроматного индикатора. Титруют раствором азотнокислого серебра, в одинаковых условиях объема,

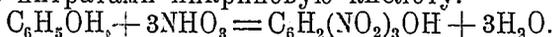
¹⁾ В водах с содержанием свыше 10 mgr. хлора определение можно вести в 100 с. с. без упаривания.

освещения и температуры, как при установке титра азотно-кислого серебра, пока не станет заметным слабое красноватое окрашивание. Обнаружение конечного пункта облегчается сравнением оттенка титруемой пробы с тоном такого же количества индикатора в 50 с. с. дистиллированной воды в одинаковом сосуде. Некоторые аналитики предпочитают титровать в темной комнате при желтом свете. Конечный пункт очень отчетлив при электрическом освещении, а также при дневном свете через желтое стекло. Самый удобный способ наблюдения конечного пункта представляют очки с темно-желтыми (янтарными) стеклами.

Вносят поправку на ошибку от изменения объема по вышеприведенной формуле. Если не требуется особенной точности, в качестве средней поправки вычитают по 0,2 с. с. Исправленное число с. с. пошедшего нитрата серебра, помноженное на 0,5, дает число мгр. хлора в титруемой порции.

24. Азот нитратов (азотная кислота).

Определение азотной кислоты производится по пикратному методу Гранваля и Ляжу при помощи сульфифенолового реактива, образующего с нитратами пикриновую кислоту:



Образовавшуюся пикриновую кислоту для колориметрического определения переводят в пикрат аммония, обладающий интенсивной желтой окраской.

Для определения нитратов выпаривают на бане в фарфоровой чашечке от 10 до 100 с. с. смотря по предполагаемому содержанию нитратов в фильтрованной исследуемой воде. Вода обесцвечивается в случае надобности перед фильтрованием при помощи коагулирования подходящей дозой от 100 до 500 мгр. на литр чистого сернокислого глинозема $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (соответственно 0,2—1 с. с. на литр исследуемой воды крепкого раствора с содержанием 500 гр. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ в литре), прибавляют к выпаренному остатку 1 с. с. сульфифенолового реактива, тщательно смешивая с выпаренным остатком; через 5 минут приливают последовательно 10 с. с. воды и 5 с. с. 25% NH_3 .

При наличии нитратов жидкость окрашена пикратом аммония в желтый цвет. Для колориметрического определения окрашенная жидкость сливается в цилиндр, доливается до метки 50 с. с. (или соответственно 100 к. с.) и сравнивается в цилиндрах Генера или других колориметрах с стандартным раствором азотнокислого калия 1 с. с. = 0,1 млгр. N ($0,7216$ гр. KNO_3 на литр стандартного раствора) обработанного аналогичным образом.

Сравнение в цилиндрах Генера может быть заменено сравнением с стандартными образцами, имитирующими цвет пикратов.

Стандартные образцы на азотную кислоту готовят из уксусно-кислого урана, проверяя их при приготовлении стандартным раствором KNO_3 , содержащим 0,7216 гр. в литре. 1 с. с. такого раствора отвечает 0,1 мгр. азота. Соответствующим разведением получают раствор желательной концентрации. 35 гр. уксусно-кислого урана растворяют в литре 1% борной кислоты, 1 с. с. такого раствора в 100 с. с. 1% борной кислоты соответствуют приблизительно окраске пикрата от 0,01 мгр. нитратного азота.

Присутствие борной кислоты, слабо диссоциированной, препятствует выпадению урана в осадок и усилению окраски образцов от

поглощения аммиака. Применение же сильных кислот для подкисления не годится, как ослабляющих интенсивность окраски образцов.

Образцы на азот нитратов.

№ 1	0,000	мгр. азота в 100 к. с.	0,05	уксусно-кислого урана в 100 с. с. воды
№ 2	0,001	" " "	0,15	" " " "
№ 3	0,004	" " "	0,40	" " " "
№ 4	0,008	" " "	0,80	" " " "
№ 5	0,014	" " "	1,40	" " " "
№ 6	0,020	" " "	2,00	" " " "
№ 7	0,040	" " "	4,00	" " " "
№ 8	0,060	" " "	6,00	" " " "
№ 9	0,080	" " "	8,00	" " " "
№ 10	0,100	" " "	10,00	" " " "

25. Азот нитритов (азотистая кислота).

Количественное определение нитритов производится колориметрически по методу Грисса, основанному на способности азотистой кислоты HNO_2 диазотировать ароматические амины. Подходящий для такого колориметрического определения реактив, предложенный Posway'ем, состоит из раствора α -нафтиламина и сульфаниловой кислоты в 12% уксусной кислоте и в присутствии нитритов дает красную азокраску. Для приготовления реактива 0,2 гр. α -нафтиламина кипятят в 20 с. с. дистиллированной воды, после чего жидкость отцеживают от нерастворившихся капелек α -нафтиламина через промытый фильтр и смешиваются с 150 с. с. 12% уксусной кислоты; этот уксусно-кислый раствор α -нафтиламина охлаждается во льду и соединяется с раствором 0,5 гр. сульфаниловой кислоты в 150 к. с. 12% уксусной кислоты, также охлажденным во льду. Полученный реактив в склянке с притертой и смазанной парафином пробкой хранят в темноте во избежание покраснения на свету α -нафтиламина.

Для определения берут 50 с. с. исследуемой воды в коническую колбу емкостью 60 с. с. или колориметрический цилиндр, прибавляют 2,5 с. с. реактива и нагревают на водяной бане 15 минут при 70°C. При наличии в воде нитритов жидкость окрашивается в розовый цвет. Окрашенная жидкость сравнивается в цилиндрах Генера с стандартным раствором азотистокислого натрия, 1 с. с. = 0,01 мгр. N, обработанного аналогичным образом. Количество стандартного раствора нитрита берется с таким расчетом, чтобы окраски исследуемой воды и стандарта не слишком отличались. Для этого содержание нитритов в воде приблизительно определяется по качественной пробе (см. определение нитритов в главе „Исследование на месте“).

Стандартный раствор содержащий 0,01 мгр. N в 1 с. с. готовится разбавлением ex tempore основного хранящегося в лаборатории раствора нитрита натрия 1 с. с. = 1 мгр. азота, содержащего в литре 4,927 гр. NaNO_2 и консервированного прибавкой 1 с. с. хлороформа.

Для упрощения определения окраска исследуемого раствора может сравниваться не с стандартным раствором нитрита, а с окрашенной бумажной шкалой, зарисованной с стандартов из стандартного раствора нитрита натрия. Каждый оттенок шкалы соответствует следующему содержанию азота нитритов в литре воды в тысячных долях миллиграмма:

0,2 0,5 1,0 1,5 2,5 4 6 10 15 20.

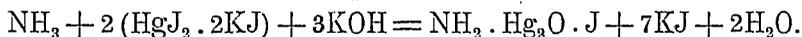
Кроме бумажной раскрашенной (кармином) шкалы для определения нитритов можно пользоваться также в качестве минеральных стандартных шаблонов цветными растворами, приготовленными из водных растворов $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. (1 с. с. соответствует 2 мгр. Co) и $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (1 с. с. соответствует 2 мгр. Cu), при чем возрастающие оттенки шаблонов отвечают следующему содержанию нитритов.

Оттенки.		I	II	III	IV	V
Состав шаблонов.	N_2O_3 $\frac{\text{мгр. 10}}{\text{литр}}$ ⁻³	0,5	1,5	2,5	4	6
	N $\frac{\text{мгр. 10}}{\text{литр}}$ ⁻³	0,18	0,55	0,92	1,47	2,21
	Раствор CoSO_4	9 с. с.	12,2 с. с.	21,9 с. с.	32,8 с. с.	38,4 с. с.
	" CuSO_4	5,2 с. с.	6,8 с. с.	17,4 с. с.	32,0 с. с.	34,0 с. с.
	воды	185,8 с. с.	181,0 с. с.	160,7 с. с.	135,2 с. с.	127,5 с. с.

26. Азот аммонийный (солевой аммиак).

В воде аммиак присутствует в виде аммонийных солей (т. н. солевой) и входит в состав органических веществ воды (т. н. альбуминоидный).

Определение производится колориметрически при помощи реактива Несслера, состоящего из щелочного (KOH) раствора двойной соли $\text{HgJ}_2 \cdot 2\text{KJ}$ и дающего с NH_3 желто-красное окрашивание от образующегося подистого меркураммония:



Солевой NH_3 . Определение начинается с проверки и освобождения от возможных следов NH_3 перегонного прибора, для чего из колбы емкостью 1—1½ литра, служащей перегонным кубом и наполненной до ½ объема дистиллированной водой (по возможности безаммиачной, для чего обычно пригоден дистиллят второй трети перегоняемой воды), производят перегонку, собирая дистиллят в колориметрические цилиндры по 50 с. с. и прибавляя в каждой по 1 с. с. Несслерова реактива. По достижении безаммиачного отгона в ту же колбу (если нужно, вылив часть оставшейся дистиллированной воды) приливают 500 куб. сант. исследуемой воды и возобновляют перегонку, отгон собирают в мерную колбу на 200 с. с. до черты. Перемешав раствор берут 100 с. с. в цилиндр Гепера, прибавляют 2 с. с. реактива Несслера и определяют колориметрически сравнением с стандартным раствором хлористого аммония, 1 с. с. = 0,05 мгр. азота, приготовленного разбавлением его tempore из основного раствора хранящегося в лаборатории (1 с. с. = 1 мгр. азота), содержащего 3,820 гр. NH_4Cl в литре.

Для упрощения определение можно вести, собирая отдельные фракции в цилиндры по 50 с. с., добавляя по 1 с. с. Несслерова реактива и определяя количество NH_3 в каждом цилиндре сравнением с раскрашенной на бумаге шкалой оттенков, соответствующих

следующим количеством азота в 50 с. с. в тысячных долях миллиграмма:

Шкала отеннков.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$N \frac{\text{мгр. } 10^{-3}}{50 \text{ с. с.}}$	0	1	2,5	5	7,5	10	15	25	40	60

Определение солевого аммиака заканчивается, когда по прибавлении Несслера реактива прекратится реакция на NH_3 , или когда окрашивание последнего цилиндра при стоянии не менее 5 минут не превышает оттенка № II.

Обычно приходится отгонять не больше 4—5 цилиндров по 50 к. с. Сравнение со шкалой отеннков, как и зарисовка ее с титрованных стандартов, производится в отраженном свете, помещаясь спиной к окну и прикладывая цилиндр боком к незакрашенным полям шкалы. Результаты отдельных определений NH_3 всех цилиндров складываются, пересчитываются на литр и выражаются с точностью до тысячных долей миллиграмма.

Прибавление к дистиллируемой воде MgO или иного основания при наличии бикарбонатов совершенно излишне.

В виду возможного в первом цилиндре содержания NH_3 выше X оттенка (= 0,060 мгр. N) и помутнения от коагуляции при значительной концентрации образующегося коллоидального иодистого меркурамсонья, осторожность требует в 5 к. с. отлитых из первого цилиндра произвести пробную прибавку 0,1 к. с. Несслера реактива, при чем образование краснобурой мути должно служить указанием на необходимость разбавления первого погона безаммиачной дистиллированной водой.

27. Азот альбуминоидный (альбуминоидный аммиак).

К оставшейся после отгона солевого NH_3 воде прибавляют 25 с. с. щелочного раствора $KMnO_4$ (400 гр. KOH и 16 гр. $KMnO_4$ растворяют в 2 литрах дистиллированной воды и упаривают для освобождения от следов NH_3 в колбе или неглазурованном чугуне до объема 1 литра), который при нагревании разрушает азотсодержащие органические соединения, превращая их азот в аммиак, который перегоняется с дистиллятом в подставляемые цилиндры, и определение ведут по описанной при солевом NH_3 схеме.

Несслеров реактив готовится прибавлением к раствору: 1) 50 гр. KJ в 50 с. с. воды насыщенного раствора сулемы (около 50 гр. $HgCl_2$ в литре) до начала появления нерастворяющейся при взбалтывании красной HgJ_2 , далее 2) раствора 150 гр. KOH в 300 с. с. воды, 3) 5 с. с. насыщенной $HgCl_2$ и 4) воды для доведения объема до 1 литра, после чего реактив переливается в $1\frac{1}{4}$ литровую склянку для продолжительного (не меньше 2 недель) отстаивания в темном месте.

После полного осветления реактив готов к употреблению. По мере надобности пипеткой 50—100 с. с. переносится в расходный пузырек. Остатки с осадком от Несслера реактива сливаются в отдельный пузырек и после отстаивания также вполне пригодны к употреблению.

28. Азот органический.

Методы изложены в главе Сточных вод стр. 109.

29. Азот общий.

Методы изложены в главе Сточных вод стр. 110.

30. Сероводород (сульфиды).

Качественно сероводород определяется на месте.

К 10 с. с. воды прибавляют 3 с. с. реактива Каро и взбалтывают. В присутствии значительных количеств сероводорода раствор синее, при малых количествах зеленеет. Определение ведется при обязательном сравнении с цветом контрольной пробирки с 10 с. с. дистиллированной воды и 3 с. с. реактива Каро.

Приближенная количественная оценка может быть сделана по таблице, помещенной в главе „Исследование на месте“.

Приготовление реактива Каро: 1 гр. параамидодиметиланилина (диметил парафенилен-диамин) растворяется в 300 с. с. соляной кислоты уд. в. 1,19 и к этому раствору прибавляют 100 с. с. 1% раствора хлорного железа. Раствор хранится в оранжевой склянке с притертой пробкой в темном месте.

Метод неприменим в присутствии значительного количества нитритов.

В случае отсутствия параамидодиметиланилина определение ведется следующим образом: к 10 с. с. исследуемой воды прибавляется 1 с. с. 20% раствора сегнетовой соли и несколько капель щелочного раствора свинца. Потемнение указывает на наличие сероводорода.

Несколько более чувствительна следующая проба: в горлышко бутылки наполненной на $\frac{3}{4}$ исследуемой водой до и после подкисления соляной кислотой зажимают между пробкой и стеклом полоску бумаги, смоченную щелочным раствором свинца, и оставляют на несколько часов. Потемнение указывает на наличие сероводорода.

Количественное определение производится по Винклеру: 100 с. с. исследуемой воды вливают в склянку бесцветного стекла емкостью около 150 с. с., в которую предварительно прибавляют 5 с. с. раствора сегнетовой соли со свинцом и взбалтывают. В другую такую же склянку прибавляют 5 с. с. сегнетовой соли и 100 с. с. дистиллированной воды. К этой последней прибавляют из узкой бюретки столько эмпирического раствора трехсернистого мышьяка, чтобы окраски сравнялись. Число к. с. пошедшего раствора сернистого мышьяка указывает прямо число куб. сан. сероводорода в 1 литре исследуемой воды.

Раствор сегнетовой соли: 25 гр. кристаллической сегнетовой соли 1 гр. уксуснокислого свинца и 5 гр. едкого натра растворяются в воде до 100 с. с.

Раствор трехсернистого мышьяка: осаждают As_2O_3 из слабого сернокислого раствора мышьяковистой кислоты сероводородом, фильтруют, осадок промывают и сушат при 100°. 0,037 гр. такого чистого сухого трехсернистого мышьяка растворяют в нескольких каплях аммиака и разбавляют водой до 100 с. с. Раствор этот перед анализом готовится заново. 1 с. с. отвечает 0,154 мгр. сероводорода или 1 с. с. сероводорода при 0°C и 760 мм. давления.

Во избежание излишней траты времени на приготовление шаблонов с трехсернистым мышьяком для каждого отдельного определения, рекомендуется приготовить раскрашенную шкалу.

В присутствии больших количеств сероводорода производится прямое титрование его $\frac{1}{100}$ н раствором иода по видоизмененному методу Dumasquier-Fresenius'a: к 100 с. с. воды подкисленной серной кислотой, прибавляют 1 с. с. 10% раствора иодистого калия, $\frac{1}{100}$ норм. раствора марганцевокислого калия до отчетливого светно-желтого окрашивания. По выделении иода прибавляют 1 с. с. 1% растворимого крахмала и оттитровывают выделившийся иод $\frac{1}{100}$ норм. гипосульфитом.

Разность числа с. с. $\frac{1}{100}$ норм. раствора хамелеона и пошедшего на открытое титрование $\frac{1}{100}$ норм. гипосульфита, умноженная на 0,17, отвечает содержанию сероводорода в миллиграммах.

Некоторая неточность этого метода заключается в том, что часть выделившаяся иода может потребляться нестойкими органическими веществами воды.

31. Кремнекислота SiO_2 .

Плотный остаток после вымывания хлоридов, или лучше, особо выпаренные $\frac{1}{2}$ л. фильтр. воды обрабатываются для определения SiO_2 следующим образом: в чашку с находящимся в ней плотным остатком, наливают 20—30 к. с. дистиллированной воды и 5—10 к. с. крепкой HCl и ставят на водяную баню для выпаривания. Эту операцию, имеющую целью перевести кремнекислоту в нерастворимое состояние повторяют 3 раза. Осадок¹⁾ с чашки смывают горячей водой на фильтр который задерживает нерастворимый гидрат кремневой кислоты; все же остальные растворимые соли будут в фильтрате. Осадок сушат, прокаливают в продолжении $\frac{1}{2}$ часа, при чем гидрат кремневой кислоты переводится прокаливанием в кремневый ангидрид, взвешивают и получают содержание SiO_2 в $\frac{1}{2}$ л. испытуемой воды.

32. Фосфорная кислота (фосфаты) P_2O_5 .

Содержание в воде фосфорного ангидрида определяется колориметрически по молибденово-оловянному методу Denigès.

Реактивы по Atkins'у.

№ 1—100 с. с. 10% молибдата аммония смешивают с 300 с. с. 50% (по объему) серной кислотой.

№ 2—0,1 гр. олова (измельченного²⁾ растворяют в 2 с. с. концентрированной соляной кислоты с 1 каплей 3—4% медного купороса и разбавляют водою до 10 с. с. Раствор олова должен быть свежее приготовленным.

Для определения к 100 с. с. исследуемой воды в колориметрическом цилиндре прибавляют 2 с. с. молибдата аммония (реактив № 1) и 1 каплю свежеприготовленного хлористого олова (реактив № 2). При наличии фосфорной кислоты появляется синее окрашивание,

¹⁾ Перед смыванием в случае присутствия железа следует подкислять крепкой соляной кислотой, при чем осадок сначала смачивают кислотой, а затем водой.

²⁾ Для измельчения олово нагревают до 250°, когда оно становится крупким, и раздавливают пестиком в фарфоровой также нагретой ступке.

которое сравнивают с гаммой оттенков в стандартах определенной концентрации фосфата.

Чувствительность Mo-Sn'ого способа весьма велика и позволяет открывать в натуральной воде (без сгущения упариванием) фосфаты при содержании в литре даже 0,001 миллиграмма P_2O_5 .

33. Окисляемость.

а) В кислой среде по Kubel'у производится в чистых водах.

В колбу Эрленмейера в 300 с. с. наливают пипеткой 100 с. с. исследуемой воды, 5 с. с. серной кислоты 1:3, несколько кусочков пемзы или стеклянные капилляры и нагревают до начала кипения, после чего прибавляют 10 с. с. 1/100 норм. хамелеона и кипятят, начиная от момента кипения 10 минут. По прошествии 10 мин. приливают из бюретки 10 с. с. 1/100 норм. щавелевой кислоты и к обесцвечившемуся раствору прибавляют по каплям из бюретки марганцево-кислого кали до слабозеленоватого оттенка. 1 с. с. 1/100 норм. раствора хамелеона отвечает 0,08 млгр. кислорода. Данные анализа выражаются в млгр. кислорода на 1 литр.

В присутствии значительного количества минеральных веществ восстанавливающих хамелеон, напр., солей закиси железа, марганца, азотистой кислоты, в отдельной порции оттитровывают эти вещества хамелеоном на холоду и израсходованный объем вычитают из общего количества хамелеона, истраченного при определении окисляемости.

Загрязненная вода с высокой окисляемостью соответственно разводится дистиллированной водой, окисляемость которой должна быть определена отдельной пробой. В мутных водах желательнее указывать окисляемость фильтрованной и нефилтрованной воды. В профильтрованной воде берут воду после отфильтрования около 0,5 литра во избежание попадания частиц фильтра.

в) В щелочной среде по Schulz'у ведется определение загрязненных вод богатых хлором.

100 с. с. исследуемой воды нагревают в Эрленмейеровской колбе до кипения, прибавляют $1\frac{1}{2}$ с. с. NaOH 1:2 и 10—15 с. с. 1/100 норм. хамелеона и кипятят от начала кипения ровно 10 минут. Затем охладив до 50—60° С приливают 5 с. с. серной кислоты 1:3 и 10—15 с. с. 1/100 норм. щавелевой кислоты. После обесцвечивания титруют хамелеоном до появления розового окрашивания, не исчезающего в течение 5 минут.

Вычисления производятся, как в методе Kubel'я.

34. Потребление кислорода.

(5 суточная английская проба).

Потребление кислорода на окисление орг. вещ. воды выражается разностью определений растворенного кислорода в 2 пробах после насыщения воды воздухом посредством минутного взбалтывания при одинаковой комнатной температуре, при чем в одной пробе кислород определяется непосредственно, а в другой—через 5 дней стояния в термостате при 18°₃ С.

Склянку емкостью около $1\frac{1}{2}$ литра, наполняют на месте взятия пробы испытуемой водой таким образом, чтобы по возможности

не оставлять в ней воздуха; для того, чтобы вода имела температуру близкую к 0°, во время обратного пути летом, бутылку с водой помещают в экскурсионный ледник или обкладываются пузырями со льдом, а зимой предохраняется от замерзания, накладывая на бутылку пузырь с теплой водой.

В лаборатории воду переливают в колбу и согревают на водяной бане до температуры 18°,3, после чего взбалтывают в течение 1 минуты для насыщения воздухом, и дав выйти пузырькам воздуха, через воронку с длинным концом наливают доверху 2 склянки с притертыми пробками емкостью ок. 250 с. с., служащими для определения кислорода; в одну из них прибавляют реактивы и определяют кислород. Другая склянка с испытуемой водой ставится в термостат при 18°,3 С на 5 суток, по прошествии которых в ней определяют оставшийся растворенный кислород. Разность между этими двумя определениями, пересчитанная на литр, показывает потребление кислорода на окисление орг. вещ. за 5 дней в литре испытуемой воды.

В данном исследовании кислород тратится на нестойкие органические соединения, которые сравнительно легко подвергаются окислению при наличии в воде кислорода и некоторых биологических агентов; более стойкие органические вещества не столь легко поддаются окисляющему действию O₂ и нуждаются в более сильном окислителе; разрушение их происходит при определении окисляемости.

Так как в случае загрязненных вод растворенного кислорода может нехватить для покрытия потребности воды в кислороде, то указанные воды необходимо перед началом определения разбавлять дистиллированной водой. Далее проба аэрируется, и определение ведут, как указано выше.

Сообразно с загрязненностью воды принимается разбавление 1:4, 1:9, 1:24, 1:49, 1:99.

При разбавлении водопроводной водой производится поправка на потребление кислорода самой разбавляющей водой.

Вода для разбавления хранится в термостате при 18°,3 С.

Практически допустимы отклонения от указанной температуры на 1° в ту и другую сторону.

35. Растворенный кислород.

Растворенный кислород следует определять по Ридель-Стюартовской модификации способа Винклера во всех загрязненных водах и в других водах с содержанием свыше 0,1 мг/л. нитритного азота.

Для остальных вод можно пользоваться первоначальным методом Винклера. Ниже излагается модификация Ридель-Стюарта.

При определении по неизменному способу Винклера опускаются три первые операции и поступают по нижеописанному, начиная с прибавления сернокислого марганца, но количество прибавляемого подистого калия следует уменьшить до 1 с. с.

Реактивы:

а) Крепкая серная кислота уд. веса 1,84.

б) Перманганат калия. Растворяют 6,32 гр. этой соли в воде и разбавляют до 1 литра (1/3 норм. раствор).

в) Шавелевокислый калий. Растворяют 20 гр. этой соли в воде и разбавляют до литра.

г) Сульфат марганца. Растворяют 480 грамм этой соли в воде и разбавляют до 1 литра.

д) Щелочной иодистый калий. Растворяют 700 грамм едкого калия или эквивалентное количество едкого натра и 150 грамм иодистого калия в воде и разбавляют раствор до 1 литра.

е) 0,01 норм. раствор тиосульфата натрия. Растворяют 2,5 гр. хим. чистого перекристаллизованного серноватистокислого натрия в воде и разбавляют раствор до 1 литра свежее прокипяченной и остуженной дистиллированной водой.

Каждый с. с. эквивалентен 0,08 млгр. кислорода или 0,0558 с. с. кислорода при 0°C и 760 мм. давления.

Установка титра 0,01 норм. гипосульфита делается по раствору кислого подата калия $KJO_3.HJO_3$.

В стакан вливают 5 с. с. 20% иодистого калия (свободного от подата), прибавляют 5 с. с. соляной кислоты (1:5) и 25 с. с. 0,01 норм. раствора кислого подата калия, получаемого разбавлением *ex tempore* из 0,1 норм. раствора (3.2508 гр. $KJO_3.HJO_3$ в 1 литре). Выделившийся под оттитровывают устанавливаемым гипосульфитом. При отсутствии подата титр гипосульфита можно устанавливать по 0,01 норм. раствору перманганата калия, прибавляя его вместо подата к подкисленному раствору иодистого калия.

Поскольку раствор 0,01 норм. гипосульфита непостоянен, его следует время от времени проверять.

ж) Раствор крахмала. Разбалтывают 1 гр. чистого ¹⁾ крахмала в холодной воде и приливают смесь к 150—200 с. с. кипящей воды.

Кипятят несколько минут, затем стерилизуют. Его можно сохранять, прибавляя несколько капель хлороформа.

Взятие пробы.

Пробу на кислород берут в узкогорлую склянку с притертой стеклянной пробкой емкостью около 250 с. с. Чтобы в набираемую пробу не попали пузырьки воздуха и чтобы не произошло абсорбции атмосферного кислорода, соблюдают следующие предосторожности.

При взятии пробы из крана, к нему присоединяют стеклянную или резиновую трубку, которая пропускается через горлышко до дна склянки.

Для устранения пузырьков воздуха воде дают несколько минут переливаться через верх склянки (2—3 объема) и тогда осторожно затыкают стеклянной пробкой, стараясь не захватить пузырьков воздуха.

При взятии пробы с поверхности пруда или резервуара кислородную склянку соединяют с литровой бутылкой. К каждой склянке прилаживают резиновые пробки с двумя отверстиями, через которые пропускают 2 стеклянных трубки, одна из которых доходит до дна и другая кончается под пробкой. Короткую трубку кислородной склянки соединяют с длинной трубкой литровой бутылки. Кислородную склянку погружают в воду, а из литровой бутылки через наружную трубку производят отсасывание. При взятии пробы с глубины

¹⁾ Предпочтительнее пользоваться 1% раствором растворимого крахмала.
„Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод“.

обе бутылки располагают таким образом, чтобы наружная трубка литровой бутылки приходилась выше внутренней трубки кислородной склянки. Обе бутылки, прикрепленные к подходящей арматуре с достаточным грузом, опускают на желаемую глубину. Набирающаяся во время опускания вода, благодаря разнице давлений, перельется в литровую бутылку. Прибор с бутылками поднимают, когда на поверхность перестанут выходить пузыри воздуха.

Просверленные резиновые пробки заменяют пришлифованными стеклянными с предосторожностями, чтобы в пробу не попали пузырьки воздуха.

Ход определения.

Открывают пробку и прибавляют сначала 0,7 с. с. крепкой серной кислоты, затем 1 с. с. раствора перманганата калия. Эти и все остальные реактивы приливают из пипеток, слегка погружая их в пробу. Вставляют пробку и несколько раз перемешивают склянку перевертыванием.

Если по истечении 20 минут не остается заметного избытка перманганата, снова приливают 1 с. с. раствора перманганата калия; если и этого недостаточно, берут более крепкий раствор перманганата. По прошествии 20 минут избыток перманганата разрушают прибавкой 1 с. с. раствора щавелевокислого калия, затыкают пробку и перемешивают содержимое. После полного осветления и обесцвечивания пробы прибавляют 1 с. с. сернокислого марганца и 3 с. с. щелочного раствора нодистого калия. Дают осадку осесть. Прибавляют 1 с. с. крепкой серной кислоты и перемешивают встряхиванием.

До этого пункта определение делается на месте, но после прибавки кислоты и закрывания пробкой дальнейших изменений можно не опасаться, и окончание определения отложить, в случае надобности, на несколько часов. Из содержимого склянки отбирают в колбочку 200 с. с. и титруют 0,01 норм. серноватистокислым натрием, под конец титрования прибавляя в качестве индикатора 1 с. с. крахмального раствора, который не следует прибавлять, пока цвет не сделается бледно-желтым. Титруют до исчезновения синей окраски.

Вычисление результатов.

Содержание кислорода выражают обычно по весу в миллиграммах на 1 литр. Иногда бывает нужно знать число куб. сантиметров газа на литр при 0° С и 760 мм. давления, а также %-ное отношение наличного газа в его максимальному количеству, которое может быть, растворено в литре дистиллированной воды при одинаковых температуре и давлении. 1 с. с. 0,01 норм. гипосульфита эквивалентен 0,08 мгр. кислорода. Отбирая для титрования 200 с. с. пробы, помноженном числе с. с. пошедшего 0,01 норм. раствора гипосульфита на 0,4, получают содержание растворенного кислорода в миллиграммах на 1 литр.

Для перечисления растворенного кислорода, выраженного в миллиграммах на литр на куб. сантиметры (‰) число миллиграммов следует разделить на вес 1 с. с. кислорода т.-е. на 1,429.

Растворимость ¹⁾ кислорода при 0°С и 760 м/м в миллиграммах на литр дистиллированной воды:

1) „Standard methods“ 1925 p. 62.

Т°С	О ₂ млгр.	О ₂ ‰	Т°С	О ₂ млгр.	О ₂ ‰	Т°С	О ₂ млгр.	О ₂ ‰
0	14,62	10,21	11	11,08	7,73	21	8,89	6,28
1	14,23	9,93	12	10,83	7,56	22	8,83	6,16
2	13,84	9,66	13	10,60	7,40	23	8,68	6,06
3	13,48	9,41	14	10,37	7,24	24	8,53	5,95
4	13,13	9,17	15	10,15	7,09	25	8,38	5,85
5	12,80	8,94	16	9,95	6,95	26	8,22	5,74
6	12,48	8,71	17	9,74	6,80	27	8,07	5,63
7	12,17	8,50	18	9,54	6,66	28	7,92	5,53
8	11,87	8,29	16	9,35	6,53	29	7,77	5,42
9	11,59	8,09	20	9,17	6,40	30	7,63	5,33
10	11,33	7,91						

Л и т е р а т у р а.

1. Проф. Г. В. Хлоцин, „Химические и микробиологические методы санитарных исследований питьевых и сточных вод“. 1918 г.
 2. В. А. Волжин „Анализ воды“. 1912 г.
 3. Карл Дост и Роберт Гильгерманн „Практическое руководство к исследованию питьевых и сточных вод“. 1912 г.
 4. „Исследование питьевых вод“ Составлена и редактирована С. В. Бруевичем, проф. С. В. Коршуном, С. А. Озеровым и И. Р. Хецровым. Изд. Мосздравотдела. 1925 г.
 5. С. В. Бруевич и И. Р. Хецров „Краткое руководство для санитарно-химических исследований воды при помощи походных лабораторий“. Москва, 1926.
 6. Dr. Aug. Gärtner „Hygiene des Wassers“ 1915.
 7. Dr. J. Tillmanns „Die chemische Untersuchungen von Wasser und Abwasser“, 1915.
 8. Dr. W. Ohlmüller und Prof. Dr. O. Spitta „Die Untersuchungen und Beurteilung des Wassers und des Adwassers“, 1921.
 9. „Standard Methods for the examination of water und sewage“. New-York, 1925/6 edition.
 10. Dr. L. Grünhut „Trink und Tafelwasser“ в „Das Lebensmittelgewerbe“ herausgegeben von Prof. Dr. K. von Buchka. Band, III, 1918.
 11. Prof. Dr. L. W. Winkler „Trink und Brauchwasser“ в Lunge—Berl: „Chemische-technische Uhtersuchungsmethoden“, 1921, Bd. I.
 12. Prof. Hartwig Klut „Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle“ 1922.
 13. Prof. Hartwig Klut „Trink und Brauchwasser“, 1924.
- Рукопись:
14. С. А. Озеров „Методы химического исследования воды, принятые в Рублевской лаборатории московских водопроводов“.

VI. Оценка результатов физико-химического исследования.

При оценке результатов физико-химического исследования, как уже было сказано в общей части, необходимо аналитические данные связать с условиями режима водоемочника и выяснить происхождение того или иного ингредиента. При изучении режима водоемочника требуется производить по возможности полное физико-химическое исследование воды в течение всех четырех сезонов года.

При таком подходе возможно правильно определить значение полученных при исследовании воды результатов количественного определения отдельных ингредиентов. Не устанавливая определенных норм в отношении физико-химического состава для питьевых вод, современная гигиена предъявляет к питьевым водам нижеследующие безусловные требования:

1. Вода не должна содержать вредных для здоровья веществ.
2. Должна быть защищена от проникновения в нее сомнительных в санитарном отношении загрязнений не только в настоящем, но и в будущем времени.
3. Должна быть бесцветной, прозрачной, не содержать осадков, мутн, быть освежающей температуры и не иметь неприятного вкуса и запаха.
4. Должна доставляться населению в обильном количестве.

Ниже мы останавливаемся на значениях физических свойств воды и отдельных ее ингредиентов, имеющих значение при гигиенической оценке воды.

Вкус и запах воды—неприятный вкус и запах служат ярким показателем непригодности воды, при этом всегда необходимо выяснить происхождение запаха и вкуса, чтобы правильно оценить их гигиеническое значение.

Цвет воды. Как в отношении вкуса и запаха, так и в отношении цветности необходимо стремиться получить воду совершенно бесцветную; но в целом ряде местностей совершенно бесцветную воду получить нельзя. Так, например, воды болотного происхождения часто имеют желто-бурый, зеленовато-бурый цвет, вызываемый гуминовыми веществами.

Соединения железа, наблюдающиеся в водах, также вызывают желто-бурую и бурую окраску воды. Так как цвет воды может быть вызван органическими загрязнениями, то гигиеническое значение цветности необходимо определять на основании совокупности других физико-химических признаков воды. Если цветность воды зависит от природных особенностей местности, то нет оснований к браковке такой воды, если нельзя в этой местности получить совершенно бесцветную воду, тем более, что специальной обработкой ее можно обесцветить. Путем специальной обработки воды можно достигнуть значительного, а нередко и полного обесцвечивания воды (фильтрование, коагулирование, аэрация и пр.).

Прозрачность и мутность воды. Взвешенные вещества, состоящие из песка, гидрата окиси железа, углекислого кальция при стоянии легко осаждаются, и вода делается прозрачной.

Муть, образующаяся за счет мелких глинистых частиц, очень часто и при долгом стоянии не осаждается. Такая муть хотя и безвредна, но вызывает у потребителя неприятное чувство.

Особенно большое санитарное значение имеют взвешенные частицы, образующиеся за счет остатков пищи, крахмала, соломинок и т. п. Такая муть прямо указывают на загрязнение источника.

Резкое появление муты в воде после дождей, указывая на недостаточную фильтрационную способность почвы, является дурным санитарным признаком.

Температура грунтовых вод имеет громадное значение, так как дает ценные указания о режиме источника и его происхождении. Постоянство температуры воды указывает, что данный источник питается за счет глубоких вод, на которые не оказывают значительного влияния атмосферные осадки. Колебание температуры прямо указывает, что данный водный горизонт залегает неглубоко и находится под постоянным влиянием подтока атмосферных и поверхностных вод. Путем систематических и многочисленных сезонных измерений температуры воды устанавливается температурный режим водоисточника.

В гигиеническом отношении желательнее, чтобы вода была не слишком холодна и не теплая, в среднем в 5° — 15° .

Солевой аммиак (в виде различных солей) очень часто встречается в совершенно незагрязненных грунтовых водах. В болотистых, торфяных и в местностях с отложением бурого угля вода часто содержит значительное количество аммиака (до 1 миллиграмма). Так напр., знаменитые Мытищенские источники (Московский водопровод) питаются водами болотистого происхождения, содержат в среднем аммиака до 0,05 м.

Артезианские воды всех горизонтов в Москве и Московской губернии при отсутствии других показателей загрязнения содержат значительные количества (в среднем 0,2—0,5 миллиграмм) аммиака. В северо-германской низменности (Клют) аммиак встречается в незагрязненных водах в количествах до 1 миллиграмма. В целом ряде местностей нашего Союза также в совершенно безупречных водах можно встретить довольно большое количество аммиака. Наличие аммиака в безупречных в смысле загрязнения их водах может быть связано с процессами восстановления азотно-кислых солей при взаимодействии их с гуминовыми веществами.

Альбуминоидный аммиак. Помимо солевого аммиака необходимо обращать внимание на наличие в воде альбуминоидного аммиака, который происходит за счет неполного распада белков или наоборот представляет форму накопления органического азота, как результат биологических процессов протекающих в веществе. Во многих руководствах гигиены можно встретить категорическое заключение о том, что наличие альбуминоидного аммиака всегда служит дурным показателем и такая вода должна быть забракована. Это утверждение необходимо ограничить, так как довольно часто и грунтовые и артезианские воды содержат наряду с солевым аммиаком и следы альбуминоидного аммиака. Так напр., хорошо изученные нами воды Мытищенских источников и московские артезианские содержат всегда от следов до 0,2 миллиграмма альбуминоидного аммиака. Таким образом значение наличия а. аммиака в воде в том или ином виде должно определяться его происхождением. Для этого прежде всего надо хорошо изучить состав вод того или иного района.

Азотистая кислота. Постоянное ее присутствие в значительных количествах указывает на более или менее значительный, но начальный процесс минерализации беспрерывно поступающих в воду органических веществ. При отсутствии свежего подтока органических веществ азотистая кислота быстро переходит в азотную кислоту. Таким образом, азотистая кислота, являясь крайне нестойким соединением, указывает на близкую связь водоема с источниками за-

грязнений. Наличие азотистой кислоты заставляет всегда считать воду подозрительной в санитарном отношении, но при этом необходимо помнить, что и совершенно безупречные воды иногда содержат следы азотистой кислоты, которые могут происходить так же, как и солевой аммиак, за счет восстановительных процессов. Очень часто артезианские воды под влиянием железных труб дают ничтожные следы азотистой кислоты. В водах, содержащих железо, также часто находят следы азотистой кислоты. Дождевая вода, захватывая органические соединения из воздуха, содержит азотистую кислоту.

Азотная кислота является конечным продуктом в стадии окислительного процесса азотистых соединений.

Если азотная кислота находится при отсутствии аммиака и азотистой кислоты, то это указывает, что нитрификация азотистых соединений закончена. Значительное количество азотной кислоты указывает нам, на более или менее сильное загрязнение почвы в прошлом. Большие количества азотной кислоты при отсутствии азотистой кислоты и аммиака, сопровождаясь значительным количеством хлора и сернокислых солей, хотя и указывают на законченный процесс минерализации и на загрязнение в прошлом, все же позволяет признать данную воду подозрительной, так как указывает на возможность дальнейшего ее загрязнения.

„Если же присутствие азотной кислоты сопровождается высокими цифрами окисляемости, хлора, серной кислоты, особенно же солей калия и бактерий, то это заставляет предполагать загрязнение воды человеческими и животными отбросами“. (König).

В небольших количествах (до 20—30 миллиграмм) азотная кислота почти всегда встречается в неглубоких грунтовых и поверхностных водах. Глубокие грунтовые и артезианские воды довольно часто совершенно свободны от азотной кислоты или имеют лишь следы азотной кислоты. Малые количества азотной кислоты в воде могут происходить за счет атмосферного азота, так как даже незагрязненная почва может содержать в небольшом количестве азотно-кислые соединения, которые образуются в атмосферном воздухе под действием электричества.

В местностях, имеющих в своих породах отложения азотно-кислых металлов, азотная кислота может встречаться в значительных количествах. При аэрации железистых вод (искусственное удаление железа) азотная кислота в небольших количествах может образоваться из аммиачных соединений.

Хлор в природных водах чаще всего встречается в виде хлористого натрия. Он может быть как минерального, так и животного происхождения. В зависимости от его происхождения решается вопрос и о его санитарном значении.

Хлор минерального происхождения, если он находится в таких количествах, что не портит вкуса воды, в санитарном отношении не имеет значения. При животном же его происхождении он имеет колоссальное санитарное значение, указывая на прямое или косвенное загрязнение водоема продуктами жизнедеятельности человека и животных (моча, сточные хозяйственные воды, отбросы и т. п.). Характерной особенностью хлора является то, что хлористый натр не подвергается в почве никаким изменениям и очень мало задерживается почвой. При таких его особенностях он может служить показателем степени загрязнения почвы. Если он встречается в значительных количествах при отсутствии других показателей загрязнения (NH_3 , N_2O_5 , окисляемость), то это служит указанием на то, что вода на-

ходилась в соприкосновении с загрязненной почвой, но уже успела очиститься. Если вместе с хлором наблюдается наличие органических веществ в значительном количестве, то это служит указанием, что вода происходит из загрязненной почвы. Большое количество хлора и азотной кислоты при умеренной окисляемости, следов аммиака и азотной кислоты указывает, что почва, в которой заключается вода, подвергается значительному загрязнению органическими веществами.

Значение того или иного количества хлора определяется в связи с прочими результатами анализа.

В некоторых местностях (юго-восток России, Закаспийская область и др. места) по геологическим условиям грунтовые воды содержат очень большие количества хлора. Так например, грунтовые воды Екатеринославской губ. содержат до 200—300 миллиграмм хлора.

В Московской губ. нередко встречаются грунтовые воды, которые содержат следы или 1—3 миллиграмма хлора. Артезианские воды Московской губернии в среднем содержат 10—12 миллиграмм. Мытищенские источники (грунтовые) содержат хлор в пределах от 1 до 5 миллиграмм (по наблюдениям за последние 6 лет).

Серная кислота. В зависимости от геологических условий содержание серной кислоты в воде резко меняется. Содержащиеся в грунте гипс, сернистый магний, сернокислый натр, выщелачиваясь водой, дают те или иные количества серной кислоты. Значительные количества серной кислоты попадают в колодцы вместе с дождевой водой, захватившей серную кислоту из воздуха в местах где много сжигается угля (южные заводы, города). При отсутствии вышеуказанных источников серной кислоты, последняя может происходить и за счет животных отбросов. Значительное колебание в воде количества серной кислоты заставляет подозревать о происхождении ее за счет органических веществ.

Фосфорная кислота настолько жадно поглощается почвой, что в воду она обычно не попадает. Наличие ее в воде указывает на чрезмерное насыщение почвы органическими веществами или на искусственное удобрение почвы соединениями фосфора.

Сероводород может быть как минерального, так и животного происхождения. Нередко безукоризненные в санитарном отношении грунтовые воды содержат сероводород. Особенно часто сероводород минерального происхождения (за счет железного колчедана) встречается в глубоких артезианских водах (Моск. губ., Северный Кавказ и др. места).

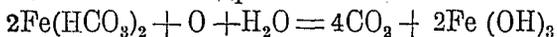
В водах болотистого происхождения содержащиеся в них гуминовые вещества могут восстанавливать сернокислые соли металлов до сероводорода. Сероводород, образовавшийся при гниении белковых веществ, всегда будет сопровождаться и другими показателями загрязнения и наличие его в таких случаях служит признаком сильного разложения.

Окисляемость. (Органические вещества). Определение окисляемости основано на редуцирующей способности органических веществ по отношению к марганцевокислому калию. Следует отметить, что величины окисляемости могут быть несколько повышенными за счет восстанавливающей способности других веществ (нитриты, сульфиды, закись железа). Определение количества кислорода, потребного для окисления веществ воды и определяемое методами окисляемости, не отвечает вполне тому количеству кислорода, которое тратится на

окисление органических веществ в результате биохимических процессов в водоеме. Тем не менее в виду быстрого определения и получения достаточно сравнимых результатов определение окисляемости имеет большое санитарное значение. Относительно повышенная окисляемость грунтовых вод всегда заставляет подозревать загрязнение водоисточника. Исключения представляют незагрязненные болотистые воды.

Кислород. Наблюдениями установлено, что чистые воды открытых водоемов в течение гидрологического лета насыщены кислородом. В загрязненных водах, в зависимости от степени загрязнения, происходит поглощение кислорода в большей или меньшей степени. Чем грязнее воды, тем меньше они содержат кислорода. Глубокие, грунтовые воды и артезианские воды обычно не содержат кислорода и жадно поглощают кислород при соприкосновении с воздухом. Высокое содержание растворенного кислорода является одним из факторов увеличения агрессивности водопроводной воды по отношению к железу, так как способствует переводу закисного двууглекислого железа в гидрат окиси, сопровождающийся уменьшением концентрации ионов железа в воде, что ведет к сдвигу равновесия и новому растворению железа. При больших количествах кислорода, особенно в мягких водах, водопроводная сеть будет всегда находиться под угрозой быстрого ее разрушения. Также разрушительно действуют воды с большим содержанием кислорода на стенки паровых котлов.

Железо происходит за счет геологических пород, содержащих соединения железа. Очень часто природные грунтовые воды содержат очень большое количество железа. Нередко железо встречается и в артезианских водах. Во многих грунтовых водах Московской губ. железо содержится в незначительных количествах (1—3 миллиграмм). Нередко встречаются воды с содержанием 8—10 мгр. Артезианские воды Московской губ. содержат в среднем 0,5—0,7 мгр. железа. Чаще всего железо встречается в виде двууглекислой соли закиси. Последняя, представляя собой легко окисляющееся соединение, под действием кислорода воздуха выделяет углекислоту и переходит в нерастворимое соединение—в гидрат окиси железа:



Гораздо реже железо находится в виде сернокислой соли и солей гуминовых кислот.

Железистые воды неприятны тем, что при соприкосновении с воздухом они мутятся и выделяют желто-бурый осадок окиси железа, который оставляет ржавые пятна на белье, умывальниках и металлических предметах. При значительных количествах железа, вода делается неприятной на вкус и запах. Железистые воды, являясь хорошей средой для развития специфических железо-бактерий (главным образом *Chlamidothrix*, *Gallionella*, *Crenothrix*), вредны в техническом отношении, так как при благоприятных условиях железо-бактерии настолько пышно разрастаются в трубах, что суживают, а иногда закупоривают весь просвет водопроводных труб и преждевременно портят водопроводную сеть.

При отыскании источников для водопроводов необходимо стремиться подыскать водоисточник без железа или с малым его содержанием; если же таких источников нет в данной местности, то при проектировании водопроводов за счет железистых источников, необходимо предусмотреть устройство специальных сооружений для удаления железа.

Обычно сооружения для удаления железа основаны на принципе аэрации воды, при чем выпадающая в виде хлопьев окись железа удаляется путем фильтрации на обычных песчаных или пермутитовых фильтрах. Нужно при этом указать, что при нахождении железа в соединении с гуминовой кислотой освобождение воды от железа затрудняется. При содержании в воде железа в 0,2 mgr. рекомендуется при наличности значительной водопроводной сети устраивать установки для удаления железа. Для водопроводов домовых и усадебных требование к количеству железа ослабляется, допуская его содержание до 0,75 mgr. Игнорирование этого требования очень часто ведет к непоправимой катастрофе, когда водопроводная сеть, проросшая железобактериями, перестает проводить необходимое количество воды. Принимая в расчет большую ценность водопроводной сети (обычно для городских водопроводов до 70—80% общей стоимости всех водопроводных сооружений) и возможность ее утраты необходимо с большой осторожностью подходить к вопросу об отношении к большим количествам железа.

Марганец. Присутствие марганца имеет то же санитарно-техническое значение, как и железа. Удаление его из воды значительно труднее, чем удаление железа.

Свинец. Свинец в питьевых водах обычно происходит за счет растворения свинца, находящегося в свинцовых трубах. Как правило необходимо стремиться к тому, чтобы не допускать к употреблению свинцовые трубы и относится отрицательно к содержанию свинца в питьевых водах.

Однако вопрос о минимальных количествах свинца, допустимых в питьевых водах, встречает различное отношение гигиенистов. Большинство гигиенистов считает уже 0,36 свинца на литр воды предельной допустимой дозой (Рубнер), другие (Гертиер) считают предельной дозой только 1 mgr.

Между прочим, вода Берлинского водопровода содержит 0,3 mgr. свинца в воде, и отравлений там не наблюдается. При наличности свинцовых труб химический состав вод имеет особенно большое санитарное значение, так как степень растворимости свинца сильно колеблется под влиянием того или иного состава вод. Обычно кислые воды растворяют свинец, щелочные этой способностью не обладают. Растворимость свинца повышается под влиянием кислорода. Благоприятно действует на растворение свинца в воде переменное действие на трубы воздуха и воды, что бывает при неполном наполнении труб или при перерывах в работе водопроводов.

Растворимость свинца значительно повышается под влиянием кислот: угольной, гуминовой и др. Присутствие углекислоты значительно усиливает растворяющую способность кислорода. Загрязненные воды с большим содержанием азотной и азотисто-кислых солей значительно повышают растворимость свинца. Свинец, недостаточно чистый, содержащий олово, цинк, медь и пр. растворяется водой сильнее, чем чистый свинец. Наличие в воде двууглекислых солей понижает растворимость свинца. Поэтому жесткие воды с большой карбонатной жесткостью, хуже растворяя свинец, защищают свинцовые трубы от раз'едания. Сернокислые соли (постоянная жесткость) при известных условиях усиливают растворимое действие воды на свинец. При действии жестких вод свинцовые трубы покрываются известковым налетом, который хорошо защищает от раз'едания трубы. Эта защитная способность начинает заметно проявляться с 7⁰ жесткости. При необходимости пользоваться свинцовыми трубами можно

рекомендовать экспериментально исследовать действие данной воды на свинцовые трубы, так как путем химического анализа не всегда можно категорически высказаться, как будет действовать вода на свинец.

Жесткость зависит от известковых и магниевых соединений, главным образом, в форме двууглекислых и сернокислых солей. Общее количество известковых соединений почти всегда преобладает над количеством магниевых. Известковые и магниевые соединения в виде углекислых солей обычно значительно превышают сернокислые соединения. Известковые и магниевые соединения очень широко распространены в природе и находятся почти во всех горных породах. Степень жесткости воды зависит в значительной мере от содержания в горных породах, через которые проходит вода, углекислых солей кальция и магния и от содержания в воде углекислоты. Чем больше углекислоты в воде, тем больше будет степень ее жесткости. Так как вода, содержащая угольную кислоту, переводит нерастворимые углекислые соединения в растворимые, то одна и та же горная порода в зависимости от степени насыщения воды углекислотой будет растворять различные количества известковых и магниевых соединений. Этим может объясняться различная степень градусов жесткости одного и того же водного горизонта в различных местах. Наблюдениями установлено, что в загрязненных местностях, где в почве совершается разложение органических веществ, степень жесткости значительно больше жесткости воды того же водного горизонта, но в местах менее загрязненных.

Растворимые двууглекислые соли при стоянии воды на воздухе, теряя углекислоту, снова превращаются в нерастворимые нейтральные соединения и выпадают в виде осадка из раствора. При кипячении воды этот процесс идет быстрее, и вода быстро освобождается от карбонатной жесткости. Но этот процесс превращения двууглекислой соли кальция в углекислую легко совершается при значительном содержании бикарбонатов. При содержании в воде незначительных количеств бикарбонатов последние не разлагаются даже при продолжительном стоянии на воздухе.

Санитарное значение жесткости теснейшим образом связано с происхождением углекислоты. Если жесткость нарастает в воде, то такую воду надо признать подозрительной в санитарном отношении. Обычно нарастание жесткости сопровождается и другими показателями загрязнения (N_2O_3 , NH_3 , Cl , окисляемость, бактериальное загрязнение). В таких случаях санитарная оценка затруднений не представляет.

Жесткость воды резко колеблется в зависимости от геологических условий той или иной местности. Этим объясняется, что определенных норм жесткости для питьевых вод не может быть установлено. В специальной гигиенической литературе, хотя и приводятся нормы жесткости, но значение их, как для норм в отношении других ингредиентов, также носит уловный характер. В общих руководствах гигиены приведенные нормы жесткости устанавливаются, как максимум, в 20° (см. нормы Рейхарта, Флюге, Фишера, Паркса, Тимана, Гертнера, Клюта, Брюссельского конгресса, Швейцарского Союзного Совета и др.). Таким образом требование вышеприведенных норм надо принять, как пожелание, которое не всегда может быть удовлетворено. И, действительно, целый ряд местностей нашего Союза (Екатеринославская губ., Северокавказский край, Закаспийская область и др.) вынуждены пользоваться водой с очень большой жесткостью (до 80°), так как более мягких вод в этих местностях нет. Несмотря на наличие ряда

научных работ, пытавшихся связать заболеваемость населения (зобатость) с высокой или низкой жесткостью, эти наблюдения нельзя считать доказанными. Действительно, всем известны области, где население питается и очень мягкой (0,50) водой и очень жесткой (80—100°) и никаких специфических заболеваний там не установлено.

Надо указать при этом, что резкий переход от пользования мягких вод к жестким у чувствительных лиц нередко вызывает расстройства желудочно-кишечной деятельности, но это происходит временно до привыкания. Большие количества сернокислой магнезии вызывают у многих лиц сильное раздражение кишечника, поэтому такую воду желательнее избегать.

Безусловно, при наличии более мягких вод в данной местности необходимо их предпочесть, так как жесткие воды невыгодны и неприятны в хозяйственном отношении (плохо разваривают пищу, оставляют накипь на посуде, плохо мылятся). Таким образом каждый лишний градус жесткости требует лишнего расхода мыла. При большой жесткости воды население ежегодно при пользовании такими водами затрачивает много лишних средств на расход мыла. В техническом отношении жесткость воды имеет колоссальное значение, так как жесткие воды для очень многих видов промышленности непригодны. Особенно вредна в техническом отношении (для котлов) сульфатная жесткость, которая образует крепко сидящую на стенках котлов накипь. Образующиеся на котлах накипи затрудняют передачу тепла и требуют излишней затраты топлива. По вычислению Клютэ накипь в 1 мм. толщиной вызывает увеличение расхода на топливо на 15%.

Карбонатная жесткость устраняется из воды значительно легче (при кипячении), но и она для многих производств непригодна. Высокая карбонатная жесткость может при определенном составе вод служить причиной закупорки водопроводных труб.

Необходимо в заключение указать, что при значительном загрязнении почвы и интенсивных процессах минерализации органических веществ, возможно значительное выделение углекислоты, которая, содействуя растворению известковых пород, может дать резкое увеличение жесткости. При таких условиях жесткость может служить показателем загрязнения. Путем сравнения вод загрязненных районов с водами того же горизонта незагрязненных мест можно установить причину повышения жесткости.

На практике очень часто предпочитают более мягкую хотя и загрязненную воду открытых водоемов при наличии более жестких грунтовых и артезианских вод безукоризненных в санитарном отношении. По гигиеническим соображениям необходимо настаивать на пользовании водами более благоприятными в санитарном отношении, хотя бы они и были более жестки.

Сухой остаток. В отношении количества сухого остатка также не может быть установлено каких-либо норм, так как количество плотного остатка, главным образом, находится в зависимости от общего солевого состава данной воды. Поэтому значение плотного остатка определяется происхождением минеральных составных частей (см. о значении хлористого натра, общей жесткости). Вообще же необходимо стремиться получить воду с меньшим плотным остатком, если местные условия позволяют это сделать. Обычно гигиенистами рекомендуется, как предельное допустимое, количество плотного остатка в 500 мгр., но и это требование не безусловное, так как во многих местах (см. гл. о жесткости) вода сильно минерализована,

достигая очень больших цифр (плотного остатка для Екатеринославской губ. и др. южных мест в среднем до 2000 мгр.).

Активная реакция. Активная реакция питьевых вод не имеет непосредственного физиологического влияния вследствие незначительной буферности природных вод, но отражая *ceteris paribus* содержание свободной угольной кислоты в известных условиях является весьма демонстративным санитарным показателем загрязнения. Высокое же содержание свободной угольной кислоты свидетельствует о наличии достаточного материала для окисления в воде органических веществ. Санитарная оценка активной реакции должна производиться с учетом общего гидрологического режима водоема, без чего она лишена всякого значения, так как активная реакция водоема имеет плавный годовой ход соответственно годовому колебанию содержания свободной угольной кислоты: минимум в течение гидрологического лета, максимум зимой. Наиболее ярко выделяется значение активной реакции при исследовании различных пунктов одного и того же открытого водоема, когда моментально определяемая активная реакция обнаруживает систематическое понижение p_n в местах загрязнения (за исключением, разумеется, мест спуска щелочных промышленных вод).

Так, активная реакция незагрязненной реки Москвы выше города равная летом $p_n = 8,3-8,2$ падает в конце города до $p_n = 7,7$ и вместе с процессами самоочищения ниже города вновь доходит почти до первоначальной величины.

Агрессивная углекислота. Агрессивная угольная кислота имеет большое практическое значение в водопроводном деле как один из факторов разрушения бетонных частей водопроводных сооружений, ведущей одновременно к часто нежелательному повышению жесткости воды. Кроме того, и раз'едание железных труб идет до некоторой степени параллельно с увеличением агрессивной угольной кислоты.

Приложение.

VII. Анализ сернокислого глинозема и хлорной извести.

При очистке речной воды нередко применяют химическую обработку хлорной известью или коагулянтом. Тому и другому продукту предъявляют определенные требования: к хлорной извести — высокое % содержание активного хлора около 30%; в коагулянте, который применяется в большем количестве по сравнению с хлорной известью, содержание окиси алюминия обычно бывает около 14%. Серная кислота не должна превышать эквивалентного количества по отношению к окиси алюминия, т.е. 33% SO_3 .

Отношение найденного SO_3 к вычисленному из количеств оснований не должно быть более 1; предпочтительнее основной сернокислый глинозем с некоторым избытком Al_2O_3 , чем кислый и средний; избыток серной и других кислот, а также присутствие солей закиси железа, понижающих эффект коагулирования, нежелательно. Кроме того, глинозем не должен содержать примесей вредных для здоровья, как-то, мышьяк, свинец и друг. тяжелые металлы. В зависимости от этого производятся испытания глинозема на содержание главных составных частей, вредных примесей, удельного веса и др. определения.

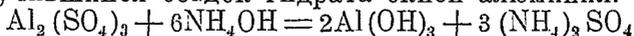
Анализ сернокислого глинозема.

50 гр. сернокислого глинозема из средней пробы растворяют в литре холодной дистиллированной воды и из этого раствора делают все определения.

В цилиндр на 250 с. с. наливают испытуемого раствора и ареометром определяют удельный вес его. Для определения понижения щелочности воды при коагулировании дозой 80 мгр. на литр, заготавливают две четверти по три литра в каждой фильтрованной водопроводной воды, имеющей щелочность 10—15° и доводят ее температуру до комнатной. При быстром круговом вращении воды, избегая вовлечения пузырьков воздуха, в одну из четвертей прибавляют 5 с. с. 5% раствора глинозема. В течение часа наблюдают скорость хлопьеобразования. При хорошем глиноземе хлопьеобразование и оседание главной массы хлопьев на дно четверти происходит в течение первого часа. Прокоагулированную воду оставляют в покое на несколько часов. По оседании хлопьев на дно (в противном случае фильтруют), берут 100 с. с. коагулированной воды и столько же натуральной и определяют щелочность титрованием $\frac{1}{10}$ N соляной кислотой. Разность щелочности натуральной и коагулированной воды дает понижение щелочности в градусах (обычно 1,8—2,0° немецких градусов карбонатной жесткости).

Для определения общего содержания растворимых окислов, главным образом алюминия и незначительного количества примесей, берут 10 к. см. фильтрата, отвечающего навеске 0,5 гр. глинозема, выпаривают во взвешенном платиновом тигле, после чего осторожно прокачивают до постоянного веса, полученный вес умножают на 200 и получают общее содержание окислов в %.

Al_2O_3 ($Fe_2O_3 \cdot FeO$). 10 с. с. фильтрата глинозема разбавляют до 100 с. с. дистиллированной водой, прибавляют 5 с. с. хлористого аммония (250 гр. на литр), осаждают алюминий и примеси железа в виде гидратов аммиаком, прибавляя последний до слабого аммиачного запаха. В избытке аммиака алюминий растворяется с образованием алюминатов $Al(OH_4)_3$, растворению препятствует прибавление NH_4Cl . Получившийся осадок гидрата окиси алюминия:



отфильтровывают, приставший к стенкам стакана осадок по возможности сносят на фильтр, при помощи стеклянной палочки с резиновой насадкой, горячей промывной жидкостью (дистиллированная вода, несколько капель хлористого аммония и одна капля аммиака). Осадок же, плотно приставший к стенкам стакана, растворяют в нескольких каплях соляной кислоты, прибавив метилоранжа, нейтрализуют аммиаком до слабой щелочной реакции, отфильтровывают получившийся осадок через фильтр с главной массой осадка глинозема. Под конец промывают горячей дистиллированной водой, после подсушивания сжигают и взвешивают, умножают полученный вес на 200, получают содержание Al_2O_3 ($Fe_2O_3 \cdot FeO$) в %. Вычитая из суммы вес ($Fe_2O_3 \cdot FeO$), получаем Al_2O_3 в %.

Определение окиси железа производят обычным колориметрическим способом с роданистым калием, описанным при определении железа в воде. Определив содержание железа в глиноземе с окислением бертолетовой солью и без окисления, можно определить по разности содержание закиси железа. Более быстрый способ определения закиси железа окислением на холоду марганцевокислым калием в кислом растворе: 50 с. с. фильтрата глинозема подкисляют 5 с. с. серной

кислоты (1:3) и титруют $\frac{1}{100}$ N раствором $KMnO_4$ до появления розовой окраски. Число с. с. $KMnO_4$, пошедших на титрование, умножают на 0,72 и получают количество закиси железа в 50 с. с., умножают еще на 40 и получают содержание FeO в %; для пересчета закиси на окись железа умножают на коэф. 1,11.

Фильтрат от Al_2O_3 (Fe_2O_3 , FeO), если он в последних порциях не содержал серной кислоты, употребляют для определения последней, в противном же случае определение серной кислоты делают из отдельной порции: из 10 с. с. фильтрата глинозема осаждают алюминий, фильтруют декантацией до полного вымывания серной кислоты. Фильтрат от алюминия подкисляют 5 с. с. соляной кислоты уд. вес 1,12, упаривают до 75—100 с. с., прибавляют 50 с. с. 2,4% раствора хлористого бария (сначала несколько капель, а затем медленно остальное), дают стоять 3 часа в теплом месте, фильтруют, промывают горячей водой, высушивают, осторожно сжигают и взвешивают. Умножают полученный вес на коэффициент 0,343 и на 200, получают содержание SO_3 в %.

Для определения мышьяка, допустимого только в виде следов, берут в пробирку 10 с. с. раствора глинозема, 0,05—0,1 гр. металлического цинка, 1 с. с. серной кислоты (1:3), закрывают пробирку бумажкой, пропитанной насыщенным раствором азотнокислого серебра в насыщенном растворе бертолетовой соли, высушенной в эксикаторе над хлористым кальцием в темноте, покрывают сверху чистой бумажкой и прижимают при помощи резинового кольца бумажку плотно к стенкам пробирки. В присутствии мышьяка получается желтое окрашивание на бумажке, пропитанной азотно-кислым серебром от образовавшегося мышьяковистокислого серебра $AsAg_3$, $3AgNO_3$. Чтобы учесть содержание мышьяка количественно, получившуюся окраску сравнивают с окраской стандартных образцов раствора мышьяковистокислого натрия $As(O\text{Na})_3$, содержащего в 1 с. с. 0,001 мгр. As_2O_3 (0,1941 гр. $As(O\text{Na})_3$ на литр, 10 к. см., которого разводят до 1 литра).

Для определения свинца в слабокислый раствор глинозема пропускают сероводород. Присутствие черного осадка сернистого свинца укажет на присутствие его в глиноземе.

Для определения воды навеску 0,5 гр. осторожно прокалывают и взвешивают. Из веществ, улетучивающихся при прокаливании, вычитают общее количество серной кислоты, остальное приходится на долю воды; после умножения на 200, получают количество воды в %. Остаток от прокалывания за вычетом окиси алюминия дает золу общего количества примесей. Количество нерастворимых примесей определяется по объему. Раствор глинозема наливают в стеклянный градуированный цилиндр с притертой пробкой и с оттянутым книзу кончиком, в котором наблюдают количество и крупность осадка.

Анализ хлорной извести.

Из средней пробы хлорной извести берут навеску 3,55 гр., растирают в ступке с небольшим количеством воды; по превращении комочков хлорной извести в мелко раздробленное состояние разбавляют водой, сливают жидкость вместе с осадком в литровую колбу, споласкивают ступку несколько раз в ту же колбу и доводят водой до метки. Перемешав раствор, берут из него 10 к. см., приливают к 50 к. см. дистиллированной воды в конической колбочке, прибавляют 5 с. с. 10% раствора KJ , 5 с. с. уксусной кислоты и титруют

выделившийся $J \frac{1}{100} N$ раствором $Na_2S_2O_3$ до слабого желтого окрашивания, после чего прибавляют 1 с. с. $\frac{1}{2}\%$ раствора крахмала и дотитровывают до исчезновения синей окраски. Число с. с. точно $\frac{1}{100} N Na_2S_2O_3$, израсходованных на титрование 10 с. с. раствора соответствует содержанию активного хлора в $\%$.

При хлорировании воды нужно производить контрольное определение содержания активного хлора. Избыток активного хлора может вредно отразиться на вкусовых качествах воды, а также давать запах хлора; при фильтровании воды через английские фильтры неблагоприятно действовать на живых обитателей песчаной пленки, способствующих биологической очистке воды. При контрольных определениях количества реактивов можно значительно уменьшить; на 100 с. с. воды прибавляют 1 с. с. 10% $KI + 2\frac{1}{2}$ с. с. 12% уксусной кислоты $+ 1$ с. с. $\frac{1}{2}\%$ раствора крахмала.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ.

1. Программа исследования.

Программа исследования очищенных и неочищенных сточных вод устанавливается согласно с характером сточных вод и с целями, преследуемыми анализом и в связи с этим может чрезвычайно широко варьировать как по объему, так и по содержанию.

1. Хозяйственные воды.

Основным свойством хозяйственных вод является значительное количество взвешенных веществ, дающих загнивающий осадок, и способность сточной жидкости к загниванию и потреблению большого количества кислорода. С этой точки зрения анализ сырой и очищенной сточной жидкости имеет своей главной целью определение взвешенных веществ, потребности сточной жидкости в кислороде и факторов, характеризующих последнюю. Полный анализ хозяйственных вод производится при проектировании очистных сооружений в целях детального изучения сточной жидкости и при генеральной проверке работы очистного сооружения, при чем в последнем случае производится исследование вод до очистки, после очистки и в различных производственных стадиях ее.

В целях текущего контроля достаточно производства краткого исследования, дающего общую характеристику внешнего вида воды, взвешенных веществ и потребности в кислороде.

При контроле работы отдельных частей очистного сооружения достаточно производства лишь специфических определений: для отстойников — взвешенных веществ, для окислителей — потребности в кислороде и баланс азота. Определения производятся до и после прохода данной части очистного сооружения.

Схема полного анализа очищенных и неочищенных хозяйственных вод.

Температура
Цвет

Азот общий
„ взвешенных веществ

Запах	Углерод органический раство-
Прозрачность	ренных веществ
Муть	Углерод органический взвешен-
Осадок	ных веществ
Пленка	Окисляемость фильтрованной во-
Реакция, рН	ды
Щелочность титрирная	Окисляемость нефильтрованной
Кислотность титрирная	воды
Плотный остаток при 105° С	Потребление кислорода
” ” прокаленный	1) 5 суточная английская проба
Взвешенные вещества при 105° С	2) относительная стабильность
” ” прокаленные	3) биохимическая потребность в
” ” объемное опреде-	кислороде
ление	Проба на загниваемость по
Азот аммонийный	Тумму 1)
” альбуминоидный	Сероводород
” нитритов	Хлориды
” нитратов	Фосфаты
” органический	

Схема краткого анализа очищенных и неочищенных сточных вод.

Температура	Азот нитритов
Цвет	” нитратов
Запах	Окисляемость фильтрованной во-
Прозрачность	ды
Муть	Окисляемость нефильтрованной
Осадок	воды
Пленка	Потребление кислорода, 5 суточ-
Реакция, рН	ная английская проба
Взвешенные вещества объемным	Проба на загниваемость по
способом	Тумму 2)
Щелочность титрирная	Сероводород
Азот аммонийный	Хлориды

Схема краткого анализа до и после отстойника.

Физические свойства	Окисляемость фильтрованной во-
Взвешенные вещества весовым	ды
способом при 105°	Потребление кислорода 3)
Взвешенные вещества объемным	Хлориды
способом	

Схема краткого анализа до и после окислителя.

Физические свойства	Потребление кислорода, 5 суточ-
Азот аммонийный	ная английская проба
” нитритов	Проба на загниваемость по Тум-
” нитратов	му 2)
Окисляемость нефильтрованной	Хлориды
воды	

1) В случае невозможности определения стабильности.

2) В случае возможности: определение стабильности.

3) В случае возможности.

2. Промышленные воды.

Отличаются чрезвычайным разнообразием соответственно с многообразием производств и отдельных производственных операций вследствие чего и общих схем анализа не может быть дано.

Промышленные воды могут быть условно разделены на следующие группы:

а) сточные воды с большим количеством взвешенных веществ. Главное внимание обращается на определение взвешенных веществ;

б) сточные воды, содержащие органические вещества, способные загнивать. Исследование производится аналогично исследованию хозяйственных вод.

в) сильно окрашенные сточные воды.

Внимание обращается на степень окраски и на уменьшение цветности после очистки.

г) сточные воды, содержащие ядовитые вещества.

д) сточные воды, содержащие масла, жиры, каменноугольный деготь, мыла и проч.

В последних случаях исследование направляется в сторону определения характерных ингредиентов.

2. Илы и осадки.

Исследование илов и осадков производится в целях выяснения способности высухать для выяснения того, насколько легко или трудно будет удаление ила, для выяснения ценности ила, как удобрения, и для выяснения теплотворной его способности при использовании высушенного ила, как топлива.

При исследовании илов и осадков большое внимание уделяется внешнему виду осадков: цвет, консистенция—включения, наличие песка, волос, волокон и пр.

При исследовании илов и осадков производится согласно цели исследования все или отдельные из нижеуказанных определений.

Схема исследования.

Макроскопическое исследование	Органический углерод
Микроскопическое	Фосфаты
Химическое	Калий
Реакция	Жиры
Гигроскопическая вода	Клетчатка
Потеря при прокаливании	Сероводород
Зола	Проба на высушивание
Песок	Определение теплотворной способности
Общий азот	

II. Выемка проб.

По весьма значительному разнообразию условий, в которых приходится брать пробы сточных, промышленных, отработанных и просто загрязненных вод, совершенно невозможно выработать определенные жесткие правила выемки проб для их анализа. Главное внимание должно быть обращено на то, чтобы отбираемая проба сточных вод не оказалась случайной, но чтобы по возможности точнее

и полнее представляла собой соответствие той их части, которая по заданию должна была составить предмет исследования.

Изменчивый характер состава сточных вод редко позволяет ограничиться одной индивидуальной пробой и чаще всего заставляет прибегать к составным пробам, которые составляются из отдельных индивидуальных порций, отбираемых через определенные промежутки времени (от нескольких минут до часа) на протяжении суток, полусуток или продолжительности рабочего дня (6—8 часов). Если дебет стока во времени достаточно постоянен, то смешением одинаковых объемов индивидуальных порций составляется просто средняя проба. При изменчивом дебете (наиболее частый случай) смешением неодинаковых, но пропорциональных кривой дебета, объемов индивидуальных порций составляется средняя пропорциональная проба сточной воды.

Индивидуальные порции следует набирать в широкогорлые (диаметром не менее 2,5 см.) склянки емкостью от 0,25 до 1 литра. Подходящим для исследования сточных вод объемом считается обычно 3—4 литра.

Консервирование проб. Пробы фекальных и нестойких вод следует анализировать, как можно скорее после взятия. Нет ни одного вполне удовлетворительного метода консервирования, и прибавленный консервант следует выбирать, сообразуясь с предстоящими определениями, для каждой порции обрабатываемой пробы. Если нельзя сделать анализ через 4—6 часов, пробы следует обрабатывать хлороформом по 6 с. с. на литр и держать до анализа на льду.

Хлороформ без охлаждения не предохранит нитратов. Серная кислота, прибавленная в количестве 1 гр. на литр, повидному, сохраняет начальное равновесие между различными формами связанного азота. Формалин можно прибавить к порции, из которой будут определяться нитритный азот, сухой остаток, потеря от прокаливании, хлориды и жиры. Пробы для определения относительной стабильности биохимического потребления кислорода должны быть совершенно свободны от консервантов.

III. Исследование на месте.

На месте определяется температура, цвет, запах, муть, осадок, активная реакция. Определения аммиака, нитритов, нитратов и окисляемости должны делаться в первый же день по доставлении пробы в лабораторию.

IV. Методы исследования.

1. Цвет.

Цвет сточных вод за исключением высокоокрашенных красильных вод не имеет такого значения, как при исследовании питьевых вод. Достаточно качественного описания окраски с указанием окрашена ли вода сильно, незначительно или бесцветна.

Интенсивность окраски сточных вод определяется отысканием разбавления, при котором в слое толщиной 10 сант. окраска становится неразличимой.

2. Запах.

При слабо выраженном запахе определение ведется, как в случае питьевых вод.

Для установления наличия связанного сероводорода запах определяется после предварительного подкисления.

3. Прозрачность.

Определяется, как и для питьевых вод по шрифту Снеллена № 1.

При определении прозрачности следует следить за тем, чтобы определение велось не в отстоявшейся воде, а во взболтанной натуральной пробе. Прозрачность отстоявшейся воды может быть указана дополнительно.

В случаях, когда прозрачность зависит в большей степени от взвешенных частиц, чем от высокой цветности самой воды, рекомендуется определение прозрачности фильтрованной и нефилтрованной воды.

4. Муть и осадок.

Муть. Для определения характера мути проба сточной воды рассматривается в отраженном рассеянном свете, а также в темной комнате при боковом освещении тонким пучком лучей фонаря, пропущенным через линзу или щель, наблюдают явление Тиндалля, вызываемое освещением взвешенных и коллоидальных частичек сточной воды. Цвет, характер и интенсивность мути даются описательно. При определении цвета мути следует сравнивать в одинаковых условиях натуральную сточную воду с профильтрованной ее порцией. Муть различают коллоидальную, опаловидную, суспензионную, эмульсионную, тонкую, грубую, хлопьевидную, волокнистую и т. п.

Осадок. Под осадком понимается не только часть взвешенных веществ, осевшая на дно бутылки, но также и плавающие их скопления в виде корки или иной формы агрегатов, отделившиеся от остальной массы жидкости. При регистрации осадка отмечают его цвет, вероятная природа, строение; способность более или менее быстро отстаиваться или вообще обособляться от жидкости после взбалтывания. Употребительны выражения: илистый, хлопьевидный, комковатый, зернистый, слизистый, клочковатый, маслянистый и пр. Особо отмечается присутствие маслянистых пленок.

5. Изменения при стоянии.

Отмечаются главные изменения сточных вод при стоянии, могущие быть показательными для характера возникающих в них процессов: гниение, цветение, выделение осадка, инкрустаций, корок, помутнения, коагуляция и пр. (См. сказанное для питьевых вод).

Практическое значение имеют изменения, происшедшие во внешнем виде воды в течение суток стояния.

6. Реакция.

Активная реакция сточных вод имеет очень большое значение, как в отношении влияния на водоем, в который спускается сточная вода, так и самостоятельно.

Активная реакция сточной воды обуславливает возможность или невозможность тех или иных биологических процессов в самой сточной воде, отчего зависит выбор метода очистки. Активная реакция, сильно отклоняющаяся от нейтральной, делает воду временно, впрямь до разбавления, не загнивающей.

Активная реакция воды совпадающая с пьезоэлектрической точкой взвешенных белковых веществ способствует их осаждению. В противном случае выпадение значительно задерживается.

Также велико влияние реакции на процессы коагуляции воды, так как активная реакция в одном случае может содействовать коагуляции и дальнейшей седиментации осадка, в другом же пептизировать его, делая его неосадимым.

Также не без влияния остается активная реакция и на скорость фильтрования.

Определение активной реакции сточных жидкостей производится как электрометрически, так и колориметрически.

В первом случае рекомендуется исключительно хингидронный способ, так как определение в газовой цепи оказывается неподходящим как по причинам указанным для питьевых вод, так и вследствие сильного редуцирующего действия водорода в контакте с платиновой чернью на легко восстанавливающиеся органические ингредиенты сточных вод.

Хингидронный метод при массовых определениях рН сточных вод не уступает в быстроте колориметрическим методам.

Колориметрическое определение активной реакции сточных вод обладает некоторыми особенностями по сравнению с определением рН питьевых вод, вследствие высокой цветности и мутности сточных вод. Вследствие невысокой буферности и происходящей отсюда невозможности разбавления сточных вод обычное колориметрическое определение является по большей части мало применимым.

В не слишком сильно окрашенных сточных водах определение рН с удобством производится по методу S. P. L. Sørensen'a пользуясь буферными растворами, налитыми в маленькие пробирки, емкости около 4 с.с. и диаметром 8—10 мм. и хорошо закупоренными резиновыми пробками. При использовании индикаторами Clark'a и Lubs'a буферные растворы, разлитые по таким пробиркам, не меняют своей окраски в течение 2—3 недель.

Набор маленьких пробирок с серией буферных растворов от рН=1 до рН=11, обнимающий все практически встречающиеся воды, монтированный в ящичке с маленьким компаратором, и набор капелек с индикаторами представляет удобный и портативный аппарат для определения рН сточных вод на месте (С. В. Бруевич).

Малый диаметр пробирок позволяет определить активную реакцию в довольно мутных и окрашенных жидкостях.

Таким же образом в малых пробирках возможно и определение рН по методу Gillespie.

Для определения рН на месте в очень сильно окрашенных и мутных жидкостях весьма удобным является метод Wulff'a.

Тонкие желатиновые пластинки, пропитанные подходящим индикатором, кладутся на 1 минуту в маленькую стеклянную ванночку с испытуемой водой, принимают соответственную окраску и сравниваются с цветом шаблонов, наклеенных на стеклянную пластинку. Аппарат портативен и может носиться в кармане ¹⁾.

¹⁾ Аппарат изготовляется фирмой F. & M. Lautenschläger München 2, SW 6. Lindwurmstr. 29/31 под названием „Folien-Kolorimeter nach Wolff zur рН Bestimmung“. Цена 58 марок.

Определение производится очень быстро. Точность около 0,2 рН.—достаточная для определения активной реакции сточных вод.

7. Щелочность титрирная.

Определение характеризует общий запас щелочности данной воды. Определение см. „Питьевые воды“.

8. Кислотность титрирная.

а) С метил-оранжем. Указывает на общее количество минеральных кислот в данной воде.

б) С фенолфталеином. Указывает на общее количество минеральных кислот, если они есть, угольной кислоты и органических кислот.

Определения производятся параллельно определениям рН. Методика—см. „Питьевые воды“.

9. Взвешенные вещества.

а) Весовым способом при 105° С определяются в тигле Гуча. Из мелко раздробленного волокнистого асбеста, предварительно прокаленного, обработанного крепкой соляной кислотой не менее 12 часов и отмытого дистиллированной водой до освобождения от кислоты, готовят жидкое асбестовое молоко, из которого в тигле Гуча образуют слой асбестового войлока около 2 мм. толщиной. Сушат в шкафу при 180° С и по охлаждении взвешивают. Затем фильтруют через тигель Гуча отмеренную порцию пробы с содержанием около 30 мгр. взвешенных веществ, промывают, сушат при 105° С и взвешивают.

Взвешенные вещества прокаленные. Если нужно узнать потерю при прокаливании и нелетучую часть минерального состава взвешенных веществ, тигель Гуча после определения взвешенных веществ при 105° С прокалывают до полного озоления, причем в таких случаях перед фильтрованием взвешенных веществ должен быть предварительно также прокален и тигель Гуча с подготовленным асбестовым войлоком.

б) Об'емным способом. При текущем контроле очистных установок не всегда бывает возможно прибегать к весовому определению взвешенных веществ. С другой стороны, при проектировании очистных установок очень важно бывает знать об'емное содержание взвешенных веществ.

В обоих этих случаях определение взвешенных веществ по об'ему является весьма существенным.

По Spillner'у определение ведется в цилиндрическом сосуде на 500 с. с. конически суживающемся книзу и переходящим в цилиндрическую градуированную трубку на 10—20 с.с. с делениями на $\frac{1}{10}$ с.с. Трубка внизу снабжена краном для выпуска осадка и жидкости.

Проба воды, тщательно перемешанная, вливается в сосуд до пробки. Через час, для того чтобы оторвать частицы осевшие на стенках и дать по возможности упасть вниз, сосуду осторожно сообщают вращательное движение, быстро поворачивая его за цилиндрическую трубку между большим и указательным пальцем 5—6 раз.

Эту же операцию повторяют еще раз через 55 минут и через 5 минут, т.е. через 2 часа после начала отстаивания производится отсчет.

Следует иметь в виду, что количество взвешенных веществ, определяемых таким образом, несколько меньше истинного (абсолютного) количества взвешенных веществ, выпадающих в отстойнике, так как притяжение взвешенных частиц к стеклу несколько уменьшает скорость осаждения.

в) Не осаждающиеся взвеси и коллоиды. В сточных хозяйственных водах обычно часть взвешенных веществ не осаждается даже при многодневном стоянии.

Определение их производится по Tillmans'у следующим образом: 5-литровая бутылка наполняется исследуемой сточной водой, с которой на каждый литр прибавляется по 2 с.с. 40% формалина. Вода сильно встряхивается и оставляется в полном покое на 12 часов.

После этого верхний слой воды сливается посредством сифона, погруженного в жидкость на 7 сантиметров. Обычно при этом осадок остается совершенно не потревоженным. Трубка сифона должна находиться как раз посредине, чтобы не захватить взвешенных веществ, которые частично прилипают к стенкам. В отфильтрованной части взвешенные вещества определяются фильтрованием через тигель Гуча.

10. Плотный остаток.

Плотный остаток сточных вод получается от выпаривания 100 с. с. натуральной пробы, включая взвешенные вещества, после тщательного предварительного взбалтывания пробы. Сушат при 105° С 1 час. Прокаленный плотный остаток получается прокаливанием сначала медленным и легким, затем при темно-красном калении до полного сгорания черных частичек угля. В случае надобности по разности между плотным остатком и взвешенными веществами определяется количество растворенных веществ.

11. Железо.

В сточных водах, богатых органическими соединениями, железо может входить не только в состав солей и нерастворимых взвесей, которые поддаются колориметрическому определению, но также может в неионизированном состоянии составлять комплексные соединения, которые для перевода железа в ионизированное состояние могут требовать предварительного разрушения окислением хлоратом, перманганатом и т. п. Ход колориметрического определения см. „Питьевые воды“.

12. Свинец, медь, цинк, олово.

Определение см. „Питьевые воды“.

13. Хром.

Находится, главным образом, в водах кожевенных заводов, красильных и ситце-печатных фабрик. В водах текстильных фабрик хром находится, главным образом, в виде соединений трехвалентного хрома (преимущественно в осадке), в водах кожевенных заводов в виде солей хрома и в виде хроматов.

Общее количество хрома по Tillmans'у определяются следующим образом:

Берут определенный об'ем хорошо взболтанной нефилтрованной воды, подкисляют соляной кислотой, прибавляют несколько алкоголя и нагревают 1 час на водяной бане при помешивании.

Шестивалентный хром восстанавливается при этом в трехвалентный. Соли хрома осаждают возможно незначительным избытком аммиака в виде гидроксида, фильтруют в горячем виде и промывают горячей водой. Осадок может содержать, кроме гидроксида хрома, фосфорнокислую известь и гидраты других оснований, напр. железа и алюминия. Осадок сушат и озолотят в платиновом тигле, прибавляют 5—10 кратное количество смеси соды и селитры и сплавляют до прозрачности.

По охлаждении сплав растворяют в воде, подкисляют серной кислотой и титруют хромовую кислоту $\frac{1}{10}$ норм. раствором соли Мора (39,2 гр. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в литре раствора), беря время от времени каплю раствора и пробуя на образование синего окрашивания от свежее приготовленного раствора железосинеродистого калия K_2FeCy_6 . Если хроматов не содержится, то восстановление алкоголем не производится.

14. МЫШЬЯК.

Содержится в сточных водах красочных фабрик, красильных и ситце-печатных фабрик, металлообрабатывающих заводов и пр.

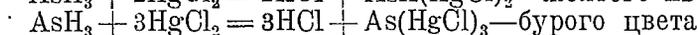
Для определения мышьяка по большей части требуется удаление органических веществ, мешающих открытию мышьяка.

К 250—500 с. с. воды прибавляется 50 с. с. соляной кислоты уд. в. 1,12, прибавляют немного бертолетовой соли и нагревают на голом огне. Далее прибавляется понемногу небольшое количество персульфата калия, и раствор нагревается до полного обесцвечивания.

Количественное определение с достаточной точностью может быть произведено следующим образом: в пробирку емкостью около 15 с.с. вливают 5 с. с. исследуемой жидкости каплю 10% раствора сернокислой меди и несколько зерен химически чистого цинка. Пробирка закрывается пробкой с двумя отверстиями—одно для воронки для вливания серной кислоты, другое—для стеклянной трубки, начинающейся под пробкой, переходящей в неширокую сушительную трубочку с кристаллическим хлористым кальцием диаметром около 15—20 мм.

Конец этой трубки закрыт фильтровальной бумажкой, пропитанной 5% раствором сулемы HgCl_2 и высушенной.

К испытуемой воде, находящейся в вышеуказанной пробирке, прибавляют 5 с. с. 50% серной кислоты. Мышьяк восстанавливается водородом до мышьяковистого водорода и дает на сулемовой бумажке пятно—от светло-желтого до интенсивно бурого цвета, смотря по концентрации As.



Пятна в противоположность пятнам от сурьмянистого водорода неразстворимы в 80% алкоголя.

Полученное пятно сравнивается с пятнами, полученными при восстановлении штандартных растворов мышьяка 0,005 млгр., 0,010 млгр., 0,020 млгр., 0,050 млгр., 0,100 млгр., 0,200 млгр., 0,400 млгр.

Шаблоны могут храниться в темном месте 1—2 дня без изменения, после чего начинают светлеть.

Л и т е р а т у р а.

Ф. Тредвель „Курс аналитической химии“ 1923 г. Том I, стр. 177—183, том II, стр. 136.

I. M. Koltzoff „Pharm. Weekbl.“ Bd. 59 S. 334 (1924) реферировано Z. f. anal. Ch. Bd. 67 (1925) S. 303.

R. Hüner „Chemiker Zeitung“ Bd. 48, S. 380 (1924).

J. Crihier. „Journal de Pharmacie et de Chimie“ 21 p. 241 (1921).

Z. f. Analytische Chemie Bd. 65—68.

15. Серная кислота (сульфаты) SO_3 .

Ход определения см. „Питьевые воды“.

16. Хлористоводородная кислота (хлориды) Cl.

Ход определения см. „Питьевые воды“.

17. Азот нитратов (азотная кислота).

Помимо методов указанных в отделе „Питьевых вод“ нитратный азот сточных вод может определяться в сильно загрязненных водах следующим образом:

Метод восстановления ¹⁾).

Р е а к т и в ы.

а) Едкий натрий или калий. Растворяют 250 гр. гидроокиси в 1,25 литре дистиллированной воды. Кладут несколько полосок листового алюминия и оставляют выделяться водород до следующего дня. Упаривают раствор до 1 литра.

б) Алюминий. Употребляют полоски из чистого алюминия длиной около 10 см., шириной 6 мм. и толщиной 0,33 мм., весом около 0,5 гр.

Х о д о п р е д е л е н и я.

К 100 с. с. или меньшему объему пробы в стакане емкостью 300 с. с. прибавляют 2 с. с. раствора едкой щелочи и упаривают до объема около 20 с. с. Переливают содержимое в пробирку 16 × 3 см. емкостью около 100 с. с. Ополаскивают несколько раз стакан безазотистой водой, присоединяя смыв к содержимому пробирки, доводя его объем приблизительно до 75 с. с. Кладут полоску алюминия, закрывают пробирку резиновой пробкой, через которую проходит отводная стеклянная трубка около 5 м/м. в диаметре, наружный конец которой погружают в другую пробирку с дистиллированной водой. Это приспособление играет роль промывалки для выделяющегося водорода. Весь прибор оставляют в действии по меньшей мере на 4 часа или до следующего дня. Содержимое пробирок переливают в перегонную колбу, разбавляют 250 с. с. безаммиачной дистиллированной воды, перегоняют, собирая дистиллят в 200-сантиметровую

¹⁾ „Standard Methods for the examination of Water and Sewage“ New York 925, p. 21.

колбочку и к отмеренной части отгона прибавляют Несслеров реактив. Если жидкость в пробирке после восстановления бесцветна и прозрачна, ее можно разбавить до определенного объема, и отмеренную часть ее можно подвергнуть несслеризации без перегонки.

Метод фенолдисульфоновой кислоты ¹⁾.

Реактивы.

а) Фенолдисульфоновая кислота. Растворяют 25 гр. чистого бесцветного фенола в 150 с. с. чистой крепкой серной кислоты. Прибавляют 75 с. с. дымящей серной кислоты (15% SO_3), хорошенько встряхивают и 2 часа нагревают в кипящей водяной бане.

б) Раствор едкого калия. Приготавливают приблизительно 12 — N раствор, 10 с. с. которого нейтрализуют около 4 с. с. фенолдисульфоновой кислоты.

в) Стандартный раствор нитрата. Растворяют 0,7216 гр. чистого перекристаллизованного нитрата калия в 1 литре дистиллированной воды. Выпаривают 50 с. с. этого раствора досуха на водяной бане. Остаток быстро и хорошо смачивают 2 с. с. фенолдисульфоновой кислоты и трут стеклянной палочкой для обеспечения тесного контакта. Разбавляют до 500 с. с., это является стандартным раствором, 1 с. с. которого содержит 0,01 мг. нитратного азота ($= 0,0427 \text{ mg. NO}_3$ или $0,03856 \text{ mg. N}_2\text{O}_5$).

г) Стандартный раствор сульфата серебра. Растворяют 4,397 гр. сульфата серебра, свободного от нитрата, в 1 литре дистиллированной воды. 1 с. с. этого раствора эквивалентен 1 mgr. хлора-иона.

Ход определения.

Предварительно следует определить щелочность, содержание хлоридов, нитритов и цвет исследуемой пробы. Если проба сильно окрашена, обесцвечивают ее овеже осажденной гидроокисью алюминия. Отмеривают в выпаривательную чашку 100 с. с. пробы; можно брать и меньший объем, если только содержание нитратов не очень низко, но во всяком случае объем пробы должен быть таков, чтобы нитратный азот не превышал 1 mgr. Прибавляют достаточное количество 0,02—N серной кислоты для почти полной нейтрализации щелочности. Затем прибавляют к холодному раствору стандартного раствора сульфата серебра в количестве достаточном для почти полного осаждения хлора, оставляя не осажденным лишь около 0,1 mgr. хлора. Удаление хлоридов можно не производить, если проба содержит меньше 30 mgr. хлор-иона. К смеси прибавляют немного гидроокиси алюминия, сильно взбалтывают, дают несколько минут постоять, фильтруют и промывают дистиллированной водой. Большинство вод при нагревании с сульфатом серебра претерпевают заметную убыль нитратного азота. Выпаривают фильтрат досуха, прибавляют 2 с. с. раствора дисульфоновой кислоты и растирают стеклянной палочкой для обеспечения тесного контакта. Если остаток становится комковатым или стекловидным от значительного содержания железа, нагревают чашку несколько минут на водяной бане. Разбавляют смесь дистиллированной водой и медленно приливают крепкого раствора едкого кали до появления максимальной окраски. Переливают в Несслеров цилиндр, в случае надобности фильтруя. В присутствии

¹⁾ „Standard Methods“ 1925, p. 20.

нитрата появляется желтое окрашивание. Окраску исследуемой пробы сравнивают с окраской стандартов, приготовляемых прибавкой по 2 с. с. крепкого едкого кали к разным объемам стандартного раствора нитрата и разбавлением их до 50 с. с. в Несслеровых цилиндрах; удобно брать следующие объемы стандартного раствора нитрата: 0,1, 0,3, 0,5, 0,7, 1,0, 3,5, 10, 20, 30, 40 и 50 с. с., соответствующие содержанию от 0,0001 до 0,5 mgr. азота. Эти стандарты можно сохранять несколько недель без порчи.

Стандарты, приготовленные из трехметаллического нитрофенол-дисульфоната калия остаются постоянными несколько лет при хранении в темном месте.

Если присутствие нитритного азота превышает 1 mgr. на литр, его устраняют, нагревая пробу несколько минут с несколькими каплями свободной от нитрата перекиси водорода, повторно прибавляемой, или прибавляя разбавленного перманганата калия до остающегося слабо розового окрашивания; эквивалентное количество азота нитрита, окисляемого таким образом в нитрат, вычитается из окончательного определения нитратного азота.

18. Азот нитритов (азотистая кислота¹⁾).

Определение содержания нитритов делается в свежей пробе из-за легкого превращения, под влиянием непрекращающегося бактериологического процесса, в нитраты и аммиак и обратно. Результаты выражаются в эквивалентных количествах азота.

Р е а к т и в ы.

а) Сульфаниловая кислота. Растворяют 8,00 гр. химически чистой сульфаниловой кислоты в 1 литре 5—N уксусной кислоты (уд. в 1,041). Практически это насыщенный раствор.

б) Уксусно-кислый раствор α -нафталина в 1 литре 5—N уксусной кислоты. Раствор фильтруют через промытую гигроскопическую вату.

в) Главный раствор нитрита натрия. Растворяют 1,1 гр. нитрита серебра в 1 литре безазотистой воды; осаждают серебро раствором хлористого натрия и разбавляют до литра.

г) Стандартный раствор нитрита натрия. Разбавляют 100 с. с. главного (в) раствора до 1 литра стерильной безазотистой водой, прибавляют 1 с. с. хлороформа и сохраняют в стерилизованной бутылке, 1 с. с. = 0,0005 mgr. N (= 0,001642 mgr. NO₂ или 0,0014 mgr. N₂O₃).

д) Гидроокись алюминия. Подвергают электролизу безаммиачную воду через алюминиевые электроды. Осадок промывают до освобождения от следов хлорида, аммиака и нитрита. Или: растворяют 125 гр. калийных или аммонийных квасцов в 1 литре дистиллированной воды. Осаждают алюминий осторожным прибавлением аммиака. Осадок промывают в большом стакане последовательными прибавлениями и декантациями дистиллированной воды до освобождения от хлоридов, аммиака и нитритов.

е) Раствор фуксина 0,1 гр. основного фуксина на 1 литр.

¹⁾ „Standard Methods“, 1923, p. 18.

Ход определения.

В Несолеровский цилиндр наливают 50 с. с. исследуемой пробы обесцвеченной, если нужно, безазотистой гидроокисью алюминия, или меньшее количество, разбавленное до 50 с. с. Одновременно приготавливают в Несслеровских цилиндрах ряд стандартов, разбавляя безазотистой водой до 50 с. с. различные количества стандартного нитрита. Берут следующие количества стандартного раствора: 0,0, 0,1, 0,2, 0,4, 0,7, 1,0, 1,4, 1,7, 2,0 и 2,5 с. с. (содержащего 0,0005 мгр. N на 1 с. с.). Прибавляют 1 с. с. раствора сульфаниловой кислоты и 1 с. с. уксуснокислого раствора α -нафтиламина к пробе и к каждому стандарту. Хорошенько перемешивают и дают постоять 10 минут, затем сравнивают исследуемую пробу с стандартами. Не следует оставлять пробу стоять дольше 30 минут до производства определения. Если окраска пробы сильнее самого высокого стандарта, определение повторяют с разбавленной пробой.

Постоянные стандарты можно приготавливать, подгоняя к нитритным стандартам различные разбавления раствора фуксина. Фуксиновые стандарты оказывались достаточно точными для определения нитритов в сточных и загрязненных водах. Такие стандарты следует возобновлять ежемесячно и держать в темном месте.

19. Азот аммонийный¹⁾.

Прямая несслеризация предпочтительнее дистилляций, если не происходит помутнения при несслеризации. Дистилляция может давать повышенные результаты вследствие гидролиза азотистых веществ, особенно при прибавлении соды.

Прямая Несслеризация.

Р е а к т и в ы.

а) Сульфат меди. Растворяют 100 грамм сульфата меди в безаммиачной дистиллированной воде и разбавляют до литра.

б) Ацетат свинца. Растворяют 100 грамм ацетата свинца в дистиллированной воде и разбавляют до литра.

в) Сульфат цинка. Насыщенный раствор.

г) Едкий натр. Растворяют 500 грамм едкого натра в дистиллированной воде и доводят до литра.

Ход определения.

Прибавляют 1 с. с. раствора сульфата меди к 100 с. с. пробы в 120 с. с.—колбе или цилиндре, хорошенько перемешивают, прибавляют 1 с. с. раствора едкого натра, снова хорошенько перемешивают и дают осадку осесть. Если жидкость не вполне осветляется, необходимо взять свежую порцию пробы, к которой добавить сначала едкий натр, а затем сульфат меди.

Если проба содержит сероводород, прибавляют 1 с. с. раствора ацетата свинца и затем 1 с. с. щелочи. Если не удастся осветлить пробу, берут свежую порцию и прибавляют сначала 1 с. с. насыщенного сульфата цинка, затем 1 с. с. щелочи. Обычно сульфат цинка действительнее ацетата свинца.

¹⁾ „Standard Methods“, 1925, p. 70.

5 с. с. или меньше осветленной жидкости разбавляют безаммиачной водой в Нesslerовом цилиндре до 50 к. с., прибавляют Нesslerов реактив и сравнивают с стандартами.

Метод дистилляции.

Реактив. Углекислая сода для кислых проб. Растворяют 100 грамм углекислой соды в дистиллированной воде и разбавляют до 1 литра. Ход определения, как для питьевых вод.

20. Азот альбуминоидный.

В сточных водах отношение альбуминоидного азота и общему содержанию азота крайне изменчиво и потому не считается характерным. В случае надобности его определяют в остатке после отгонки азота альбуминоидного, как для питьевых вод.

Приготовление постоянных стандартов для определения аммиачного азота Нesslerовым реактивом.

Р е а к т и в ы .

а) Хлороидлатинат калия. Растворяют 2,00 гр. в небольшом объеме дистиллированной воды, прибавляют 100 с. с. крепкой соляной кислоты и разбавляют дистиллированной водой до литра.

б) Хлористый кобальт. Растворяют 12 грамм сухих кристаллов в небольшом объеме воды, прибавляют 100 с. с. крепкой соляной кислоты и разбавляют до литра.

П р и г о т о в л е н и е .

В 50 с. с. — Нesslerовские цилиндры отмеривают количество этих растворов, указанные в нижеследующей таблице, и разбавляют до метки (50 с. с.):

Содержание аммиачного азота мгр.	Количество Pt-раствора с. с.	Количество Со-раствора с. с.
0,000	1,2	0,0
0,001	1,8	0,0
0,002	2,8	0,0
0,004	4,7	0,1
0,007	5,9	0,2
0,010	7,7	0,5
0,014	9,9	1,1
0,017	11,4	1,7
0,020	12,7	2,2
0,025	15,0	3,3
0,030	17,3	4,5
0,035	19,0	5,7
0,040	19,7	7,1
0,045	19,9	8,7
0,050	20,0	10,4
0,060	20,0	15,0
0,070	20,0	22,0

Данные в таблице содержания азота являются примерными: истинные эквиваленты приготовленных таким образом стандартов будут колебаться в зависимости от качества Нesslerовского реактива и цветовой чувствительности глаз аналитика. Их следует сличить с Нesslerизованными аммонийными стандартами и внести необходи-

мые поправки. Такая проверка требуется для каждого вновь сделанного Несслерова реактива и должна учитываться каждым аналитиком.

При защите от пыли стандарты держатся несколько месяцев. Они не требуют добавки реактивов. Сравнение с ними делается через 10 минут после прибавки к дистилляту Несслерова реактива.

21. Азот органический ¹⁾.

Органический азот отвечает количеству азота азотистых соединений в различных стадиях гидролиза, от сложных протеинов до аминокислот. В нестерилизованных сточных водах органический азот подвергается постоянной аммонификации сапрофитными бактериями, — даже в захлороформированных сточных водах идет аммонификация. Поэтому анализ на органический азот следует делать через кратчайший срок после взятия пробы, или подобрать подходящий консервант.

Применяют или первоначальный метод Кьельдаля, или одну из предложенных модификаций. Выбор способа находится в зависимости от концентрации сточной воды и от желаемой точности. Для сточных вод с содержанием на литр менее 40—50 мгр. органического азота одинаково годятся: дистилляция с несслеризацией или прямая несслеризация. Для более крепких сточных вод более точной является дистилляция в кислоту.

Прямая несслеризация требует меньшего внимания, чем методы с дистилляцией, и применяется к обычному контролю очистных установок и при полевой работе на месте.

Для точных работ предпочтительнее методы дистилляции.

Р е а к т и в ы .

- а) Сульфат меди. Как при аммиаке, стр. 107.
- б) Серная кислота. Крепкая, не содержащая азота.
- в) Сульфат калия или безводный сульфат натрия порошком.
- г) Едкий натр. Как при аммиаке, стр. 107.
- д) 0,05 N серная кислота.
- е) 0,05 N едкий натр.
- ж) Метил-рот. Растворяют 1 гр. метил-рота в 100 к. с. 95% спирта.

Ход определения.

Дистилляция и несслеризация.

100 с. с. или меньше пробы помещают в иоллитровую кьельдалевскую колбу и отгоняют аммиак; прибавляют 10 с. с. серной кислоты, 1 с. с. раствора сульфата калия или натрия.

Нагревают на слабом пламени 30 минут после обесцвечивания жидкости. Несколько охлаждают, разбавляют безаммиачной водой приблизительно до 250 с. с. Прибавляют несколько капель фенолфталеина, осторожно прибавляют едкой щелочи до щелочной реакции: тотчас соединяют с перегонным аппаратом и дистиллируют аммиак в Несслеровские цилиндры. Прибавляют Несслеров реактив и сравнивают с стандартами. Для внесения поправки производится контрольное определение с такими же количествами реактивов.

¹⁾ „Standard Methods“ 1925, p. 72.

Дистилляция в кислоту.

Берут 100 с. с. или больше пробы. Отгоняют свободный аммиак и прибавляют реактивы, как в предыдущем случае, нагревают (кипятят) и нейтрализуют. Отгоняют около 200 с. с. в 25 о. с. или больше 0,05 N кислоты, к которой добавляют 3 капли метил-рота¹⁾. Избыток кислоты оттитровывают 0,05 N едким натром. 1 с. с. 0,05 N кислоты равняется 0,7004 млгр. аммиачного азота.

Прямая нesslerизация.

100 с. с., или меньше, пробы освобождают от свободного аммиака, прибавляют реактивы, как указано выше; продолжают нагревать 30 минут после осветления жидкости.

Содержимое по охлаждении смывают в 250 с. с. — мерную колбу и доводят безаммиачной водой до метки. Берут пипеткой 50 с. с. в 100 с. с. колбочку или Несслеровский цилиндр, прибавляют медленно едкого натра до подщелачивания, охлаждая колбочку и содержимое в холодной воде. Разбавляют до метки и оставляют стоять 24 часа. К отмеренной порции отстоявшейся жидкости прибавляют Несслеров реактив. Вносят поправку на контрольное испытание реактивов.

22. Азот общий.

Общее содержание азота определяется только для загрязненных вод. Метод Кьельдаля-Иодльбауера. Выпаривают, подкислив серной кислотой, 1 литр или более исследуемой воды до 30 с. с., по охлаждению прибавляют: 25 с. с. фенолосерной смеси (смесь 100 гр. серной кислоты уд. в. 1,84 и 5 гр. фенола), 2,5 гр. цинковой пыли, 0,2 гр. сернокислой меди и пемзы; смесь кипятят до появления слабо-зеленой окраски, переливают в перегонную колбу, прибавляют 200 с. с. воды и, прибавив концентрированного едкого натра (1:2) до сильно щелочной реакции, перегоняют аммиак в титрованную $\frac{1}{10}$ норм. серную кислоту.

1 с. с. $\frac{1}{10}$ норм. кислоты отвечает 1,4 мгр. азота.

23. Углерод органический.

а) Воды.

Так как ни потеря при прокаливании ни окисляемость не дают точного выражения содержания органических веществ, то определение органического углерода является единственным абсолютным выражением содержания органических веществ.

Определение совершается по J. König'у: 500 с. с. воды (при очень концентрированных водах 250 с. с.) фильтруются через асбестовый фильтр. Фильтрат вливают в круглодонную колбу, прибавляют 10 с. с. разбавленной серной кислоты и кипятят $\frac{1}{2}$ часа с открытым обратным холодильником до полного удаления углекислоты карбонатов. По охлаждению прибавляют 3 гр. марганцевокислого калия, 10 с. с. 20% раствора сернокислой окиси ртути, 40 с. с. разбавленной серной

¹⁾ Или метилоранжа.

кислоты, соединяют с обратным холодильником и далее с трубкой Пелиго с концентрированной серной кислотой, с хлоркальциевой трубкой, 2 трубками с натронной известью и замыкают прибор предохранительной U-образной трубкой, наполовину наполненной натронной известью и наполовину хлористым кальцием. Соединив части аппарата, начинают нагревать и медленно доводят до кипения. По окончании выделения газов последнюю U-образную трубку соединяют с аспиратором и пропускают через жидкость в колбе и аппаратуру в течение получаса ток воздуха, лишенного углекислоты.

Привес 2-х трубок с натронной известью дает содержание выделенной углекислоты.

б) Взвешенных веществ.

Остаток после фильтрования воды в тигле Гуча вносят с асбестом во вторую такую же колбу, прибавляют 10 с. с. 20% раствора серноокислой окиси ртути, 5 гр. хромовой кислоты, соединяют с обратным холодильником и медленно вливают через воронку 50 с. с. концентрированной серной кислоты при сильном токе воды в холодильник. Соединяют с остальными частями поглотительной аппаратуры и работают, как указано выше.

$$1 \text{ млгр. CO}_2 = 0,273 \text{ С.}$$

При этом определяется на ряду с органическим углеродом и углекислота карбонатов взвешенных веществ, если таковые присутствуют, что следует принять во внимание.

24. Сероводород (сульфиды).

Открывается качественно свинцовой бумажной и реактивом Каро.

Количественное определение сероводорода непосредственным титрованием иодом дает весьма приближенные результаты вследствие редуцирующего действия на иод органических веществ сточной воды.

Но это титрование дает значительно более надежные результаты если сероводород предварительно осадить кадмиевыми солями. Осадок переносится в подкишенную воду и титруется далее, как обычно иодом.

Также применимым является метод определения сероводорода по L. W. Winkler'у (см. питьевые воды).

Содержание сероводорода в канализационной жидкости приобретает тем больший интерес, что по наблюдениям Bretschneider'a¹⁾ при высокой концентрации сероводорода в сточных водах, текущих в бетонных каналах, вследствие окисления сероводорода, наблюдается появление свободной серной кислоты, раз'едающей бетон.

25. Фосфорная кислота (фосфаты) P₂O₅.

Определяется колориметрически по молибденово-оловянному методу (см. „Питьевые воды“).

¹⁾ Untersuchungen der Landwirtschaftlich-und Gewerblich wichtiger Stoffe. Berlin, 1911.

26. Окисляемость.

а) в кислой среде—ведется так же как в питьевых водах. При значительном содержании органических веществ берется не более 5—10 к. с. исследуемой воды, в случае очень концентрированных вод меньше и разбавляется дистиллированной водой, освобожденной от следов органических веществ перегонкой над щелочью и перманганатом.

б) В щелочной среде. Определение является весьма пригодным для сточных вод, содержащих значительное количество хлоридов. Методика—см. „Питьевые воды“.

Определение окисляемости в сточных водах следует в первую очередь делать в фильтрованной воде. При значительном количестве грубых взвешенных веществ определение окисляемости зависит в очень сильной степени от рода и степени крупности взвешенных веществ, при чем параллельные определения не дают совпадающих результатов.

27. Потребляемость кислорода.

а) 5-ти суточная английская проба. Описание метода см. „Питьевые воды“.

б) Относительная стабильность сточных вод¹⁾. Время, потребное на израсходование наличного в пробе кислорода в определенных температурных условиях и указываемое обесцвечиванием метиленовой синьки при наступлении загнивания, служит мерой относительной стабильности, которая может быть выражена %-ным отношением наличного кислорода в виде растворенного, нитратного и нитратного кислорода ко всему кислороду, необходимому для насыщения всей биохимической потребности в кислороде.

Соотношение между временем, требующимся для обесцвечивания индикатора при 20°С, и числовым выражением относительной стабильности не распространяется на результаты инкубации при других температурах. При отсутствии инкубатора приблизительные результаты можно получить инкубацией при комнатной температуре. Инкубация при 37°С не рекомендуется, хотя более высокой температурой иногда пользуются для получения почти вдвое более скорых результатов, чем при стандартной температуре; в случае инкубации при 37°С наблюдателю необходимо выработать собственную сравнительную 37-градусную таблицу.

Ниже описываемый метод выработан—при исследовании сточных вод с орошаемых фильтров, но подразумевается пригодность его к стокам других биологических установок. Его нельзя применять к мутным речным водам по причине частичной или полной абсорбции индикатора взвешенной глиной; в таких водах относительная стабильность может быть вычислена из начального наличного содержания кислорода и биохимической потребности в кислороде, определяемой по методу изложенному ниже. В стоках, содержащих свободные едкие щелочи или кислоты на метил-оранж или Вг-тимол-блау, нельзя определить непосредственно истинную относительную стабильность с метиленблау: приблизительное определение может быть сделано после

¹⁾ „Standard Methods“ 1925, p. 75.

нейтрализации их на Вг-тимол-блау и после заражения бактериями нормальной сточной воды.

В случае присутствия свободного хлора, гипохлорита кальция, бисульфитов, медных солей или иных зародышеубивающих средств метод неприменим.

1. Реактивы.

а) Метилен-блау. Растворяют в воде 0,5 гр. двойной цинковой соли (или торговой ее разновидности) и разбавляют до 1 литра.

2. Ход определения.

Набирают пробу в чистую с притертой пробкой склянку емкостью около 150 к. с. Если растворенного кислорода мало, соблюдают предосторожность, чтобы при набирании пробы не попало пузырьков воздуха или не поглотился кислород из воздуха. При взятии пробы из крана к нему присоединяют стеклянную или резиновую трубку, которую пропускают через горлышко до дна склянки. Во избежание пузырьков воздуха дают воде переливаться через верх в течении нескольких минут (2—3 объема склянки) и тогда осторожно затыкают притертой пробкой. При взятии пробы с поверхности пруда или бака кислородную склянку соединяют с литровой стеклянной, при чем обе склянки затыкаются резиновыми пробками с двумя отверстиями, через которые проходят 2 стеклянные трубки: одна доходит до дна склянки и другая кончается под пробку. Короткую трубку кислородной склянки соединяют с длинной трубкой литровой склянки. Кислородную склянку погружают в воду, а из литровой склянки через наружную трубку производят отсасывание. При взятии пробы с глубины обе склянки располагают таким образом, чтобы наружная трубка литровой склянки приходилась выше внутренней трубки кислородной склянки. Обе склянки, прикрепленные к подходящей арматуре с достаточным грузом, опускают на желаемую глубину. Вода через кислородную склянку будет продавливаться в литровую, вытесняя воздух через наружную трубку. По прекращении всплывания пузырей воздуха на поверхность, прибор со склянками поднимают. Просверленные резиновые пробки осторожно заменяют притертыми так, чтобы не попало пузырьков воздуха.

Возможность потери или добавочного растворения кислорода на время инкубации устраняется при помощи водяного затвора, который делают из отрезка широкой резиновой трубки, напяливая его на горлышко. Заткнутая притертая пробка оказывается таким образом в резиновой горжетке, наполненной водой.

По приведении температуры пробы к 20°С прибавляют точно 0,40 к. с. раствора метиленовой синьки, погружая кончик пипетки под поверхность жидкости.

Инкубацию производят при 20°С, с колебаниями не свыше $\pm 2^\circ\text{C}$, до наступления обесцвечивания, при чем наблюдения делают не реже двух раз в день. Редко приходится вести инкубацию дольше 10 дней.

Числа относительной стабильности, отвечающие наблюдаемым срокам обесцвечивания, приведены в нижеследующей таблице или могут быть вычислены по формуле $S = 100(1 - 0,794^t)$, где S обозначает стабильность в процентах и t—время в днях, потребовавшееся на обесцвечивание при 20°С.

Числа относительной стабильности.

Время потребовав- шееся на обеззве- чивание в днях.	Относительная стабильность в %.	Время потребовав- шееся на обеззве- чивание в днях.	Относительная стабильность в %.
0,5	11	8,0	84
1,0	21	9,0	87
1,5	30	10,0	90
2,0	37	11,0	92
2,5	44	12,0	94
3,0	50	13,0	95
4,0	60	14,0	96
5,0	68	16,0	97
6,0	75	18,0	98
7,0	80	20,0	99

в) Биохимическая потребность кислорода¹⁾. Биохимическая потребность кислорода сточных жидкостей, отработанных, промышленных и загрязненных вод определяется количеством кислорода в миллиграммах на литр, потребляемом под действием аэробных бактерий в процессе стабилизации их органических веществ. Полное насыщение потребности кислорода обычно наступает через 20 дней при 20° С, но на практике пользуются более коротким сроком инкубации. Для нормальных американских сточных жидкостей оно идет по кривой относительной стабильности (см. формулу и таблицу на стр. 113), т. е. через 2 дня 37%; через 10 дней 90%. В случае применения менее 10-дневного срока инкубации рекомендуется, а при исследовании необычной сточной жидкости и промышленных стоков является необходимым определять отношение кратковременного потребления к полной потребности.

Возможны 2 метода: метод разбавления и метод нитрата натрия. По обоим требуется обеспечение возможно большего избытка кислорода и определение его убыли по истечении срока инкубации. Где только можно, следует пользоваться первым методом, так как он ближе отражает естественные условия разбавления с повторной аэрацией, но он требует такого внимательного соблюдения технических деталей, что не всегда применим в полевой работе, для которой более подходящей является менее сложная техника натрий-нитратного метода. Применимость обоих методов к кожевенным или другим промышленным стокам, содержащим значительное количество неорганических веществ, подобных едкой извести и проч., находится под вопросом. В подобных случаях изучение отдельных особенных стоков позволило бы сделать оценку результатов по этим методам. Их можно применять без такого изучения только к таким промышленным стокам, которые по биологическому характеру вполне сходны с хозяйственными и домовыми сточными водами.

Сравнительные пробы указывают, что оба метода, в случае применимости обоих, дают сходные результаты, хотя это и не может относиться ко всем возможным случаям.

Метод разбавления.

Если величину потребления нельзя предвидеть даже приблизительно, прибегают к нескольким разбавлениям, чтобы выбрать более удобную убыль в кислороде. Рекомендуется серии из 40, 20 и 10 с. с., разбавляемых до 1.000 с. с. Убыль должна составлять не менее 2 mgr.

1) „Standard Methods“ 1925, p. 76—79.

на литр, но не должна быть и чрезмерно высокой,— нужно, чтобы остаток кислорода в пробе после инкубации не падал ниже 1,0 мгр. на литр.

Реактивы и аппаратура.

а) Вода для разбавления, свободная от железа, с содержанием не свыше 0,01 мгр. на литр аммонийного, нитритного и нитратного азота, и сохраняющая после 8—10 дней стояния при 20° С или просто при комнатной температуре от 8,0 до 9,2 мгр. на литр растворенного кислорода. Бутыль с этой водой снабжается сифоном для удобства получения из нее воды при разбавлениях без увлечения пузырьков воздуха.

б) Инкубационные склянки. Предпочтительно емкостью в 250—300 с. с. с притертыми стеклянными пробками, очищенные хромовой смесью, вымытые и высушенные перед употреблением.

с) Укупорка. Для устранения потерь или добавочного поглощения кислорода во время инкубации требуется надежная укупорка. Для этого на края горлышка надевается отрезок широкой резиновой трубки, образующий резервуарчик, наполняющийся по наполнении склянки. При затыкании пробки резиновая горжетка остается полной.

д) Инкубатор на 20° С, регулируемый в пределах 1°.

Ход определения.

Определяют в пробе растворенный кислород по обычному способу (в гниющей сточной жидкости или концентрированных промышленных водах количество кислорода можно принять равным нулю). Если проба кислая или имеет гидроксильную щелочность, ее нейтрализуют углекислым натрием или разбавленной соляной кислотой и заражают сточными бактериями.

Из подготовленной пробы приготавливают разбавления в градуированных сосудах или цилиндрах, наливая в них сифоном около половины требуемой для разбавления воды, прибавляют отмеренное количество пробы и дополняют водой для разбавления до метки, двигая сифоном вверх и вниз для тщательного перемешивания, избегая вовлечения пузырьков воздуха. Перемешивание можно делать стеклянной палочкой или проволоочной спиралью.

Разбавленную пробу переливают сифоном в инкубационную бутылку, наполняя до краев резиновой горжетки, и затем затыкают пробку. Часть этого и последующих разбавлений нужно оставить на определение растворенного кислорода. Последующие разбавления меньших концентраций приготавливаются с такой же аккуратностью; их удобно делать разбавлением использованного остатка каждого предшествующего разбавления.

Определяют и вычисляют начальное содержание кислорода в разбавленных образцах; если найденное количество ниже вычисленного, это дает непосредственное потребление, которое может быть вычислено. Разные разбавления подвергают инкубации вместе с свидетелями из разбавляющей воды 2, 5 и 20 дней при 20° С. По истечении соответственных сроков инкубации, определяют растворенный кислород в каждом разбавлении и в свидетеле из разбавляющей воды и к потере в каждом разбавлении вносят поправку на высоту потери (или прибыли), обнаруженной в свидетеле, согласно количеству разбавляющей воды в каждом разбавлении. Если брались концентрации меньше 50 с. с. на литр, то из потерь вычитается вся убыль кислорода в свидетеле.

Выражают потребность в кислороде в миллиграммах на литр для определенного числа дней инкубации.

Метод с нитратом натрия.

Применение этого метода подразумевает необходимость установления предварительной пробой, сколько нужно прибавлять нитрата

Реактивы.

Нитрат натрия. Чистый нитрат натрия сушат при 103°C в течение часа. Растворяют 26,56 гр. в дистиллированной воде и доводят до литра. 1 с. с. этого раствора на 250 с. с. сточной воды эквивалентен прибавке 50 миллиграммов на 1 литр потребимого кислорода. Крепость реактива можно менять сообразно обстоятельствам.

Ход определения.

Отмеренное количество натрий-нитратного раствора вводят в бутылку емкостью 250 с. и затем наливают доплна исследуемой водой, стараясь ничего не пролить. Бутыль с притертой пробкой предпочтительна, но можно пользоваться и корковой пробкой. Ставят в инкубатор на 10 дней при 20°C . По истечению инкубационного периода определяют остаток нитритов и нитратов по §§ 17 и 18. При одинаковой добавке нитратного раствора из индивидуальных проб можно составлять общую пробу.

Для пересчета остатка азота в эквивалентное количество кислорода нитритный азот помножают на 1,713 и нитратный на 2,855. Разность между кислородом, добавленным в форме нитрата натрия, и кислородом, найденным по окончании инкубационного периода, представляет биохимическую потребность кислорода.

Ход определения для промышленных вод.

Поступают как в случае сточной воды (в), употребляя большие количества нитрата. Метод неприменим к стокам, содержащим едкую известь.

28. Сернистая кислота (сульфиты).

Определение имеет особое значение для вод сульфитоцеллюлозных фабрик.

Качественная проба. 50 к. с. воды подкисляются 5 с. с. 25% фосфорной кислоты и нагревают в Эрленмейеровской колбе на водяной бане. Колба свободно закрыта корковой пробкой, на которой подвешена увлажненная полоска KJO_3 —крахмальной бумажки.

В случае присутствия SO_2 бумажка синее.

Реакция основана на частичном восстановлении KJO_3 в KJ и выделении J при окислении KJ избытком KJO_3 в присутствии образовавшейся при окислении SO_2 серной кислоты. При большом количестве SO_2 синее окрашивание через некоторое время пропадает вследствие восстановления иода до иодистоводородной кислоты.

KJO_3 —крахмальная бумага готовится пропитыванием фильтровальной бумаги раствором:

0,1 гр. KJO_3 .

1 гр. растворимого крахмала.

100 к. с. дистиллированной воды.

Количественное определение. Диотилляционная колба емкостью 400 с. с. закрывается пробкой с 2 отверстиями, через которые проходят две трубки—одна до дна, другая кончается в горле. Последняя ведет к Либиховскому холодильнику, соединенному другим концом с трубкой Пелиго.

Перед началом определения через прибор протягивают ток углекислоты до вытеснения воздуха, после этого вливают в трубку Пелиго 50 с. с. раствора иода:

5 гр. иода.

7,5 гр. иодистого калп.

Дистиллированной воды до 1 литра.

Затем, не прерывая тока углекислоты, вынув пробку, вливают 100 к. с. сточной воды, при большом содержании SO_2 —меньше,—прибавляют 5 к. с. сиропообразной фосфорной кислоты, закрывают пробку, осторожно нагревают колбу и перегоняют при постоянном пропускании углекислоты до уменьшения объема на половину.

Затем выливают содержимое трубки Пелиго в стакан, прибавляют соляной кислоты, нагревают и полученную при окислении SO_2 серную кислоту осаждают в виде сернокислого бария. Осадок сернокислого бария, как обычно, отфильтровывают, промывают, сушат и прокаливают.

Если было найдено а гр. BaSO_4 , то количество сернистой кислоты
 $x = 0,2748 a$

в данном объеме.

Количество легко отщепляемой сернистой кислоты (из сульфитов) может быть определено в присутствии более трудно отщепляемой сернистой кислоты, связанной с углеводами и лигнином, следующим образом (по Stutzer'y): 250 с. с. дистиллированной воды вливают в колбу емкостью 750 к. с., воздух вытесняют, как указано выше угольной кислотой, после чего вливают: 25 с. с. исследуемой жидкости и 25% уксусной кислоты. Жидкость кипятят 15 минут, после чего поступают, как указано выше.

Уксусная кислота не вытесняет сернистой кислоты из ее соединений с органическими веществами.

29. Хлор активный— OCI и Cl_2

Не имеется специальных реактивов для открытия и определения только т. н. „активного хлора“, так как соединения типа перекисей и богатые кислородом соединения, как-то: озон, перекись водорода, хлорат, перхлорат, нитрит, окись железа, хрома и др. дают в кислом растворе сходные реакции. Следует быть очень осторожным, чтобы не истолковать ошибочно значение получаемых результатов.

Значительные количества „активного хлора“ определяются иодометрически титрованием 0,01 норм. гипосульфитом, как в случае растворов хлорной извести (см. отдел „Питьевых вод“).

При содержании активного хлора от 0,1 до 0,5 mgr. на литр предпочтительнее прибегать к крахмал-иодо-колориметрическому определению. 100—500 с. с. пробы подкисляют 1—5 с. с. крепкой уксусной кислоты, прибавляют 0,2—1 с. с. 10% иодистого калия и 1—5 с. с. 0,5% растворимого крахмала. Одновременно в одинаковых объемах воды приготавливаются колориметрические стандарты при помощи титрованного раствора иода, 1 с. с. которого эквивалентен 0,1 mgr. активного хлора (5 с. с. 10% иодистого калия + 10 с. с. 5% уксусной ки-

слоты + 10 о. с. 0,01 норм. перманганата калия доводятся водой до объема 35,5 с. с.).

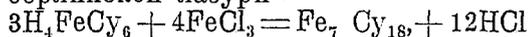
30. Цианистые соединения.

Встречаются в сточных водах газовых заводов, отбросах золотых промыслов, коксовальных печей, гальванопластических заведений и пр. Rubner и Buchka отличают ядовитые цианистые соединения—циан и синильная кислота и ее соли, от неядовитых цианистых соединений—железо и железистосинеродистый калий, которые значительно менее ядовиты.

Качественное определение синильной кислоты по Rubner'у и Buchka: к 50 к. с. сточной воды прибавляют 1 к. с. 10% раствора железного купороса и 0,5 к. с. 10% едкого натра. Оставляют в покое на 5 минут и подкисляют серной кислотой. При наличии 5 млгр. цианистого калия в литре постепенно образуется синее окрашивание.

Реакция основана на том, что цианистые соли с солями закиси железа дают железистосинеродистый натрий. Гидрат окиси железа в щелочном растворе быстро окисляется в гидрат окиси.

После подкисления гидрата окиси в растворе получают соли окиси железа которые реагируют с железистосинеродистой кислотой с образованием берлинской лазури.



Определение общего количества цианистых соединений—производится по Liebig'у: 500 к. с. сточной воды после прибавления 50 к. с. 50% серной кислоты перегоняются из литровой колбы с простой насадкой в приемник, в который наливается 10 к. с. дистиллированной воды, к которой прибавлено 0,5 к. с. 10% едкого натра. Отгонка ведется до тех пор, пока в приемник не перейдет 100 к. с. отгона.

Щелочно реагирующая жидкость титруется далее $\frac{1}{10}$ нормальным азотнокислым серебром до появления мути, указывающей на конец реакции.

1 к. с. $\frac{1}{10}$ норм. азотнокислого серебра отвечает 5,40 млгр. синильной кислоты (13,02 млгр. цианистого калия).

Определение ядовитых цианистых соединений—синильной кислоты и ее солей производится по Rubner'у и Buchka следующим образом:

500 к. с. сточной воды после прибавки 50 гр. бикарбоната натрия перегоняются из литровой колбы с простой насадкой в приемник с 10 с. с. $\frac{1}{10}$ норм. раствора азотнокислого серебра, к которому прибавлено 10 к. с. разбавленной азотной кислоты. Отгоняется 100 к. с. жидкости.

Образовавшееся цианистое серебро отфильтровывается и в определенном объеме фильтрата определяется избыток невошедшего в реакцию серебра по Volhard'у. 1 с. с. норм. азотнокислого серебра отвечает 5,40 млгр. синильной кислоты.

Если дистиллят от 500 к. с. воды не дает мути с азотнокислым серебром, то сточная жидкость содержит меньше 0,5 млгр. цианистого калия в литре. Это количество Rubner и Buchka считают несущественным. При этом общее количество цианистых соединений считается допустимым до 13 млгр.

31. Роданистые соединения.

Встречаются главным образом в водах газовых заводов. Определение ведется по методу Lunge, измененному Коппом¹⁾:

К 200 к. с. сточной воды прибавляют концентрированного раствора хлористого цинка и отфильтровывают от осадка для осветления воды.

100 к. с. фильтрата вливают в цилиндр Генера и прибавляют 1 к. с. соляной кислоты и 1 к. с. FeCl_3 . Во второй цилиндр Генера вливают 100 к. с. дистиллированной воды, делают те же прибавки HCl и FeCl_3 и прибавляют из пипетки в 1 к. с., деленной на $\frac{1}{100}$ к. с., $\frac{1}{10}$ норм. или $\frac{1}{100}$ норм. раствор роданистого аммония до совпадения окрасок.

32. Фенолы и крезолы.

Находятся в сточных водах газовых и коксовых заводов, красочных фабрик и некоторых других химических производств. Определение проводится по Wash'у²⁾; количественному определению предшествует качественная проба.

В пробирке к 10 с. с. воды прибавляют 0,2 с. с. реактива Millon'a и 0,1 с. с. концентрированной азотной кислоты.

Если получилось слабое или умеренно красное окрашивание, то количественное определение может быть произведено непосредственно из исследуемой воды, при сильно красном окрашивании воду следует разбавить, а если окрашивание едва заметно, то из 100 с. с. сточной воды после прибавки 5 с. с. концентрированной серной кислоты отгоняется 20 с. с. и из них берется 10 с. с. для качественной пробы. Если и при этом не получается окрашивания, то вода практически не содержит фенола.

Во втором случае 1 литр воды после ясного подщелачивания едким кали упаривают до 50 с. с., вливают в Эрленмейеровскую колбу на 500 с. с. с меткой на 150 с. с., сильно подкисляют при охлаждении серной кислотой, добавляют дистиллированной водой до 150 с. с. и отгоняют 100 с. с. В этом объеме содержится фенол из 1 литра сточной жидкости.

Колориметрическое определение проводят следующим образом: к 10 с. с. жидкости прибавляют 0,2 с. с. Millon'ова реактива и 0,1 с. с. концентрированной азотной кислоты и нагревают в пробирке до кипения на голом огне. Таким же образом обрабатываются и сравнительные растворы с определенным количеством фенола. Окраски сравниваются через полчаса после полного охлаждения растворов в проходящем и падающем свете. При некотором навыке можно достичь точности до 1 млгр. в литре.

Наиболее подходящие пределы для колориметрического определения по указанному способу являются концентрации 30—50 млгр. фенола в литре.

Реактив Millon'a готовится следующим образом:

1 часть ртути растворяется в 1 части дымящейся или уд. в 1,4 азотной кислоте и разбавляется 2 частями воды. При употреблении прозрачная жидкость сливается с выделившихся кристаллов.

1) Zeitschrift. Anal. Chem. 1906, Bd. 45 S. 552.

2) Zeitschrift f. Anal. Chem. Bd. 50 S. 736, 1911.

33. Жиры и мыла.

По большей части находятся в сточных водах в виде известкового и магниезнального мыла. При выпаривании досуха весь жир превращается практически в нерастворимые в эфире мыла. Подкислением освобождаются жирные кислоты, растворимые в эфире. В несколько приемов удается обычно достаточно полно извлечь большую часть этих жирных кислот. Этиловый эфир растворяет кроме жиров также смолы. Петролейный эфир является более специфическим для истинных жиров, но действует очень медленно, требуя длительного экстрагирования (часами). Для практических целей экстрагирование вымыванием этиловым эфиром дает приблизительно те же результаты, что и продолжительное экстрагирование петролейным эфиром.

Р е а к т и в ы.

- а) Этиловый эфир, не содержащий влаги.
- б) Соляная кислота, приблизительно нормальный раствор.

Х о д о п р е д е л е н и я.

Упаривают 500 с. е. (или несколько больше) пробы до объема 50 с. с. Соскребавают высохшее вещество со стенок чашки в жидкость при помощи стеклянной палочки с резиновой насадкой, прибавляют несколько капель метилоранжа и слегка подкисляют соляной кислотой, выпаривают до суха, сушат 30 мин. остаток при 103° С; экстрагируют кипящим эфиром, растирая дно и стенки чашки, чтобы облегчить полное растворение жиров. Экстрагирование повторяют не менее 3 раз. Эфирную вытяжку декантируют или в случае мутности, фильтруют через 5—сантиметровый сухой фильтр во взвешенную широкогорлую склянку; выпаривают эфир, а остаток сушат при 103°С до постоянного веса. Привес составляет вес растворимых в эфире веществ.

34. К л е т ч а т к а.

Составляет характерный ингредиент сточных вод целлюлезных и писчебумажных фабрик.

К 250—500 с. с. исследуемой воды в фарфоровой чашке прибавляют разбавленного едкого натра с расчетом, чтобы получился приблизительно 1% раствор NaOH и кипятят в течение 30 минут, подливая воду по мере выкипания. Жидкость фильтруют затем через уплотненный фильтр, вымывают щелочь нацело из остатка на фильтре, остаток смывают снова в чашку и кипятят с 250 с. с. 1% серной кислоты 30 минут. Фильтруют через маленький фильтр, промывают водой, потом алкоголем и экстрагируют 1/2 часа в аппарате Сокслета эфиром.

Далее остаток смывается во взвешенный фарфоровый тигель, воды выпаривают, тигель сушат при 110° и взвешивают. Привес отвечает так называемой сырой клетчатке, состоящей из целлюлозы плюс песок.

Тигель прокаливается и снова взвешивается. Разница взвешиваний отвечает чистой клетчатке.

Определение имеется несколько грубым, но достаточным для ориентировки.

¹⁾ „Standard Methods“, 1925 p. 80.

35. Крахмал.

Встречается в водах крахмальных и паточных заводов. Качественно крахмал определяется в осадке, выделяемом водою пробой с раствором иода в иодистом калии (10 гр. иодистого калия и 1 гр. иода в 100 с. с. воды). При наличии крахмала—синее окрашивание. Микроскопически легко определить происхождение крахмала: картофельный, пшеничный, маисовый.

Количественно крахмал определяется путем перевода в глюкозу и далее восстановлением Фелинговой жидкостью по методам пищевой химии.

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ.

БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Выемка проб воды ¹⁾.

Выемка проб воды для бактериологического анализа производится, как при помощи специальных приборов, в запаянные с разрежением пробирки или баллоны по типу приборов Roux, предварительно стерилизованные, так и в посуду обычного типа: стерильные пробирки, заткнутые ватой, склянки с притертой пробкой и т. п.

При взятии проб воды прибором верхняя часть посуды (пробирки, колбы и т. д.) и соприкасающиеся в этом месте части прибора должны быть фламбированы перед выемкой пробы.

Запаивание пробирок с набранной водой должно быть произведено: при раздроблении всего предохранительного колена—немедленно, при сохранении части этого колена—по возможности в самом непродолжительном времени.

При взятии пробы воды погружением в нес пробирки (склянки и проч.) последняя перед самым моментом взятия вынимается из индивидуального пакета, в котором была произведена ее стерилизация.

Ватная пробка пробирки перед закупориванием после набора воды обжигается (на спичке и т. п.). Притертая пробка сохраняется во время процесса выемки пробы, требующего в некоторых случаях более длительного промежутка времени (глубокие колодцы и т. п.) в предохранительном бумажном пакете, закрывающем пробку склянки.

Поверхностные пробы из открытых водоемов (а также из бассейнов, баков и т. п.) берутся с глубины 10—15 сантиметров от поверхности, а при очень малой глубине—не менее такой же (10—15 сантиметров) величины до дна. При наличии течения выемка пробы должна быть произведена, по возможности на быстрине; при наличии падения воды из падающей струи.

Выемка проб воды из проруби малого диаметра < 1 метра и с большой толщиной ледяного покрова $> 0,5$ метра должна производиться прибором с запаянной пробиркой, опущенной на 10—15 сантиметров под лед.

¹⁾ Как и в первом издании данной части, первые три раздела (выемка, транспорт проб и стерилизация посуды) представляют собою несколько измененное воспроизведение соответствующих разделов инструкции, составленной М. В. Ружило и В. А. Лазаревым в начале 1916 г. по поручению совещания по охране рек питающих московский водопровод. Дальнейшие разделы содержат в значительной части новый текст (лишь частично—значительно переработанный текст первого издания).

Примечание. В случае невозможности выемки проб по вышеописанному, допускается выемка пробиркой, заткнутой ватой, но при этом вода из проруби должна вычерпываться, и возможность обратного попадания ее в прорубь должна быть устранена.

При взятии проб из труб, кранов водопровода, насосов и т. п. необходимо фламбирование кранов, труб и проч. пламенем паяльной лампы и промывание струей воды в течение 15 минут.

При обследовании качеств и пригодности воды для питья или вообще для хозяйственных целей, количество воды на каждую пробу должно быть не менее 500 к. с. Для исследования воды на патогенных бактерий—3 литра. Для исследования явно загрязненной воды—10 куб. сант.

Транспорт проб.

Желательно производство посева взятых образцов на месте, но, в виду существенных практических затруднений, возможен транспорт проб для посева в лабораторию. Условия транспорта:

1) Сохранение температуры в ящике с пробами в пределах от $+1^{\circ}$ до $+5^{\circ}$ С с помощью льда или охлаждающих смесей, которыми обкладывается ящик с приборами.

2) Отсутствие толчков, от которых пробки могли бы быть намочены.

3) Доставка проб в лабораторию в срок не более 1—3 час. после взятия.

Посеянные на месте пробы доставляются в лабораторию при тех-же температурных условиях.

1. Примечание. В случае, если вышеуказанные условия не были соблюдены, необходима оговорка.

2. Примечание. Определение титра *b. coli* и патогенных бактерий производится лабораторией при подозрении на загрязнение воды, даже после продолжительного пребывания пробы в пути.

Стерилизация посуды.

Посуда стерилизуется сухим жаром при температуре не ниже 150° С два часа. Некоторые приборы в автоклаве при 1,5 атмосферы 20 минут.

Пробирки (запаянные и с ватой) для выемки проб воды должны иметь индивидуальные пакеты из бумаги и стерилизоваться в них. (Пакеты раскрываются лишь в момент выемки проб).

Примечание. Слянки для больших порций (500 к. с.) стерилизуются с предохранительными колпачками, надетыми поверх пробок и затянутыми у горла склянки.

Пипетки с заткнутыми ватой верхними концами стерилизуются в металлических футлярах или в индивидуальных бумажных пакетах.

При использовании лишь части пипеток футляра остальные не должны быть употребляемы при посеве без повторной стерилизации.

Чашки Петри стерилизуются и транспортируются в металлических футлярах или в бумаге, тогда каждая чашка закрывается отдельно.

Посев для счета колоний.

Для учета количества микроорганизмов в исследуемой пробе воды основным методом является посев на желатиновую среду (с выращиванием при 20—22° в течение 48 час.)¹⁾

В зависимости от предполагаемого обилия бактерий берутся для засева на чашку Петри различные количества воды; примерные границы потребных количеств: для питьевой воды—от 1 к. с. до 0,01, для непитьевой воды—меньшие количества: от 0,01 до 0,000001 (в отдельных случаях еще меньше). Количества от 1 к. с. до 0,1 засеваются непосредственно градуированными пипетками после предварительного соответствующего разведения данной воды стерилизованной в автоклаве дистиллированной воды.

Из каждой пробы воды должно быть использовано для посева не менее 2-х различных количеств (в намеченных заранее границах); каждое количество должно быть засеваемо не менее чем на две чашки Петри.

Производство разведения должно вестись при соблюдении следующих правил: 1) края пробирки должны быть фламбированы; 2) пипетка для набирания воды вводится в пробирку до дна, при чем, прежде чем набирать воду, производят продувание воды через ту же пипетку; 3) при выливании воды из пипетки в другую пробирку, пипетка должна быть опущена ниже поверхности воды не более чем на 3 мм. (чтобы не было смывания с наружной поверхности пипетки); если в пробирку должно быть влито все количество воды, заключающееся в пипетке, то пипетку выдувают до конца, а последнюю наружную каплю снимают прикосновением к стенке пробирки у поверхности воды.

Для каждого разведения берется отдельная пипетка; при недостаточном количестве пипеток допустим посев одной пипеткой из нескольких разведений на чашки и в среду, но при непременном условии: начинать с больших разведений и переходить к меньшим.

Количество воды, предназначенное для посева, вносится в чашку Петри, при чем, если внесено должно быть все содержимое пипетки, то после опорожнения ее наружная капля снимается с конца ее прикосновением ко дну чашки. Вливаемая вслед за тем в чашку расплавленная желатина не должна иметь свыше 37° С; агар же не свыше 42—44° С. Как та, так и другая питательная среда наливается в количестве 7—10 к. с., в зависимости от величины чашки. Фламбировать края пробирки перед тем, как вводить ее под при-

¹⁾ Замена желатиновой среды агаровой (с выращиванием при 37° С—24 часа), находящая себе все большее применение в С. А. С. Шт., могла бы иметь место все же лишь при полной невозможности для данной лаборатории установить требующуюся температуру термостата в 20—22° С как зимой, так и летом; лабораторный работник, который вынужден был бы прибегать к такой замене, должен соблюдать следующие 2 необходимые условия: 1) постоянное применение одного и того же метода при исследовании воды данного источника водоснабжения; 2) всякий раз давая ответ о количестве бактерий в воде, добавлять обозначения относительно питательной среды, температуры и срока выращивания (агар, 37° С, 24 часа). Очень желательны производящие параллельных засевов из одной и той-же воды, как на желатиновую среду (с выращиванием при 20—22° С 48 час.), так и на агаровую среду (с выращиванием при 37° С 24 часа), с самостоятельным регистрированием того и другого результата по отдельности;—очень желательна массовая проверка показательности соотношений между числом бактерий с оптимальным ростом при 20°—22° С и числом бактерий с оптимальным ростом при 37° С (приблизительно одинаковое число тех и других бактерий в водах несущих фекальное загрязнение и значительное превосходство числа бактерий растущих при 20—22° С, в водах чистых).

поднятую крышку чашки Петри. Вода со средой тщательно смешивается посредством осторожного наклона чашки во все стороны. Избегать оставления незалитых пространств на дне чашки, попадания среды на борт чашки, а также образования пузырьков воздуха.

Застывание среды должно производиться затем быстро и на строго горизонтальной поверхности. В жаркое время года застывание производится на охлажденной льдом поверхности.

Выращивание колоний на желатине производится в темноте при температуре 20—22° С в течение 48 часов, а выращивание на агаре—при температуре 37° С в течение 24 часов.

Примечание. В особых случаях (хлорирование воды и т. п.) выращивание продолжается 2 недели.

Счет колоний производится, предпочтительно, при помощи пластики Лафара или Вольфхюгеля, посредством лупы.

Следует стремиться производить полный счет всех колоний и, по возможности, избегать выводов средних для чашки по счету отдельных площадей. Во всяком случае должно быть сосчитано не менее $\frac{1}{3}$ площади чашки.

Методика приготовления питательной желатины и питательного агара.

В деле приготовления питательной желатины и питательного агара существенно важным моментом является унифицированный метод установки реакции питательной среды; рекомендуемым методом установки реакции является установка по степени концентрации водородных ионов; наиболее доступная и подходящая в условиях бактериологической работы конкретная методика изложена ниже (см. Американская штандартная методика).

Если бы и эта наименее сложная методика установки концентрации водородных ионов оказалась все же неосуществимой в конкретных условиях, то допустимо применение метода установления реакции среды согласно немецкой инструкции приготовления питательной желатины.

Немецкая инструкция приготовления питательной желатины (по § 4 Grundsätze für Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration от 13/1—1899 г, цитировано: Prof. Kraus и Prof. Uhlenhuth. Handbuch der mikrobiologischen Technik, Berlin Wien Bd. III).

На 200 ч. ч. воды берут 2 ч. ч. Liebig'овского экстракта, 2 чч. пептона Witte, 1 ч. хлористого натрия. Нагревание $\frac{1}{2}$ часа в текучем пару, остужение, отстаивание, фильтрование. На 900 чч. фильтрата добавляют 100 чч. лучшей белой столовой желатины; после разбухания ее нагревают (самое большое $\frac{1}{2}$ часа) в текучем пару; затем не ожидая охлаждения жидкости, добавляют 30 чч. нормального раствора едкого натрия и тотчас далее по каплям того же раствора до нейтральной реакции на гладкую синефиолетовую лакмусовую бумагу. Снова нагревают $\frac{1}{2}$ часа в текучем пару, еще раз проверяют реакцию и, если нужно, вносят поправку при помощи того же раствора щелочи. Затем добавляют $\frac{1}{2}$ весовых чч. кристаллической невыветренной соды (или 10 об'емных чч. нормального содового раствора). Еще раз нагревают $\frac{1}{2}$ часа (самое большее $\frac{3}{4}$ часа) в текучем пару и фильтруют через тонкопористую бумагу. Разливают по 10 к. с. в стерильные пробирки и стерилизуют 15—20 мин. в текучем пару. Получающаяся в результате питательная желатина должна быть прозрачна, желтовата, ниже 26° С не должна размяг-

чаться, а ниже 30° С не должна разжижаться. Синефиолетовая лакмусовая бумага дает ясное посинение, а на фенол-фталеин должна получаться еще слабо кислая реакция.

Приготовление питательного агара.

В деле приготовления питательного агара для руководства может служить методика, приводимая в распространенных справочниках (хотя бы в „Кратком Руководстве для практических занятий бактериологией в лаборатории“ Р. Абель) с общей вышеприведенной оговоркой относительно метода установки реакции среды и со следующими техническими уточнениями: 1) агар должен готовиться 1½%-ный, 2) рекомендуется пользоваться не мясной водой, а Liebig'овским экстрактом, разводимым в воде.

Методы Эйкмана и Бульера (с последующей идентификацией).

Поскольку при подсчете колоний принципа качественного учета не проводится и отдельные предложения в этом направлении широкого признания не получили, имеется необходимость прибегать к иным методам бактериологической оценки воды, помимо счета колоний; в частности тут может идти речь о методах, которые давали бы нам более полное представление о фекальном загрязнении воды. Ниже приводятся два существующие в настоящее время подхода для определения *b. coli*, как показателя фекального загрязнения воды: I. Метод Эйкмана и Бульера (с последующей идентификацией) и II учет группы *coli-aerogenes* (согласно Американской Стандартной методике).

Определение фекального загрязнения воды.

В виду того, что фекальная микрофлора (в частности *b. coli*) представлена весьма разнообразными и сильно варьирующими разновидностями,—учет в большинстве германских лабораторий ведется до настоящего времени по линии возможно строгого выявления лишь *b. coli commune*, обладающей полной суммой свойств, признаваемых типичными, в большинстве случаев, для палочки, недавно выделенной из кишечника теплокровных. Для установления наличия именно такой разновидности *b. coli commune* и служат методы Эйкмана и Бульера, с последующей идентификацией.

Общая методика работы по Эйкману и Бульеру изложена в распространенных руководствах (Г. В. Хлопи „Основы гигиены“, изд. НКЗ, 1922, Т. I, вып. 3). Остановиться нужно подробнее в данной инструкции лишь на тех пунктах, по которым необходима определенная унификация, поскольку в разных лабораториях до сих пор существуют значительные методологические расхождения.

Порядок разведений для засевов по методам Эйкмана и Бульера должен быть разный в различных случаях; нельзя дать схемы, которая была бы пригодна во всех случаях; можно рекомендовать лишь некоторые примерные схемы:

а) Для ориентировочных исследований нужно иметь в виду ту общую предпосылку, чтобы наибольший взятый объем воды давал плюс (положительный результат), а наименьший объем давал минус (отрицательный результат); соответственно этому должен строиться ряд испытуемых разведений—в общем порядке геометрической прогрессии (со знаменателем 0,1, напр. 100, 10, 1, 0,1 и т. д.).

б) Для получения более точных результатов рекомендуется брать или по несколько засевов из каждого разведения, или, если, на основании большого числа предшествующих анализов, есть основание полагать, что колебание титра данной воды может ожидаться лишь в узких пределах, то можно исходить из предельного низшего объема, дававшего (при прежних исследованиях) положительный результат, повторяя засев его столько раз, чтобы общая сумма засеянной воды давала предельный высший объем (с которым приходилось раньше встречаться в отношении данного водоисточника).

Выращивание производится в термостате при температуре 46° С.

Примечание 1-е. В этом термостате должен находиться максимум - минимум термометр для контроля пределов колебания температуры. Предварительно должна быть изучена разность показаний термометров на различных полках.

Примечание 2-е. Допустима постановка проб лишь в тех точках термостата разница температуры которых находится в пределах 44,5°—46° С.

Результат брожения отдельно учитывается и записывается по истечении 24-х часового и 48-мичасового выращивания.

Положительной реакцией по Эйкману считается газообразование и муть, а по Бульиру—газообразование и изменение окраски среды. Однако, положительный ответ о наличии роста кишечной палочки может быть дан лишь после идентификации.

Примечание. Идентификации подлежат как засевы, давшие газ, так и давшие только муть.

За типичную кишечную палочку признается палочка:

- а) Морфологически соответствующая кишечной палочке;
- б) Обладающая подвижностью, хотя бы и мало выраженной;
- в) Не окрашивающаяся по способу Грама;
- г) Не разжижающая желатин, для установления чего засев на желатине ставят в термостат при 37° С на 48 часов, а затем культуру на разжиженной желатине подвергают охлаждению (струей холодной воды);

д) Свертывающая молоко, для установления чего засеянную пробирку с молоком ставят при 37° С на 48 часов, отмечают наступление свертывания, а если такового не получается непосредственно, то испытывают, не наступит ли свертывание молока после подогревания пробирки;

е) Образующая индол (определение его реактивом Эрлиха в 1% пептонной воде через 72 часа);

ж) Вызванная брожение с образованием газа и кислоты на средах с лактозой, глюкозой, маннитом при 37° С через 24 часа (общий рецепт для таких сред: на 100 к. с. дест. воды—3 к. с. лакмусовой настойки, 1,0 сахара и 1,0 пептона);

з) Не образующая ни газа, ни кислоты с сахарозой.

Результаты посевов по Эйкману и Бульиру, произведенных согласно вышеуказанным схемам, учитываются после надлежащей идентификации следующим образом:

а) При пользовании ориентировочной схемой, наименьшее количество испытуемой воды давшее типичное брожение, отмечается, как титр кишечной палочки.

Так как, по сути данных разведений, дело идет не о растворах, а о взвесах, то всегда возможен случай, когда больший объем дает отрицательный результат, в то время как меньший объем дает положительный результат; напр., 10 +, 1 —, 0,1 +. В таком случае титр

кишечной палочки определяется объемом воды, предшествующем наименьшему объему, давшему плюс, т.-е. для приведенного примера ответ положительный определяется 1 к. с. Другого рода случаи (напр., 10—, 1—, 0,1+ или 10—, 1+, 0,1+) нужно признать, в силу ли погрешности в работе, в силу ли весьма неравномерного наличного распределения кишечной палочки,—не подложными данному способу оценки, т.-е. непригодными для установления титра; подобная находка отмечается, но требуется снова проделать исследование воды,—того же водоисточника в ближайшие дни.

б) При пользовании уточненной схемой, с введением серий разведений, учет ведется, как и в ориентировочном исследовании; после того выводится среднее арифметическое из всех сериальных результатов. Что же касается до тех случаев, когда уже установлены узкие границы колебания титра, то результат выводится следующим образом: общий объем воды заселенный для установления титра, делится на число пробирок, давших положительный ответ; результат деления есть титр кишечной палочки.

Пример. Раньше установлено, что титр кишечной палочки в воде данного водоисточника колеблется между 1 куб. сант. и 0,1 куб. с.; засевается 10 пробирок по 0,1; в результате, предположим, брожение обнаружено в 5-ти пробирках; титр кишечной палочки, в таком случае равняется 1:5, т.-е. 0,2.

УЧЕТ *BACT. COLI* ПО АМЕРИКАНСКОМУ ШТАНДАРТНОМУ МЕТОДУ.

Работы американских бактериологов и химиков последнего десятилетия осветили вопрос о *bact. coli* с новой стороны.

В то время, как европейские исследователи стремятся подобрать такой ряд питательных сред, который позволил бы с несомненностью дифференцировать *bacterium coli commune* от прочих видов обширной группы кишечной палочки, полагая, что этот вид является наиболее характерным показателем свежести фекального загрязнения—ряд работ американских исследователей свидетельствует о произвольности этого предположения ¹⁾.

С другой стороны, американскими исследователями выдвигается новое положение о двойственности состава так называемой группы *coli* ²⁾.

По существенным физиологическим признакам последняя, как оказалась, распадается на:

Подгруппу I-ю *coli*, характерную для *faeces*. Подгруппу II-ю *aerogenes*, характерную для почвы ³⁾.

Согласно терминологии Ам. Шт. Мет. эти две подгруппы составляют одну общую группу *coli-aerogenes*. (Определение этой группы—см. стр. 129).

Считая в настоящее время нецелесообразным останавливать внимание санитарных бактериологов на разновидностях *bacterium coli*

¹⁾ Работами Mac-Conkey, Clemesha Winslow Walker, Smith, Brown (1915) установлено, что другие члены этой группы для свежих *faeces* характерны не менее *bacterium coli commune*. Последняя иногда даже вовсе отсутствует в свежих *faeces*.

²⁾ Работы Clark'a, Rogers, Dawis, Ewans (1914) и Clark and Luhs (1915).

³⁾ Max Lewine приводит следующие данные, полученные при сопоставлении результатов работ 34 исследователей: из 2534 штаммов бактерий группы *coli* изолированных с *faeces* человека только 5,9% было типа *aerogenes* (II-я подгруппа бактерий).

С другой стороны из 1141 штамма гр. *Coli*, изолированных из почвы и с семян—к подгруппе *aerogenes* принадлежало 86,5% организмов.

(в пределах подгруппы coli) американские исследователи предпочитают сосредоточивать его на методах дифференциации почвенных представителей этой группы от фекальных.

Ам. Шт. Мет. 1925 г. в качестве показателя фск. загрязнения предлагает учитывать всю группу coli aerogenes, излагая затем существующие методы дифференциации ее на подгруппы фекальную и почвенную.

В настоящем издании Ам. Шт. Мет. 1925 г. излагается на русском языке впервые, с незначительными, выпусками, а также примечаниями и добавлениями.

I. Общие замечания о составе группы coli-aerogenes и о методах ее выделения.

1. Состав группы.

Группа coli-aerogenes включает в себя все Грамм-отрицательные, не образующие спор палочки, сбраживающие с газообразованием лактозу и растущие аэробно на штандартных твердых средах¹⁾.

2. Методы ее выделения.

Для выделения группы Американская Штандартная Методика 1925 г. рекомендует следующие три метода:

I. „Предварительное“ определение (Presumptive Test).

Образование 10% и более газа в перевернутой пробирке бродильной трубки²⁾ с лактозой указывает на вероятность присутствия членов группы coli aerogenes, так как большинство³⁾ бактерий, дающих указанную реакцию, является членами этой группы.

II. „Частично подтверждающее“ определение (Partially confirmed Test).

Появление аэробных разлагающих лактозу колоний на чашках с агаром Эндо через 24 часа при 37° С. подтверждает⁴⁾ вероятность предположения, что образование газа в бродильной трубке вызвано присутствием группы coli-aerogenes.

III. „Полное“ определение (Completed Test).

Для окончательного доказательства присутствия членов этой группы бактерий необходимо показать, что одна, или несколько из этих, развившихся аэробно колоний состоит из неспорообразующих

¹⁾ Так определяет с 1917 г. объем группы Американская Штандартная Методика. Эта группа, как было сказано, может быть разбита на две подгруппы: подгруппа—coli и подгруппа—aerogenes.

²⁾ См. отдел VII (посуда).

³⁾ Эту реакцию могут давать также некоторые спорообразующие анаэробные и аэробные формы.

⁴⁾ Благодаря исключению анаэробов, которые могут вызвать газообразование в лактозе, но не могут расти аэробно на чашках с агаром Эндо.

палочек⁵⁾, которые, будучи снова засеяны в бродильную трубку с лактозой, вызывают газообразование.

З а м е ч а н и е: Как можно видеть, вышеуказанные определения описаны в порядке возрастающей достоверности результатов, ими доставляемых. Выбор того или иного определения зависит от конкретных условий анализа. Ниже будут указаны случаи, когда то или иное определение можно считать достаточным.

II. Описание производства определений: „предварительного“, „частично подтверждающего“ и „полного“.

1. „Предварительное“ определение:

- а) Посев. Серии бродильных трубок с лактозой заражаются соответственно убывающими количествами испытуемой воды. В бродильной трубке среда должна занимать, по меньшей мере, половину объема испытуемой жидкости.
- б) Инкубация и запись результатов. Бродильные трубки ставятся в термостат при 37° С. на 48 часов. Каждая трубка обследуется через 24 и 48 часов и в ней отмечается следующее:
 - 1) отсутствие газа;
 - 2) образование газа менее 10% и
 - 3) образование 10% газа и более.

(Более детальная характеристика объема газа, желательная в целях дальнейшего изучения вопроса, Штандартной Методикой не предписывается).

„Предварительное“ определение дает положительный ответ, если через 24 часа в перевернутой трубке газ занимает 10% ее объема и более.

„Предварительное“ определение дает сомнительный ответ, если через 24 часа совсем не образуется газа или его образуется меньше 10%. Выращивание в таком случае продолжается до 48 часов; какое бы количество газа не образовалось—все равно—ответ сомнительный—необходимо дальнейшее его подтверждение.

„Предварительное“ определение дает отрицательный ответ,—если по истечении 48 часов газ отсутствует.

(Установление предельного срока инкубации в 48 часов, несомненно исключает возможность учета некоторых членов группы coli aerogenes, медленно образующих газ. Но для штандартных определений это исключение несущественно).

2. „Частично подтверждающее“ определение.

- а) Выращивание на чашках с агаром Эндо. Высев материала из забродивших трубок с лактозой на чашки с агаром Эндо (одну или более) производится из бродильной трубки, содержащей наименьший объем жидкости, давший газ. Желательно

⁵⁾ Этим исключаются спорообразующие аэробы, образующие газ из лактозы и дающие красные колонии на Эндо.

производить высев на чашки как можно скорее после того, как газообразование будет обнаружено. Если газ образуется лишь на исходе 24-х часов — пересев производится тотчас.

Пример: если исследуются следующие объемы 10 к. с., 1 к. с. и 0,1 к. с. воды, и газ образуется в 10 к. с. и 1,0 к. с., но не образуется в 0,1 к. с., то высев на чашки для производства „частично подтвержденного“ определения производится только из трубки, содержащей 1,0 к. с. воды.

(Если по истечении 48 часов бродильные трубки, содержащие и меньшие объемы воды, дадут газообразование необходимо сделать высев на чашки материала и из этих трубок).

Выращивание на чашках производится при 37° С. в течение 18—24 часов.

б) Запись результатов. Типичные и нетипичные колонии. 1) Если за этот период на чашке разовьются типичные ¹⁾ колонии — значит „частично подтверждающее“ определение дало положительный ответ. Если же через 24 часа разовьются нетипичные колонии, — нельзя, все же, считать, что определение дало отрицательный результат, так как нередко встречаются члены группы *coli-aerogenes*, у которых отсутствуют типичные колонии на Эндо, или они развиваются медленно. В этом случае необходимо всегда производство „полного“ определения, описанного ниже.

3. „Полное“ определение.

а) С типичных чашек. С чашек Эндо платиновой иглой отбиваются две или более типичные колонии на поверхность косого агара и в бродильную трубку с лактозой.

б) С нетипичных чашек. Если через 24 часа на чашке разовьются нетипичные колонии, чашки следует выращивать дополнительно в течение 24 часов, а затем — две или более колонии, наиболее похожие по виду, на типичные колонии группы *coli-aerogenes* отбиваются на поверхность косого агара и одновременно ими же заражаются бродильные трубки с лактозой.

Примечание к пунктам „а“ и „б“. Бродильные трубки с лактозой, зараженные, как указано выше, выращиваются до тех пор, пока не появится газ, однако не более 48 часов.

Косой агар подвергается инкубации при температуре 37° С. 24 часа, после чего должно быть произведено микроскопическое исследование, по меньшей мере, одной культуры, взятой из пробирки с косым агаром, соответствующей той бродильной трубке, которая дала газ.

Положительный ответ — образование газа в бульоне с лактозой и присутствие на косом агаре Грамм-отрицательных и неспорообразующих палочек должно рассматриваться, как положительный ответ „полного“ определения.

Отрицательный ответ — отсутствие газообразования, или отсутствие Грамм-отрицательных и неспорообразующих палочек в забродивших трубках с лактозой должно рассматриваться как отрицательный ответ „полного“ определения.

¹⁾ Темно-красные с золотым блеском и красной зоной вокруг.

III. Конкретные случаи применения „предварительного“, „частично подтверждающего“ и „полного“ определений.

1. „Предварительное“ определение.

Положительный ответ—(образование более 10% газа через 24 часа при 37° С.)—достаточен:

1) Для всех забродивших трубок одного и того же образца воды за исключением трубки с наименьшим объемом воды, давшим газ.

2) Даже и для трубки с наименьшим объемом, давшим газ, в случае: сточной жидкости, вод загрязненных настолько явно, что не возникает и вопроса об употреблении их в качестве питьевых п. наконец, при контроле работы полей орошения.

Отрицательный ответ—(отсутствие газа через 24 и через 48 часов)—достаточен во всех случаях.

Сомнительный ответ—(Образование менее 10% газа, или его полное отсутствие через 24 часа, или образование некоторого объема газа через 48 часов)—всегда требует подтверждения.

2. „Частично подтверждающее“ определение.

Положительный ответ—(появление типичных колоний на чашках Эндо через 24 часа)—достаточен: 1) когда определение применяется для подтверждения сомнительного „предварительного“ определения, в тех случаях, когда ответом последнего по сути дела можно удовлетвориться.

2) При обычных контрольных исследованиях водопроводной воды, когда рядом предшествовавших анализов, установлено совпадение „частично“ подтверждающего и „полного“ определений.

Отрицательный ответ—(отсутствие колоний через 24 часа), а также

Сомнительный ответ—(появление нетипичных колоний через 24 часа) должны быть проверены „полным“ определением.

3. „Полное“ определение.

Применяется ко всем наименьшим объемам, давшим газ, за исключением тех случаев, когда удовлетворяются, по существу дела, ответами „предварительного“ и „частично“ подтверждающего определений, а также во всех случаях, когда ответ „частично“ подтверждающего определения—сомнителен.

Ход анализа (см. прилагаемую таблицу стр. 139).

IV. Разведение и учет результатов.

Учет количества бактерий группы *coli-aerogenes* производится по методу титра, т.е. установлением наименьшего объема воды, содержащего один организм группы *coli-aerogenes*.

В зависимости от того, является ли анализ ориентировочным или обычным контрольным может рекомендоваться та или иная система разведения и учета.

Ориентировочный анализ.

Разведение: рекомендуется заражать бродильные трубки с лактозой убывающими в геометрической прогрессии (со знаменателем 0,1) количествами испытуемой воды.

Пример: 10 к. с., 1,0 к. с., 0,1 к. с.

При чем каждым разведением желательнo заразить не менее 3-х бродильных трубок.

Учет результатов: производится следующим образом:

Пример:	10	1,0	0,1	титр гр. с. а. ¹⁾
	+	+	—	1,0
	+	—	—	10
	+	—	+	1,0
				1,0

т.-е. для каждого ряда разведений определяется свой титр, а окончательный титр получается, как среднее из этих титров.

Примечание. Бывают иногда исключения, когда больший объем испытуемой воды не даст газа, в то время, как в меньших газ образуется. В таких случаях за титр группы *coli-aerogenes* надо принимать тот объем, который предшествует последнему разведению, давшему газ²⁾.

Обычный контрольный анализ.

В том случае, когда предшествовавшими наблюдениями установлены границы, в пределах которых обычно колеблется титр данного источника воды:

например, 0,1—1,0 кб. см.

для анализа нужно взять количество воды, соответствующее наивысшему титру и разбить это количество на равные порции, соответствующие наименьшему титру (так, в данном случае надо взять 10 объемов по 0,1 в общем составляющих 1 кб. см.).

Учет результатов.

Представлен на следующей таблице:

	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	титр.
	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0
	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5
	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	0,33
Пример для случая, когда титр и <i>coli-aerogenes</i> колеблется между 0,1 и 1,0.	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	0,25
	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	0,2
	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	0,16
	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	0,14
	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	0,13
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	0,11
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0,1

Из этой таблицы можно видеть, что титр *coli-aerogenes* получается, как частное от деления всего объема испытуемой воды на число пробирок, давших газ.

¹⁾ *Coli aerogenes*.

²⁾ Этот прием основывается на том допущении, что при разведении взвесей, возможны случаи, когда при небольшом общем числе бактерий одна бактерия попадает в меньший объем, и ни одной в предшествующий больший; так, например, если в 1,1 куб. сан. воды имеется одна бактерия, то при разливке она может попасть и в пробирку с 1 куб. сан. воды и в пробирку 0,1 куб. сан. воды.

Если за титр *coli-aerogenes* будет принят 0,1 куб. сан., то результаты анализа будут уменьшены в 10 раз, тогда как, если за титр *coli-aerogenes* принять 1 куб. сан.—результат анализа будет не так далек от истины, ибо в действительности одна бактерия содержалась в 1,1 куб. сан. воды.

V. Отделение типичных фекальных членов группы coli-aerogenes от нетипичных.

В настоящее время в распоряжении исследователей не имеется еще какого-либо одного или группы методов, позволяющих установить происхождение данного выделенного микроорганизма с полной несомненностью; однако, помещаемые ниже определения позволяют дифференцировать подгруппу coli от подгруппы aerogenes, на принципиальное санитарное различие которых было указано при изложении основ учета bact. coli по Ам. Шт. Мет.

Физиологические признаки, по которым эти две группы различаются, следующие:

А. Концентрация водородных ионов, устанавливаемая в среде Clark'a при развитии данного микроба (окончательная реакция среды устанавливается по Methyl-rot'y).

Б. Положительная или отрицательная реакция Voges-Proskauer'a.

В. Отношение к лимонно-кислому натрию, как источнику углерода (подгруппа aerogenes способна, а подгруппа coli неспособна использовать лимонно-кислый натрий в качестве источника углерода).

Различие между подгруппой coli и подгруппой aerogenes.

Представлено на следующей таблице:

Подгруппа.	Реакция с Methyl-rot'ом.	Реакция Vog.-Prosk.	Лим.-кисл. натр.	местонахождение в природе.
coli	+	—	—	faeces
aerogenes	—	+	+	почва

а) Определение с Methyl-rot'ом: к 5-ти куб. см. культуры, выросшей при 37° С в течение 4-х дней, прибавляют 5 капель Methyl-rot'a.

Появление красной окраски в среде (свидетельствующей о том, что Рн среды, благодаря жизнедеятельности развившейся в ней культуры, упал с 7,0 до величины меньше 5,0) считается положительной реакцией (+).

Появление желтой окраски (свидетельствующей о том, что Рн среды выше 5,0) считается отрицательной реакцией и обозначается знаком —.

б) Реакция Voges-Proskauer'a: к оставшимся от определения с Methylrot'ом 5 куб. см. среды Clark'a добавляют 5 куб. см. 10% едкого кали и ставят в термостат при 37° С на ночь.

Появление эозиново-красной окраски среды (реакция на ацетилметил-карбинол) считается положительной реакцией (+), отсутствие таковой—отрицательной реакцией (—).

в) Рост на среде с лимонно-кислым натрием, обнаруживаемый через 4 дня при температуре 37° С считается за положительную реакцию (+), отсутствие роста за отрицательную реакцию (—).

VI. Посуда.

Бродильные трубки Durgham'a
или Рожки Einhorn'a—Smith'a.
Чашки Petri.

VII. Материалы.

1. Вода. Для приготовления сред должна употребляться дистиллированная вода.

2. Мясной экстракт. Вместо мясного настоя должен употребляться мясной экстракт Liebig'a или другой марки, если сравнительное испытание даст эквивалентные результаты.

3. Пептон Witte или иной, дающий эквивалентные результаты.

4. Сахара—должны быть высокой степени чистоты.

5. Агар-агар—высшего качества. (Многие сорта агаров содержат большое количество морских солей. В таком случае агар должен быть выщелочен дистиллированной водой и высушен).

6. Желатина—должна быть светлая, чистая, не должна содержать антисептиков. Точка плавления должна быть такова, чтобы 10% раствор ее плавился при 25° С.

Должно быть обращено особое внимание на то, чтобы все вещества, входящие в состав питательных сред были химически чистыми.

VIII. Приготовление питательных сред.

1) Установка реакции.

Реакция питательных сред должна находиться в определенных границах рН. Установка требуемого рН должна производиться по одному из следующих методов:

1) или при помощи штандартных буферных растворов, или

2) при помощи капельного метода (Gillespie). (Если применяется иной метод, в отчете должна быть оговорка).

Пример установки рН питательной среды: наливают 5 куб. см. дистиллированной воды в две чистые, одинаковые по форме, величине и цвету пробирки. Набрав 10 куб. см. испытуемой питательной среды прибавляют ее по 5 куб. см. в каждую пробирку. К одной прибавляют 5 капель того индикатора, в пределах перемены цветов которого находится требуемый рН среды.

Пользуясь компаратором помещают пробирку, содержащую разбавленную среду + индикатор перед пробиркой с дистиллированной водой, а другую пробирку, содержащую только разбавленную среду без индикатора помещают перед пробиркой со штандартным раствором требуемого рН, куда также добавляют 5 капель того же раствора индикатора. (В случае применения капельного метода следует заметить, что приходится смотреть не через 2, а через 3 пробирки). Затем титруют разведенную среду + индикатор, разбавленным точно в десять раз раствором, приблизительно и раствора Na(OH) до тех пор, пока окраска пробирки с дистиллированной водой не окажется одинаковой с окраской пробирки со штандартным раствором + индикатор, рассматриваемым сквозь пробирку с питательной средой без индикатора.

Затем вычисляется объем Na(OH) , который нужно добавить ко всему объему среды, для того, чтобы достичь требуемого рН.

После прибавки и основательного перемешивания—проверяют реакцию.

Окончательная реакция бульонов и агара должна быть между 6,2 и 7,0; для среды Эндо окончательная реакция после прибавления хемпкалип должна быть между 7,8 и 8,2.

Слабое повышение рН во время стерилизации наблюдается в зависимости от характера стерилизации, исходных материалов и начальной реакции среды.

Обычно после стерилизации рН возрастает на 0,2—0,4.

2. Сахарный бульон.

На 1000 куб. сант. воды:

5 грамм пептона;

3 грамма мясного экстракта;

5 грамм лактозы.

Растворять при помешивании на водяной бане при 65° С.

Пополнить потерю на выпаривание и установить реакцию с тем расчетом, чтобы окончательная (после стерилизации) реакция была между 6,2 и 7,0.

Стерилизация, или 1) при 120° С—15 мин., начиная от момента достижения 120° с таким расчетом, чтобы все время нагревания не превышало 30-ти минут. Или 2) 10—20% раствор в дистиллированной воде нужного сахара стерилизуют при 120°—15 минут, как было только что сказано и, по расчету, прибавляют к стерилизованной уже среде столько сахара, сколько надо для того, чтобы концентрация его в среде была равна 0,5% (стерильно) и затем снова стерилизуют при 100° С 30 минут. Или 3) можно также стерильный раствор сахара прибавлять в нужном количестве к среде (также стерильной) без последующей стерилизации; тогда надо поставить проверочную пробу среды на брожение при 37° С 24 часа.

3. Агар (косой).

На 1000 куб. см. дистиллированной воды:

3 грамма мясного экстракта Luebig'a.

5 грамм пептона Witte.

15 грамм агара.

рН 6,2—7,0.

4. Агар Эндо.

На 1000 куб. см. дистиллированной воды

5 грамм экстракта Luebig'a.

10 грамм пептона Witte.

30 грамм агара.

Кипятить до тех пор, пока агар не растворится; пополнить потерю от выпаривания. Титровать, как было указано на стр. 135, п. VIII—1 и устанавливать реакцию так, чтобы окончательная (после прибавления хемикалий и стерилизации реакция была 8,0—8,2). Затем агар должен быть осветлен при помощи одного из двух, описанных ниже приемов.

Прием № 1: агар кипятится на голом пламени при постепенном помешивании и фильтруется через вату или через сукно.

Прием № 2: агар нагревается в автоклаве при 120° С—15 мин. в цилиндрическом сосуде. Медленно остужается (хотя бы в течение ночи). Вынимают затем сосуд из автоклава и встряхивают агар на чистую бумагу. Осевшая и застывшая на дне сосуда муть образует нижний слой. Этот слой отрезается ножом и отбрасывается. Находящийся над ним чистый верхний слой режется на куски и расплавляется. Затем агар разливается по сосудам, емкостью 100 куб. см. и стерилизуется снова при 120° С—15 минут.

Приготовление чашек со средой Эндо.

Приготавливают 10% раствор основного фуксина в 95% алкоголе. После стояния в течение 24-х часов раствор краски сливается с оставшегося нерастворенным фуксина и фильтруется. Это, так называемый, основной раствор. Когда нужно приготовить чашки, расплавляют нужное количество агара и прибавляют к каждому 100 кб. см. его следующие ингредиенты в указанном ниже порядке (основательно взболтать среду после прибавки последнего ингредиента).

1 гр. химически чистой лактозы в стерильном растворе,
0,5 кб. см. основного раствора фуксина,

0,125 гр. безводного сернисто-кислого натра (в случае кристаллического сернисто-кислого натра с 2-мя частями H_2O , навеска должна быть удвоена), растворенного в стерильной дистиллированной воде. (Na_2SO_3 должен быть прибавлен свежим, тотчас, как только он будет растворен в воде, так как в воде он способен очень быстро окисляться в серно-кислый натрий).

Основательно смешать все.

Разлить на чашки и несколько подсушить их в термостате (15 минут при $37^{\circ}C$).

Чашки заражаются мазком по поверхности.

5. Допустимые отклонения в способе приготовления сред.

В том случае, если исследованию подлежат большие объемы воды, среда может быть сварена концентрированной в 2—3 раза.

Однако, добавляя воду к среде, надо помнить, что уменьшение концентрации штандартной среды более чем вдвое против указанной в рецепте недопустимо.

Среды для дифференциации фекальных и нефекальных членов группы *Coli-aerogenes*.

1. Среды Clark'a.

а) Бульон с глюкозой и фосфатом (для определения с Methylrot'ом и реакции Voges-Proskauer'a).

К 800 кб. см. дистиллированной воды:

5 гр. пептона;

5 гр. химически-чистой глюкозы;

5 гр. двуосновного фосфорнокислого кали (разбавленный раствор K_2HPO_4 должен давать отчетливое окрашивание с фенол-фталепном).

Нагревать при помешивании на водяной бане 20 минут. Профильтровать через складчатый фильтр, охладить до $20^{\circ}C$ и довести дистиллированной водой до 1000 кб. см. Разлить по 10 кб. см. в стерильные пробирки. Стерилизовать в текучем паре 20 минут 3 дня под ряд.

Раствор индикатора.

Растворить 0,1 гр. Methylrot'a в 300 кб. см. 96% этилового спирта и довести до 500 кб. см. дистиллированной водой.

Синтетическая среда.

Растворить 7 грамм Na_2HPO_4 (безводного), или 8,8 грамма $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

2.грамма кислого калиевого фталата.

1 гр. аспарагиновой кислоты и

4 гр. глюкозы в 800 кб. см. теплой дестиллированной воды. Когда все растворится — охладить и довести до 1 литра при комнатной температуре.

Нагревать в автоклаве 15 минут, после того как давление дошло до одной атмосферы с тем, чтобы все нагревание длилось не более получаса. РН среды установлен ее составом.

Он должен быть равен 7,0 (с индикатором Phenolrot'ом должен давать слабо-красный оттенок).

Все реактивы должны быть перекристаллизованы.

Двуосновной фосфорно-кислый натрий может применяться безводным, полученным при высушивании в вакууме при 100°C . и двухводным, который можно получить, если держать 12-тиводную соль на воздухе в течение 2-х недель.

2. Жидкая среда с лимонно-кислым натрием Koser'a.

Растворить 1,5 фосфорнокислого натр-аммония

1,0 одноосновного фосфорнокислого кали

0,2 сернокислого магния

2,5—3 гр. лимонно-кислого натрия

в 1000 кб. см. воды.

3. Твердая среда с лимонно-кислым натрием Simmons'a.

Количество и состав солей те же, что для среды Koser'a.

К 1000 кб. с. этой среды добавляется 20 гр. чистого агара.

Смесь стерилизуется в автоклаве при 120°C . 15 минут.

После установки рН среды 6,8 добавляется индикатор Bromthymoll'ом (10 кб. с. $1\frac{1}{2}\%$ спиртового раствора).

Среда разливается на чашки. Цвет среды на чашках должен быть оливково-зеленым.

Твердая среда Simmons'a имеет следующие преимущества ¹⁾ перед жидкой средой Koser'a:

1) все те, которые твердая среда имеет перед жидкой вообще;

2) дает возможность непосредственно учитывать кислоты и щелоче-образующую способность данной культуры в узких границах рН (от 6,0 до 7,6);

3) дает быстрый ответ — через 12—24 часа.

Подгруппа Coli не дает на этой среде роста, поэтому цвет ее не меняется. Подгруппа aerogenes растет хорошо и подщелачивает среду, благодаря чему последняя, вблизи мазка, окрашивается в глубокий синий цвет.

¹⁾ Среда Simmons'a предложена им в 1926 г., поэтому она и не могла войти в Стандартную Методику 1925 г.

ХОД АНАЛИЗА.	Дальнейшее определение.
А. Заражение бродильных трубок с лактозой; инкубация 24 часа при 37° С.; отметка газообразования в каждой трубке.	
1. Образование 10 и более 10% газа дает положительный ответ „предварительного“ определения:	
а) для всех забродивших трубок, кроме трубки, содержащей наименьшую порцию образца. Это определение можно считать законченным для всех трубок, давших газ, включая и трубку с наименьшей порцией образца, в случае сточной жидкости и явно загрязненных вод .	не нужно.
б) для трубок с наименьшим объемом образца, исключая случая анализа сточной и явно загрязненной воды . . .	В
2. Через 24 часа объем газа меньше 10% (не убедительная реакция)	Б
Б. Инкубация в течение добавочных 24-х часов; в общей сложности 48 часов; отметка газообразования.	
1. Образование некоторого объема газа. Ответ сомнительный. Необходимо продолжение анализа	В
2. Газ нет. „Предварительное“ определение дало отрицательный ответ	не нужно.
В. Высез на чашки Эндо из содержащих наименьший объем испытуемой воды, трубок с лактозой, забродивших через 24—48 час. Инкубация в течение 18—24 часов при 37° С. Просмотр колоний.	
1. Одна или две типичных колонии:	
а) в случае только „частично подтверждающего“ определения	не нужно.
б) в случае „полного“ определения надо выделить 2 типичных колонии для идентификации	Д
2. Типичных колоний нет	Г
Г. Поместить дополнительно на 18—24 часа чашки в термостат. Затем наметить и выделить 2 наиболее похожие на <i>coliaerogens</i> колонии	Д
Д. Перевить платиновой иглой эти колонии:	
1. в бродильную трубку с лактозой. Инкубация не более 48 часов при 37° С.	
2. На косой агар. Инкубация 24 часа при 37° С.	
а) если в бродильной трубке, зараженной той же культурой газ образовался	Е
б) если не образовался—„полное“ определение дало отрицательный ответ	не нужно.
Е. Сделать мазок и исследовать его под микроскопом:	
1. если в препарате есть довольно чистая культура неспорообразующих палочек—„полное“ определение дало положительный ответ	не нужно.
2. если в препарате не заметно неспорообразующих палочек или к ним примешаны спорообразующие, или иной морфологии палочки	Ж
Ж. Снова посев на чашки для получения чистой культуры. Отбор нескольких колоний и повторение этапов Д и Е.	

Расписание порядка производства бактериологического анализа воды по дням.

1-й день.

- 1) Сделать нужные разведения.
- 2) Засеять по 2 чашки с желатиной или агаром и поставить их в термостат при 20° С.
- 3) Засеять тем же разведением 2 чашки агара и поставить в термостат при 37° С.
- 4) Заразить бродильные трубки с лактозой соответствующими объемам испытуемой воды. (Для определения титра).

Примечание. В том случае, когда производится обычный контроль водопроводной воды, достаточно двух чашек того разведения, которое обычно дает числа бактерий от 30 до 300 на 1 к. с.

2-й день.

- 1) Подсчет чашек с агаром, засеянных накануне и выращенных при 37° С.

- 2) Запись числа бродильных трубок давших 10% и более газа.
Примечание. Если, по сути дела, „предварительное“ определение достаточно,—трубки, давшие 10% и более 10% газа, отбрасываются.

- 3) Мазок на среду Эндо из забродившей трубки, содержащей наименьший объем воды. Инкубация в термостате при 37° С.

Примечание. В случае, если в бродильной трубке с наименьшим забродившим объемом воды % образовавшегося газа будет менее 10 нужно сделать мазок на чашку из соседней трубки, содержащей больший объем воды, так как возможно, что ближайшее меньшее разведение позволит обнаружить присутствие группы в то время как большее разведение может совсем не дать роста на чашках.

3-й день.

- 1) Подсчет чашек от 1-го дня, выращивавшихся при 20° С.
- 2) Запись числа бродильных трубок, давших при дополнительной инкубации 10% и более 10% газа.

- 3) Просмотр чашек Эндо. В случае нахождения типичных—перенос их на косой агар и заражение ими бродильных трубок с лактозой. Инкубация и тех и других в термостате при 37° С.

- 4) В случае обнаружения нетипичных колоний—следует оставить их еще на 24 часа при 37° С.

- 5) Повторить операцию № 3 2-го дня с бродильными трубками, давшими газ и содержащими наименьший объем воды.

4-й день.

- 1) Выделить минимум 2 колонии (по возможности типичные), с чашек Эндо, подвергавшихся инкубации в течение дополнительных 24-х час. Заражение ими: лактозы—инкубация 24—48 час. при 37° С, косога агара—инкубация 24 часа при 37° С.

- 2) Просмотр бродильных трубок, зараженных накануне; трубки, давшие газ, после тщательной записи,—ликвидируются; не давшие газа ставятся еще на 24 часа при 37° С.

3) Просмотр и микроскопирование материала с косога агара, соответствующего бродильным трубкам, в которых обнаружилось газообразование.

4) Просмотр чашек от операции № 5 3-го дня.

5-й день.

1) Просмотр бродильных трубок от 4-го дня (дополнительная инкубация).

2) Продолжение просмотра чашек и исследования культур от операции № 4 4-го дня.

6-й день.

1) Просмотр бродильных трубок с лактозой и косога агара от операции № 2 5-го дня.

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

ВВЕДЕНИЕ.

Биологическое исследование, применяемое в целях санитарной оценки загрязнения разного рода вод, основано на некоторых определенных отношениях между действием условий внешней среды и водными организмами.

Как всякий метод, основанный на экологических свойствах живых существ (напр. метод геоботанических исследований), биологическое исследование предполагает в исследователе знание этих свойств, умение разбираться во влияниях разнообразных факторов, способность индивидуализировать каждый отдельный случай и исключать влияние посторонних условий.

Поэтому, оно не может быть уложено в рамки определенной, аналитической рецептуры, требует большого знания и опытности от выполняющего его лица и инструкция для его применения может вылиться лишь в форму самых общих положений, характеризующих его место в ряду других методов исследования, его отличительные свойства, главнейшие методы взятия проб, выполнения наблюдений и разработки материала, а также указывающих главнейшие условия его применимости.

По такому плану и построена I-ая часть инструкции; более же подробные указания могут быть найдены во II-ой части под заголовком: „Принципы и методы биологического исследования воды“, которое останавливается на всех этих вопросах несколько более подробно; в III-ей части инструкции приводится список сапробных организмов.

Имея в виду, что инструкция должна носить характер компендиума, авторы ее считают излишним обоснование всего охваченного ею материала ссылками на литературу. Взамен этого в конце инструкции прилагается довольно подробный перечень литературы.

В биологическом методе исследования водоемов гораздо сильнее, чем в методах химическом и бактериологическом, выражен его описательный характер. По самой сущности своей он должен быть более субъективным, более зависящим от знаний и опытности применяющего его исследователя, нежели эти последние. Правила, которые необходимо соблюдать при его применении, не укладываются полностью в сжатую форму инструкции и требуют соответствующих разъяснений и дополнений.

Вот почему инструкцию к выполнению биологического исследования мы сопровождаем запиской об основных принципах биологического исследования и об его методах.

ОТДЕЛ ПЕРВЫЙ

Основные положения биологического исследования водоемов.

1. Биологическое исследование изучает не воду, а водоем, во всем его целом (вода, дно, берега и т. д.).

2. Биологическое исследование строит свои заключения на основании изучения гидрофлоры и гидрофауны водоема в их целом.

Наибольшее значение при этом имеют так называемые руководящие или показательные формы растений и животных, распределенные в систему сапробности и также их комплексы образующие биоценозы, характерные для той или иной степени загрязнения.

3. Всякое заключение по результатам биологического исследования должно строиться лишь на основании совокупности всех имеющихся на лицо данных, а отнюдь не на основании единичных находок тех или иных организмов.

4. Биологические исследования требуют от выполняющего их лица весьма высокой специализации и большого навыка в биологических исследованиях.

5. Оно отвечает на вопросы:

а) Какова степень загрязнения водоема.

б) Каков характер загрязнения водоема.

в) Как протекает процесс естественного самоочищения в водоеме.

6. При всяком биологическом исследовании водоема необходимо принимать во внимание состояние водного режима его в момент исследования. Вполне правильную картину дают лишь исследования выполненные при низком стоянии воды.

7. При всяком биологическом исследовании загрязняемого водоема должна быть выяснена, если к этому представляется возможность, не только биологическая картина его загрязненной части, но также и таковая в части незагрязненной. Эта „нормальная“ биологическая картина служит как бы масштабом для оценки получаемых результатов исследования.

8. Всякое биологическое исследование водоема выполняется, если к тому есть возможность, на протяжении большем того, на котором перестают замечаться биологические, а также и иные, признаки загрязнения.

9. Полную картину загрязнения водоема можно получить, лишь подвергая его обследованию во все времена года. Наиболее рельефные результаты получаются при исследовании, выполненном во второй половине лета, осенью и отчасти зимой. К этим периодам необходимо приурочивать исследование, если оно не может быть распространено повторно на все периоды года, а почему-либо должно быть однократным.

10. Особое внимание при биологическом исследовании водоема уделяется местам с быстрым течением каковы: плотины, шлюзы, перекаты и т. д.

11. Как при выполнении биологического исследования, так и при оценке полученных результатов необходимо иметь в виду возможность случайных; совершенно местных загрязнений в пункте наблюдения или в пункте выемки пробы.

12. При выполнении биологического исследования необходимо ориентироваться в естественных, иногда довольно сильных загрязнениях водоема.

13. Также необходимо иметь в виду возможность „вторичных“ загрязнений, происходящих вследствие отмирания и загнивания развившихся в водоеме в изобилии организмов, принимающих участие в самоочищении водоема.

14. При исследовании водоемов или очистных сооружений (полей орошения) на больших пространствах биологическое исследование в виде „Биологического осмотра“ предшествует всем остальным родам исследования. На основании результатов биологического осмотра составляется подробный план дальнейшего всестороннего исследования, выполняемого путем применения химического, бактериологического и биологического методов. Иногда, в особенно резко выраженных случаях, для решения поставленного санитарного вопроса, возможно бывает удовлетвориться результатами биологического осмотра, не прибегая к помощи подробного изучения водоема.

Основные методы биологического исследования водоемов.

1. Биологическое исследование водоема складывается из:

а. Изучения бентоса.

б. „ планктона и сестона.

в. „ флоры высших растений.

г. „ фауны высших животных.

д. „ физико-химических свойств воды в момент исследования.

е. Собирания сведений о водном режиме водоема вообще и в момент исследования в частности.

2. Дальнейшая обработка собранного при исследовании материала состоит в точном, по возможности видовом определении форм бентоса, планктона, высших растений и высших животных, по руководствам, определителям и монографиям, допускающим точное видовое определение.

3. Микроскопический анализ собранных проб как бентоса, так и планктона должен производиться на живых пробах и не позднее 6 ти часов после выемки пробы. Пробы затем должны быть фиксированы для дальнейшего более тщательного изучения.

4. При изучении бентоса для собирания налетов и наростов различных организмов пользуются рукой, пинцетом, скребком Кольквитца драгой и иногда ножом. Собранные пробы тотчас же этикетировуются.

5. Население донных отложений может быть изучено:

а) качественно и

б) количественно.

Для качественного исследования пользуются в зависимости от свойств грунта разными драгами, лотами, черпаками Кольквитца или илососом Перфильева. Отмечается выделение газа при взятии пробы, запах и цвет свежей пробы. Небольшая часть пробы отбирается для микроскопического исследования, остальная масса грунта про-

мывается на ситах тут же на месте взятия пробы для собирания макроскопических форм донного населения.

Для количественного исследования, которое разработано в настоящее время только для макроскопического населения грунта (моллюски, черви, личинки насекомых и т. д.), пользуются в зависимости от свойств грунта той или иной системой дночерпателей. Полученные пробы просеиваются через систему сит. Отсеянные организмы подсчитываются, а иногда, в соответствии с задачами исследования, кроме того и взвешиваются.

Планктон водоема исследуется также

а. качественно и

б. количественно.

Качественное исследование складывается из изучения:

Сетных проб (Сестона) и

„Натуры“—проб воды, взятых непосредственно без концентрации их на месте.

Для собирания сетных проб пользуются планктическими сетями Апштейна, Кольквитца или лучше Лангганса.

Для изучения „натуры“ пользуются теми же методами, которые применяются при количественном изучении (см. ниже) без количественной обработки взятых проб. В результатах анализа отмечается условно частота нахождения каждой формы.

Количественное исследование складывается из изучения:

Сетных проб и

„Натуры“.

Для сбора количественных проб сестона применяется или та же сеть Кольквитца, что и для качественного, но с точным учетом объема воды, через нее пропущенного, или специальные количественные сети.

Подсчет числа организмов в пробе ведется или по методу Гензена или в камере Кольквитца.

Изучение „Натуры“ выполняется путем одновременно применяемых методов:

а) Метода осадочного планктона.

б) Метода камерного планктона и иногда

в) Метода центробежного планктона.

Количественная обработка проб ведется по методу Гензена или в камерах Кольквитца.

ОТДЕЛ ВТОРОЙ.

I. Общие свойства биологического исследования и условия его применения на практике.

Все три рода исследования воды: химическое, бактериологическое и биологическое имеют каждое свои особые свойства, преследуют различные задачи и потому не могут заменять друг друга. Все они стремятся выяснить и определить одно и то же явление „загрязнения“ воды, но каждое из них подходит к решению этого вопроса с своей специальной точки зрения и каждое определяет различные, лишь ему доступные, стороны этого весьма сложного явления.

Химическое исследование, наиболее старое и разработанное, имеет в своих руках очень много точных средств и путей для распо-

знания степени и характера загрязнения воды. Но во многих случаях особенно там, где оно сталкивается с вопросами о качестве загрязняющих воду органических веществ, о степени их разложениости или свежести, об их мертвом или живом, организованном характере, а также о наличии в воде небольших доз особенно органических ядов,—оно нередко встречается с серьезными затруднениями, и далеко не всегда оказывается в состоянии дать определенный ответ.

Ответ на эти вопросы составляет одну из задач биологического исследования; оно указывает, являются ли загрязняющие воды органические соединения (растворимые и твердые) усвояемыми для различных организмов, и этим самым дает важные указания относительно степени их разложениости или свежести; оно дает также прямой ответ на вопрос о мертвом или живом характере находящихся в воде органических веществ и часто может дать вполне определенные указания относительно наличия в воде тех или иных ядовитых веществ.

Наконец бактериологическое исследование, в виде ли счета бактерий или определения содержания группы *Coli*, имеет, преимущественно перед другими, задачу установить большую или меньшую степень вероятности нахождения в воде патогенных микроорганизмов.

Таким образом, по своей сущности, по раздельности и важности преследуемых задач, все три метода исследования вод являются вполне самостоятельными и, при решении всех вопросов, связанных с загрязнением воды, должны применяться одновременно и только идя рука об руку могут дать точные и полные ответы на эти вопросы.

Относительно внешних условий производства и сферы применимости этих 3-х родов исследования, также нужно сказать, что они довольно различны. Так, например, по самой сущности своей, бактериологическое исследование оказывается специфически пригодным при оценке питьевых вод, для контроля над деятельностью приспособлений для их фильтрации; и действительно, мы видим, что здесь этот род исследования получает особенно широкое, доминирующее применение.

Наоборот, при контроле деятельности приспособлений для очистки сточных вод, где вопрос идет не столько о содержании бактерий, сколько о ходе минерализующих процессов, бактериологическое исследование, по многим причинам, теряет свое первенствующее значение и здесь на первый план выступают химическое и биологическое исследование.

В то время как химическое и бактериологическое исследования представляются довольно сложными и кропотливыми и требуют много времени для своего производства, т.-е. дают тот или иной ответ на поставленный вопрос лишь спустя долгое время (обычно—несколько дней) после его постановки, биологическое исследование, даже при подробном микроскопическом исследовании, и тем более будучи применено в виде „биологического осмотра“ может дать ответ на поставленный вопрос очень быстро, нередко почти тотчас же; во многих случаях практики это свойство биологического исследования делает его особенно важным и удобоприменимым.

В то время как химическое и бактериологическое исследования требуют для своего выполнения лабораторной обстановки, биологическое исследование, применяемое в виде „общего биологического осмотра“, требует лишь известной, правда, весьма большой опытности от лица его производящего. Это обстоятельство делает его особенно портативным, подвижным в пространстве и особенно применимым там где требуется, хотя бы и не очень точное, но быстрое определение качества водоемов на больших протяжениях; химическое и бактериоло-

логическое исследования, примененные в отдельности, потребовали бы для этой цели громадного количества анализов с затратой большого количества труда и времени. Это свойство „биологического осмотра“ делает его особенно уместным в виде рекогносцировочного метода, предшествующего более подробному химическому, бактериологическому и подробному биологическому исследованию и позволяющего организовать эти последние более правильно и с наименьшей затратой на них труда и времени.

К тому же ведет и другое, также весьма важное отличие биологического исследования; как хорошо известно всякому, кому приходилось сталкиваться с исследованием вод, особенно текучих, наиболее трудной, а в то же время и важной, определяющей верность результатов, частью исследования является правильное взятие проб для анализа. В этой части исследования ошибки случаются всего чаще и могут повести к весьма серьезным заблуждениям. Зависит это от того, что химическое и бактериологическое исследования изучают отдельные небольшие объемы воды, взятые из общей массы воды водоема и свои заключения и выводы строят на основании свойств этих отдельных проб. Всякая ошибка, сделанная в момент взятия пробы дает резкое искажение результатов. Если, напр., при выборке проб для бактериологического анализа в текущем водоеме мы не учтем влияния купания, прогон через реку скота, работы землечерпательных машин и т. п. в районе, лежащем выше, иногда значительно выше пункта выбора проб, или не сумеем учесть периодичности в спуске сточных вод с какой-либо фабрики, или не сумеем разобраться в вопросе смешения струй водоема с впадающим в него загрязненным стоком—мы получим превратные результаты, которые могут привести к совершенно ложным выводам.

Наоборот, развивающиеся в водоеме организмы, особенно же наиболее часто применяющиеся для оценки степени загрязнения сидячие формы, прикрепленные к различным подводным предметам, служат в биологическом исследовании как бы аппаратами, регистрирующими известную среднюю степень загрязнения, господствовавшую в данном водоеме в период времени, близкий к моменту исследования; периодические или случайные колебания в составе воды, суммируясь, отражаются так или иначе на развитии этих организмов.

Химическое и бактериологическое исследования изучают не столько водоем, сколько воду (иногда грунт) водоема; биологическое исследование изучает в биологическом отношении водоем в его целом.

Легко и быстро выполнимый биологический осмотр водоема может дать весьма важные указания относительно того, как нужно расположить в данном пункте водоема, взятие проб для химических и бактериологических исследований и этим значительно уменьшить возможность указанных выше ошибок. Это заставляет нас признать за биологическим исследованием большое вспомогательное, ориентировочное значение для обоих остальных видов исследования.

В виду того, что в области химического исследования имеется также ряд портативных методов, очень быстро и легко выполнимых на месте исследования, не нуждающихся в лабораторной обстановке и дающих также предварительные, но нередко чрезвычайно важные указания относительно физико-химических свойств воды, является крайне полезным соединить „общий биологический осмотр“ исследуемых водоемов с таким простым предварительным исследованием. Из таких исследований можно указать, как пригодные для этой цели,

например, определение степени прозрачности воды, запаха, цвета, иногда растворенного кислорода.

Простой биологический осмотр, связанный с таким предварительным физико-химическим исследованием на месте, может дать уже много чрезвычайно ценных в практическом отношении результатов.

В его упрощенном виде, в виде биологического осмотра биологическое исследование становится, как указано, особенно подвижным в пространстве и потому особенно применимо при необходимости бегло, но часто контролировать большие пространства. Поэтому значение этого его изменения особенно возрастает при контроле деятельности полей орошения или перемежающейся фильтрации, занимающих нередко большие площади и имеющие тогда громадное число дрен выводящих очищенные воды; сколько-нибудь частое взятие проб и химико-бактериологическое исследование каждой из этих дрен является совершенно невыполнимым и потому, на ряду с регулярными химико-бактериологическими и подробными бактериологическими исследованиями, производящимися по определенному, целесообразно выработанному плану, в этом случае должны быть применены более частые обходы всех отделений очистных приспособлений, сопровождаемые их биологическим осмотром.

Замеченные при этом беглом осмотре дефекты в деятельности тех или иных оросительных участков, в случае их полной очевидности, не требуют дальнейшего изучения и на них может быть тотчас же обращено внимание технического надзора, в случаях же сомнительных, окончательное выяснение характера и размеров обнаруженного или подозреваемого дефекта требует экстренного применения всех трех родов исследования—химического, бактериологического и подробного биологического.

По тем же причинам биологический осмотр оказывается в высшей степени пригодным для контроля за загрязнением рек и иных общественных водоемов, как средство, позволяющее легко и быстро изучить водоем на большом протяжении, и подготовить почву для дальнейшего применения подробного химического, бактериологического и биологического его исследования.

II. Основы биологического исследования.

Под биологическим исследованием понимается изучение всего населения водоема, в его целом, как населения самой воды, так и населения его дна, а также и населения развивающегося на различных подводных предметах, как его гидрофлоры, так и его гидрофауны, как микронаселения, так равно и макронаселения.

Цели биологического исследования.

Такое исследование может иметь две цели. Так как процессы самоочищения водоема идут, главным образом, под влиянием его флоры и фауны, совместная деятельность которых выражается в процессе биологической минерализации внесенных органических загрязнений, то изучение этих живых факторов минерализации позволяет сделать известные заключения о характере течения процесса самоочищения в изучаемом водоеме.

Но еще важнее то обстоятельство, что изучение флоры и фауны позволяет делать весьма ценные заключения, как о степени и характере загрязнения водоема, так и о распределении в нем загрязнения.

Условия развития водных организмов.

Различные водные организмы предъявляют к окружающим их условиям развития совершенно различные требования.

Питание. Из этих условий особенно важны для нас условия питания. Одни организмы для успешного развития своего требуют обильного органического питания, почему могут развиваться лишь в водах сильно загрязненных и содержащих достаточное количество органических веществ. Другие—требуют для своего развития меньших количеств органических веществ и потому успешно развиваются в менее загрязненных водах. Многие организмы, наконец, могут обходиться вовсе без органических веществ и способны развиваться даже в самых чистых водах, не содержащих этих последних.

Выносливость. Кроме того, различные организмы оказываются в различной степени выносливыми в отношении действия на них тех или иных вредных веществ и загрязнений; они проявляют различную сопротивляемость по отношению к разнообразным вредным факторам, всегда сопровождающим обогащение воды или донных отложений водоема легко разлагающимися органическими веществами.

Они могут очень различно относиться к тому или иному содержанию и окружающей воде кислорода; одни из них могут развиваться лишь при обильном его присутствии, другие—гораздо менее требовательны на этот счет (карась и форель). Также весьма различную стойкость могут проявлять разные организмы к содержанию в воде угольной кислоты, метана, сероводорода, к ее щелочности или кислотности, к ее мутности и т. д.

Понятие сапробности. Комплекс физиологических свойств данного организма, обуславливающий его способность развиваться в воде с тем или иным содержанием органических веществ, той или иной степени загрязнения и составляет то, что мы называем сапробностью организма.

Показательные организмы. Само собой понятно, что если известный организм может развиваться только при известной степени содержания органических веществ, то и обратно, по их развитию в водоеме, мы можем сделать заключение о содержании в воде или грунте водоема органических веществ, т.-е. о степени их загрязнения.

Все организмы, развитие которых стоит в зависимости от загрязнения воды и которые, следовательно, позволяют судить о степени ее загрязнения, носят название руководящих показательных или индикаторных организмов (форм).

Таких индикаторных организмов известно в настоящее время около 1000.

Система сапробности.

Все индикаторные организмы по степени их сапробности разделяются на полисапробных, развивающихся в наиболее грязных водах, мезосапробных, характеризующих среднее загрязнение и олигосапробных, развивающихся в водах чистых.

Полисапробные организмы развиваются в значительных количествах лишь в водах весьма сильно загрязненных и содержащих большое количество легко разлагающихся, а потому и легко усвояемых для них органических веществ; под влиянием их жизнедеятельности, эти сложно построенные органические соединения начинают расщепляться и разлагаться с образованием более простых соединений. Эти

процессы разложения обуславливают, с одной стороны, бедность, быстро поглощаемым кислородом, с другой—наличие сероводорода, углекислоты, часто метана, являющихся результатом распада и восстановительных процессов господствующих в этой зоне.

Хорошее органическое питание обуславливает также пышное развитие бактерий, число которых в таких водах редко спускается ниже 1.000.000 в 1 куб. см.

Все приведенные выше признаки характеризуют, так называемую, полисапробную зону; так как в ней все процессы, благодаря отсутствию кислорода, идут в анаэробных условиях, то ее можно еще охарактеризовать, как зону восстановительных процессов.

Мезосапробные организмы развиваются в водах, в которых содержание органических, легко разлагающихся веществ, значительно меньше, которые или вообще получили их немного, или уже освободились от них до некоторой степени путем процессов минерализации, протекающих в полисапробной зоне.

Если в этой последней азотистые органические соединения находятся в виде сложных белковых соединений и ближайших продуктов их распада, то здесь они уже распались до аммиачных солей.

Отсутствие больших количеств легко разлагающихся органических соединений обуславливает менее быстрое поглощение кислорода и делает возможным развитие процессов окисления, которые в конце этой зоны начинают преобладать; то же обстоятельство влияет на понижение содержания бактерий, которое, однако же, редко падает ниже 100.000 в 1 куб. см.

Так может быть охарактеризована мезосапробная зона, она обычно подразделяется в системе на две части— α -мезосапробную и β -мезосапробную зоны, разница в которых ясна из приведенной ниже таблицы.

Наконец, „олигосапробная зона“ характеризуется водами уже очистившимися, органические вещества в ней уже минерализованы сполна работой предыдущих зон, в результате которой азот сложных органических соединений превратился в форму аммиачных солей минеральных кислот и частью окислился еще дальше в процессе нитрификации до азотистой и азотной кислот. Сероводород—окислился в серную кислоту и т. д.

Содержание бактерий падает до тысяч, сотен и даже десятков в 1 куб. см.

Следующая сводная таблица дает возможность сопоставить друг с другом более подробно все только что охарактеризованные в общих чертах сапробные зоны. (В основание этой таблицы положена сводка, данная Гентшелем).

Дальнейшая группировка показательных организмов. Из различных групп индикаторных организмов, кроме четырех основных зональных групп, особенно важными являются еще следующие:

1. Группа сапрофитов (растительных гетеротрофных организмов), главным образом, грибы и бактерии, питающиеся растворенными в воде органическими веществами и своим развитием, указывающие непосредственно на присутствие таковых.

2. Группа животных гетеротрофных организмов, питающихся, главным образом, бактериями и другими тонкими, органическими взвешенными веществами,—группа бактериопожирателей, например многие инфузории, коловратки,—они указывают на присутствие в воде значительных количеств бактерий.

Схематическая характеристика сапробных зон.

Признаки.	Зона полусапробная	Зона α-мезосапробная	Зона β-мезосапробная	Зона олигосапробная
1. Химический состав	Белковые вещества	Аммиак, Амминокислоты, Амиды, Амидокислоты	$\text{NH}_3, \text{N}_2\text{O}_3, \text{N}_2\text{O}_5$	N_2O_5
2. Кислородные условия	Анаэробные	Полуанаэробные	Аэробные	Аэробные
3. Характер биохимических процессов	Восстановительные	Восстановительно-окислительные	Окислительные	Окислительные
4. Угольная кислота	Много	Порядочно	Немного	Мало
5. Сероводород	Много	Порядочно	Мало	Нет
6. Форма соединений железа	FeS	FeS + Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
7. Проба на загниваемость	Загнивает	Загнивает	Не загнивает	Не загнивает
8. Источники кислорода	Диффузия	Диффузия	Диффузия и ассимиляция CO ₂	Диффузия и ассимиляция CO ₂
9. Содержание бактерий	Сотни тысяч—миллионы	Сотни тысяч	Десятки тысяч	Сотни—десятки
10. Интенсивность развития отдельных форм	Обычно высокая	Очень высокая	Значительная	Нередко высокая
11. Разнообразие видов	Очень малое	Небольшое	Значительное	Очень большое
12. Преобладание отдельных видов	Очень сильное	Сильное	Слабое	Обычно слабое
13. Смена сообществ	Часто катастрофическая	Часто катастрофическая	Довольно медленная	Довольно медленная
14. Продуценты	Нет	Мало	Немного	Много
15. Консументы	Очень много	Много	Много	Немного
16. Пожиратели бактерий	Масса	Много	Немного	Очень мало
17. Пожиратели растений	Нет	Редки	Не редки	Часты
18. Пожиратели животных	Почти нет	Есть	Много	Очень много
19. Водные цветковые растения	Нет	Нет—мало	Немного	Много
20. Главные группы организмов	Бактерии Бесцветные жгутиковые Серные бактерии Инфузории	Грибы Бактерии Инфузории Синезеленые водоросли Зеленые жгутиковые	Синезеленые водоросли Диатомовые водоросли Зеленые водоросли Зеленые жгутиковые Инфузории Коловратки Ракообразные Рыбы	Зеленые водоросли Диатомовые водоросли Перидиней Хризомонады Коловратки Мшанки Губки Ракообразные Рыбы Очень большая
21. Потребность организмов в кислороде	Пничтожная	Слабая	Большая	Очень большая

3. Группа серных бактерий, указывающих на значительное содержание в воде сероводорода.

4. Группа полусапрофитов (миксотрофные организмы), питающихся одновременно растворенными в воде органическими веществами и путем ассимиляции угольной кислоты, многие сине-зеленые, диатомовые и зеленые водоросли, и указывающих, как и группа сапрофитов на присутствие растворенных органических соединений.

5. Группа аутотрофных организмов (водоросли и высшие растения), питающихся исключительно или, главным образом, путем ассимиляции угольной кислоты и потому могущих развиваться даже при полном отсутствии органического питания (аутотрофные организмы).

И, наконец, второстепенное значение имеют еще такие группы, как, например, железные бактерии, указывающие на содержание в воде железа и марганца, и отчасти на содержание кислорода.

Нередко большое показательное значение могут иметь также представители высшей фауны и флоры воды, например: рыбы, моллюски, насекомые, цветковые растения и т. д.

Положительные и отрицательные индикаторы. Из факта возможности распределения водных организмов в лестничную систему сапробности уже неизбежно вытекает, что нахождение в водоеме каждого показательного организма может рассматриваться и толковаться с двух сторон.

С одной—он положительно показывает, что в воде имеется та степень загрязнения, которую характеризует по системе данный организм, с другой—его развитие отрицает возможность наличия более сильного загрязнения.

Таким образом, показание каждого индикаторного организма имеет положительное и отрицательное значение. Обычно используется их положительное значение, указывающее на определенную степень загрязнения. Однако, весьма вероятно, что для многих форм, при более близком знакомстве с их физиологией центр тяжести переместится, наоборот, именно к отрицательной стороне их значения. Такие организмы особенно часто встречаются в олигосапробной группе.

Таким образом мы видим, что биологическое исследование обладает, как положительными показателями загрязнения, так и отрицательными, или, вернее сказать, положительными показателями относительной чистоты воды. В известных случаях практики (водоснабжение) эти последние могут иметь большое значение.

Водные биоценозы или сообщества.

Гидрофлора и гидрофауна разделяются на два биоценоза.

1. Бентос.

2. Планктон.

1. Бентос. В биоценоз бентоса включаются все формы растений и животных, которые в своей жизни более или менее тесно связаны с дном водоема или с поверхностью различных подводных предметов. Среди организмов бентоса мы встречаем, как прочно прикрепленные к твердому субстрату формы, так и подвижные (блуждающие или эрратические). В настоящее время в этом биоценозе различают донное население—организмы живущие как в самом грунте дна, так и на его поверхности и обрастания различных организмов на поверхности всевозможных подводных предметов.

Для оценки степени загрязнения водоемов, изучение бентоса, главным образом обрастаний, (благодаря их прикрепленности к опре-

деленному месту) имеет первостепенное значение. Нередко, в особенно экзотических случаях одного ознакомления с их характером и иногда даже в самых общих чертах, бывает достаточно для первоначальной ориентировки в степени загрязнения и в характере его распространения.

Поэтому, с практической точки зрения, на них должно быть обращено особенное внимание.

Формы развития бентоса. Организмы бентоса могут быть прикреплены прочно к поверхности, на которой они развиваются (Sphaerotilus, Thiothrix, гифомицеты, сидячие зеленые водоросли, сидячие инфузории и др.) или же могут, не будучи прямым образом

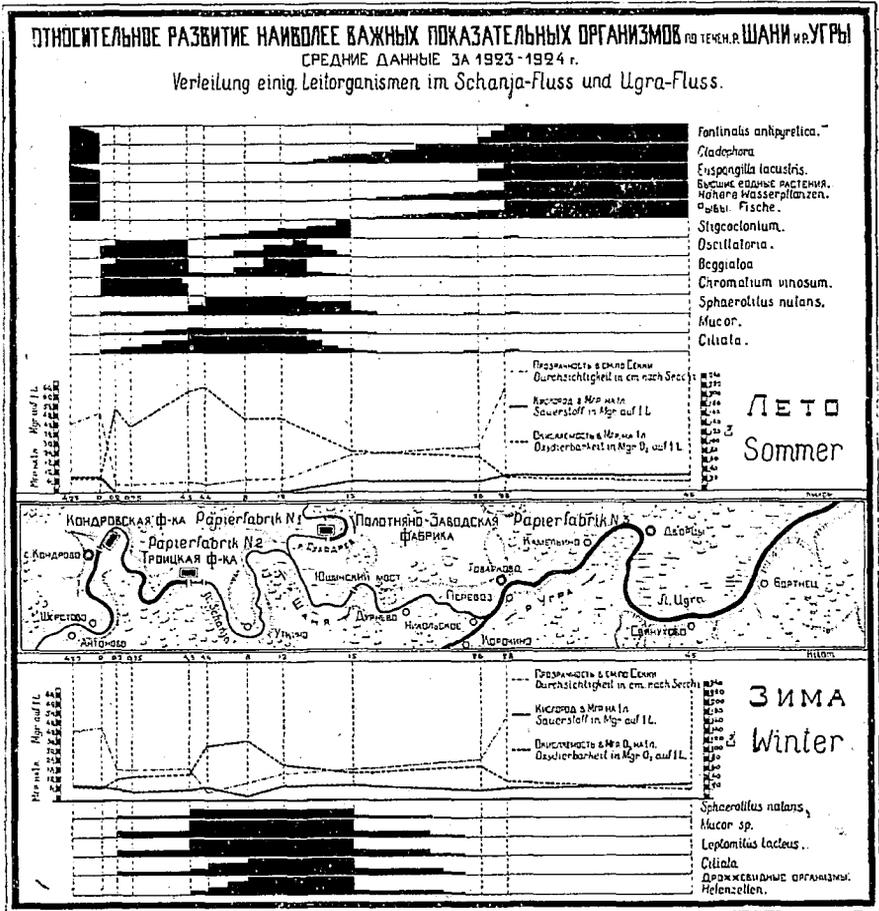


Рис. 1. Диаграмма относительного развития сапробных форм бентоса в р.р. Шанья и Угре под влиянием загрязнения сточными водами бумажных фабрик.

связаны с этой поверхностью, образовать на ней постоянные или временные скопления, избирая ее местом своего жительства (Beggiatoa, осциллярии, одноклеточные зеленые водоросли, диатомовые водоросли, некоторые свободно живущие инфузории, многие колобратки, черви и т. п.).

Организмы бентоса, развиваясь на поверхности подводных предметов, образуют обычно скопления, характеризуемые термином „обрастания“ (пленки, налеты, хлопья, пряди, наросты и т. п.).

Чаще всего эти скопления бывают образованы одной или немногими формами организмов, к которым другие организмы примешаны в небольшом количестве, т.е. в каждом скоплении мы отмечаем основную (—основные) форму и формы к ним примешанные.

Очень часто отдельные организмы, образующие скопление так малы, что не видны невооруженному глазу, скопления же их не только видимы, но нередко и настолько характерны, что даже позволяют без помощи микроскопа распознавать из каких именно организмов они образованы.

Рис. 1 показывает, какие результаты дает изучение бентосных форм.

На что указывает развитие бентосных форм. Скопления, налеты и обрастания бентосных организмов, развивающихся на поверхности подводных предметов по своему составу и развитию отвечают средним условиям питания, которые они находили в омывающей их воде за все время своего развития, предшествующего моменту исследования. Другими словами, характер организмов бентоса в известном пункте водоема не позволяет сделать заключения о степени загрязнения воды, омывающей их в момент исследования, но зато позволяет судить о среднем загрязнении воды, пронесившейся мимо него за известный, довольно значительный промежуток времени, предшествующий исследованию.

И если даже в момент исследования в данном месте будет находиться совершенно чистая вода, то это несколько не мешает по характеру бентоса открыть загрязнение водоема, если таковое имело место несколько раньше.

В этом заключается, как указывалось уже, принципиальное и наиболее существенное отличие, между биологическим исследованием бентоса с одной стороны и химическим, бактериологическим и планктоническим исследованием—с другой.

Эти последние, дают понятие только лишь о воде, находящейся в пункте исследования в момент взятия пробы.

Это основное различие делает исследование бентоса особенно применимым для изучения общей картины загрязнения водоема, но в то же время исключает возможность его применения при решении всех вопросов, касающихся быстрых колебаний степени загрязнения воды.

Какие пункты исследования рек более пригодны для изучения бентоса. Случайные загрязнения местного характера всего легче могут повлиять на характер населения дна в тихих местах водоема. В гораздо меньшей степени могут они влиять на население таких подводных предметов, как сваи и листья водных растений, различные подводные сооружения и т. п.

И, наконец, их влияние почти совершенно исключается при изучении обрастаний, располагающихся на различных подводных предметах в местах водоема, обладающих быстрым течением. Здесь невозможны какие бы то ни было случайные застои грязной или чистой воды, и развивающиеся индикаторные сидячие организмы вполне отвечают действительному среднему составу воды, пронесимой водоемом и омывающей их.

Это обстоятельство заставляет при исследовании рек обращать особенное внимание на быстрые места их течения,—перекаты, плотины, шлюзы и т. п.

Бентосное население собственно дна водоема, как живущее в грунте его так и приуроченное к его поверхности, может сравниться по своему значению для оценки загрязнения воды с обрастаниями только лишь на быстром течении, т.е. при наличии перекатов с твер-

дым грунтом (камень, глина, торф). В остальных же случаях оно не позволяет сделать правильного заключения о свойствах воды, потому что близ поверхности дна, вследствие диффузии из грунта различных веществ создается придонная зона воды, отличающаяся по своим свойствам от остальной массы воды в водоеме.

Это обогащение придонных слоев воды продуктами распада протекающего в грунте, вызывает обычно развитие здесь более сапробных форм, чем в других местах водоема. Поэтому исследование населения дна нередко дает картину несколько большего загрязнения

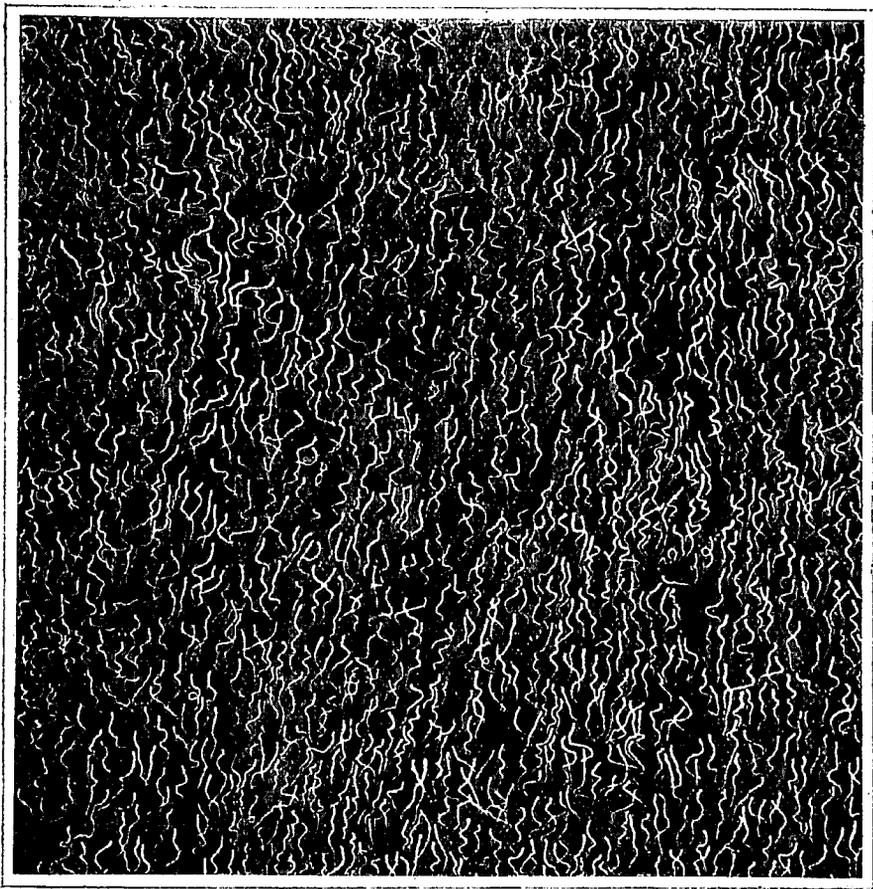


Рис. 2. Продукция дна р. Москвы в загрязненном районе. На рисунок нанесены организмы развивающиеся на $\frac{1}{10}$ кв. метр. поверхности дна. Фон соответствует оттенку грунта (пл).

чем то, которое действительно свойственно воде водоема. Но зато картина донного населения прекрасно характеризует степень загрязнения органическими веществами самих донных отложений, что конечно также крайне важно для точного установления общей картины загрязнения водоема.

Загрязненность донных отложений резко отзывается, как на качественном составе их населения, так и на количественных отношениях отдельных представителей его (см. рис. 2, 3 и 4) Поэтому при оценке загрязнения донных отложений очень желательно иметь дан-

ные, как качественного характера, так и количественного; последние, только в отношении макро-форм: моллюсков, червей, личинок насекомых—для которых только и разработаны количественные методы.

Местные случайные загрязнения. При изучении бентоса необходимо всегда иметь в виду возможность различных случайных, иногда ничтожных и не имеющих никакого значения местных загрязнений (гниющая лягушка, рыба) в пункте взятия данной пробы, которые могут вызвать соответствующие местные изменения в характере населения воды. Поэтому надо всегда быть очень осторожным в

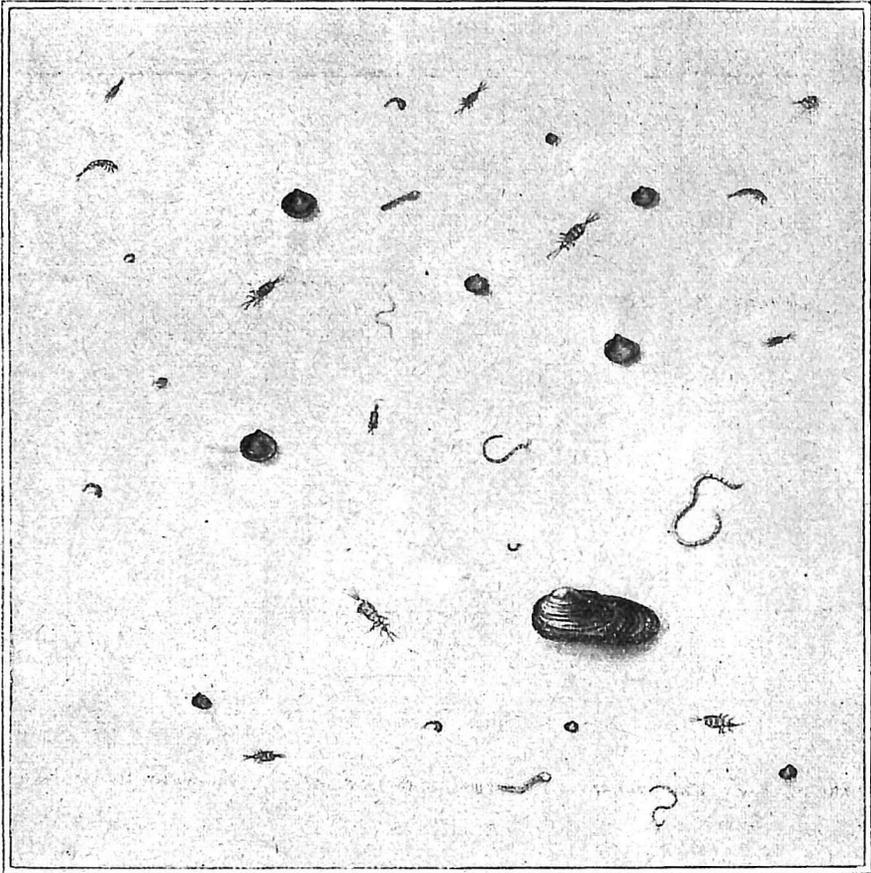


Рис. 3. Продукция дна р. Москвы в незагрязненном районе. На рисунок нанесены организмы развивающиеся на $\frac{1}{10}$ кв. метр. поверхности дна. Фон соответствует оттенку грунта (песок).

оценке результатов исследования и никогда не делать выводов на основании единичных находок того или другого организма, а лишь на основании общего характера биологической картины водоема в данном пункте, полученной в результате исследования многих проб.

Высшие цветковые растения. Как частный случай изучения бентоса следует отметить изучение флоры высших цветковых растений (водных). Изучение их часто даст весьма ценные указания на распределение загрязнения.

Рыбы также часто дают очень ценные указания о загрязнении воды, иногда очень отчетливо характеризую кислородный режим

Сестон. { Биосстон. { Планктон.
 { Абиосстон. { Нейстон.
 { Планктотриптон или планктонический детрит.
 { Нейстотриптон или нейотический детрит.

Различаются следующие типы планктона по его местообитанию:

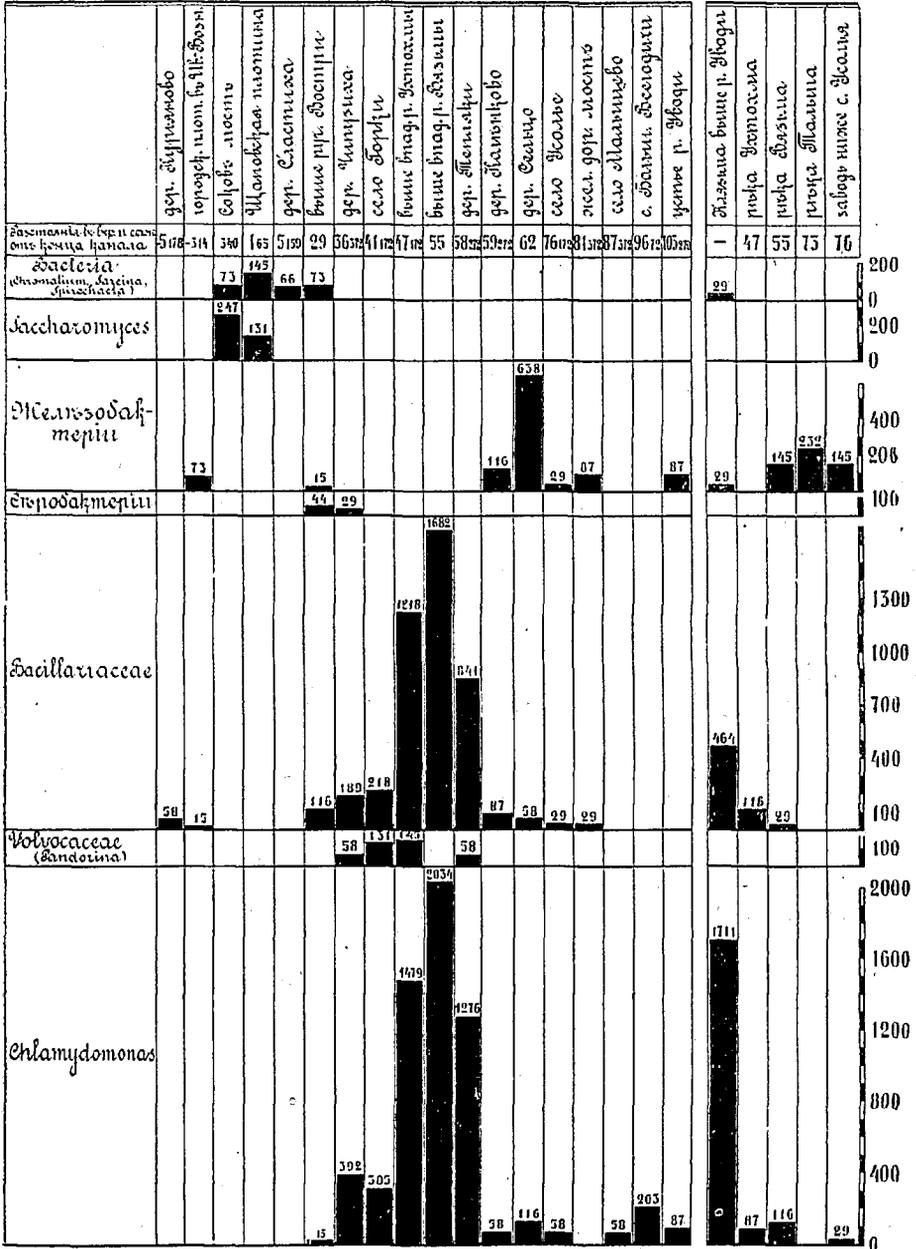


Рис. 5. График распределения камерного планктона по течению р. Уводи.—В пункте «Соков хост» река принимает в сутки около 100 тысяч куб. метр. красильных сточных вод фабрик г. Иваново-Вознесенска.

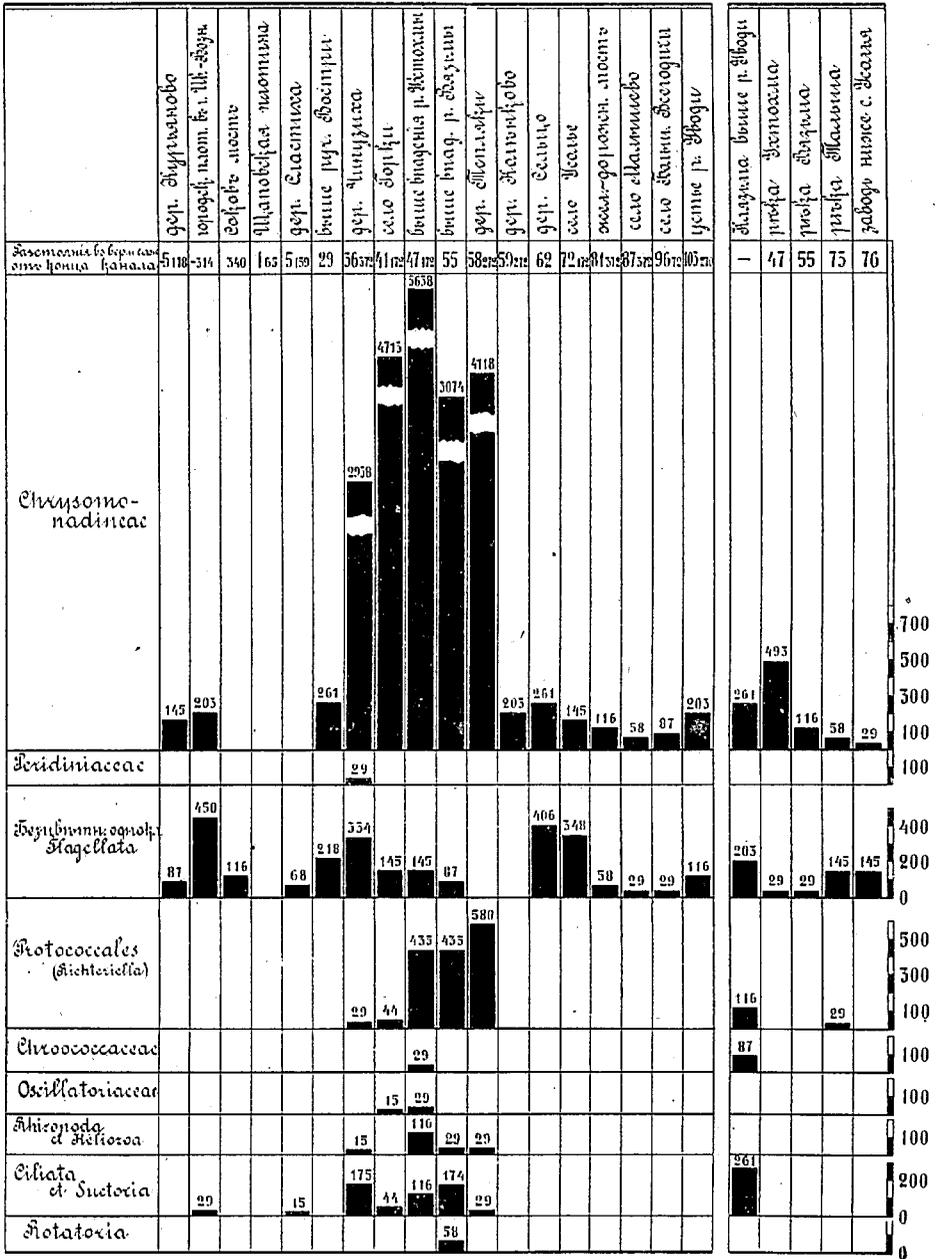


Рис. 6. Продолжение диаграммы 5.

Галипланктон или морской планктон.

Лимнопланктон или пресноводный планктон.

- Эулимнопланктон — озерный планктон.
- Гелеопланктон — прудовой планктон.
- Тельматопланктон — планктон лужа.
- Кренопланктон — родниковой планктон.
- Потамопланктон — речной планктон.

По своему биологическому составу планктон разделяется на „фитопланктон“ и „зоопланктон“.

По размерам организмов входящих в его состав мы различаем:
 1. Мезопланктон—крупные организмы (медузы).
 2. Микропланктон—мелкие формы (сетной планктон).
 3. Наннопланктон—очень мелкие формы (он же „центрифужный планктон“).

В sestone, особенно в текучих водоемах, необходимо отличать кроме настоящих планктических организмов, присутствие случайных

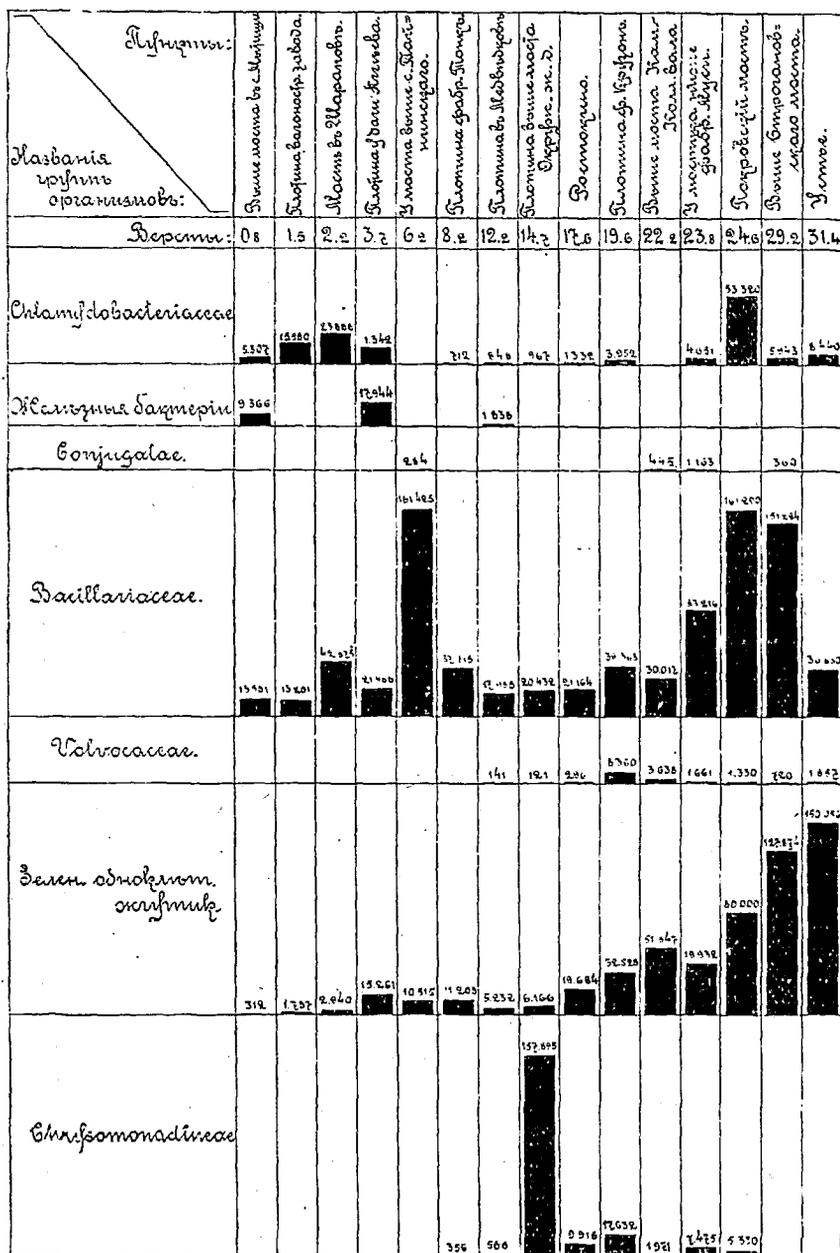


Рис. 7. График распределения осадочного планктона по течению р. Яузы. Река Яуза, проходя через г. Москву, получает постепенно все большее и большее загрязнение.

форм, попавших в него из бентоса, благодаря течению. В отдельных случаях, особенно в загрязненных водоемах, сестон нередко почти нацело состоит из таких бентосных организмов (грибы, инфузории, осциллярии).

Необходимо также отличать в сестоне различные совершенно посторонние водоему тела попадающие в него извне, чаще всего

Названия групп организмов:	Группы:														
	Воды водоема. Мелководья	Воды водоема. Сред. глуб.	Мелководья. Шароватки	Воды водоема. Шароватки	Устья водоема. Шароватки										
Верхняя:	0.6	1.5	2.9	3.7	6.7	8.2	12.2	14.7	17.6	19.6	22.2	25.8	24.6	29.2	31.4
Беззвуч. многок. инфузии									2.96	2.72	4.02				
<i>Anthophysa</i> (стелл.)						1.25	1.41		4.4	7.12	14.57		14.380		
<i>Protococcales</i>													20.600	29.55	54.016
<i>Oscillatoriaceae</i>	2.966		1.715	2.528	21.567	21.704	4.808	7.133	21.016		40.905	136.002	20.350	220.600	29.55
<i>Chloropoda</i>		1.74	3.68	2.84	2.56	1.41	1.21	2.56		3.032	1.993	2.020	5.40	6.25	
<i>Ciliata</i>													50.344	32.310	
<i>Rotatoria</i>	1.56		4.90				1.41	2.62	1.036	1.368	6.084	1.093	1.330	3.60	
<i>Nauplii</i>								1.21							
<i>Verms</i>		1.74	3.68	1.66								3.32		3.32	

Рис. 8. Продолжение диаграммы 7.

с вносимыми загрязнениями разного рода: волокна шерсти, хлопка льна, древесные волокна бумажной промышленности, зерна крахмала, зернышки сныки, полупереваренные поперечнополосатые мускульные волокна и т. п. Все эти примеси объединяются под названием „псев-

„Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод“.

допланктона“ и их изучение нередко дает важные указания о характере загрязнения.

Значение изучения планктона. Так как планктеры пассивно плавают в воде, то изучение их будет аналогично химическому и бактериальному исследованию воды в том отношении, что оно дает указание лишь о том объеме воды, который взят для исследования. В текучем водоеме, проносясь вместе с водой, они очевидно могут дать известные указания лишь по оценке загрязнения воды в районе лежащем по течению выше пункта наблюдения.

Все это заставляет признать за исследованием планктона, в деле оценки загрязнения водоема меньшее значение, чем за исследованием бентоса, индикаторы которого регистрируют среднее загрязнение воды водоема. Приближающееся к этому значению планктнические индикаторы получают только в случае стоячих водоемов.

Но все же изучение планктона и сестона, само по себе и при сопоставлении с результатами исследования бентоса нередко дает весьма ценные указания о загрязнении водоема. При этом показательным является, как весь состав фито-и зоопланктона, так и изменения появившиеся в нем после внесения загрязнений, приводящие, как к появлению в нем новых форм, так и к исчезновению организмов развитых в водоеме до загрязнения. (Рис. 5, 6, 7, 8 и 9).

Очень ценные указания дает также иногда изучение планктона в смысле оценки способности водоема к самоочищению. В водоемах малого размера, вследствие очень выгодного отношения площади дна к объему воды, в процессах минерализации на первый план выступает конечно бентос. Наоборот в более крупных водоемах, превалирующее значение в процессе самоочищения несомненно принадлежит планктону. Соответственно тому, в более крупных водоемах, изучение планктона приобретает большее практическое значение. Очень ценные результаты, в смысле понимания жизни водоема дают не только качественные исследования планктона, но также и изучение его количественного распределения в разных частях водоема.

5. Естественное загрязнение водоема.

При проведении всякого биологического исследования необходимо иметь в виду возможность естественного загрязнения водоема. Чаще всего такое загрязнение наблюдается в осенние месяцы, когда начинает отмирать водная растительность, обильно развившаяся за лето и продуцировавшая значительные массы органического вещества, которое подвергаясь распаду и вызывает загрязнение воды. Сходные явления наблюдаются осенью во время листопада в лесных водоемах малого размера.

6. Вторичное загрязнение.

Пышное развитие в водоеме сапробных форм (главным образом сапрофитов) после впадения в него тех или иных загрязненных стоков, продвижение этих организмов оторванных течением вниз по реке и обильные отложения их в более глубоких местах реки с замедленным течением может вызвать, благодаря разложению этих скоплений, явление вторичного загрязнения в районе реки, где самоочищение уже значительно продвинулось вперед.

Подобного рода явления, особенно часто происходят в загрязненных реках под влиянием мельничных запруд и должны быть учтены при всяком биологическом обследовании.

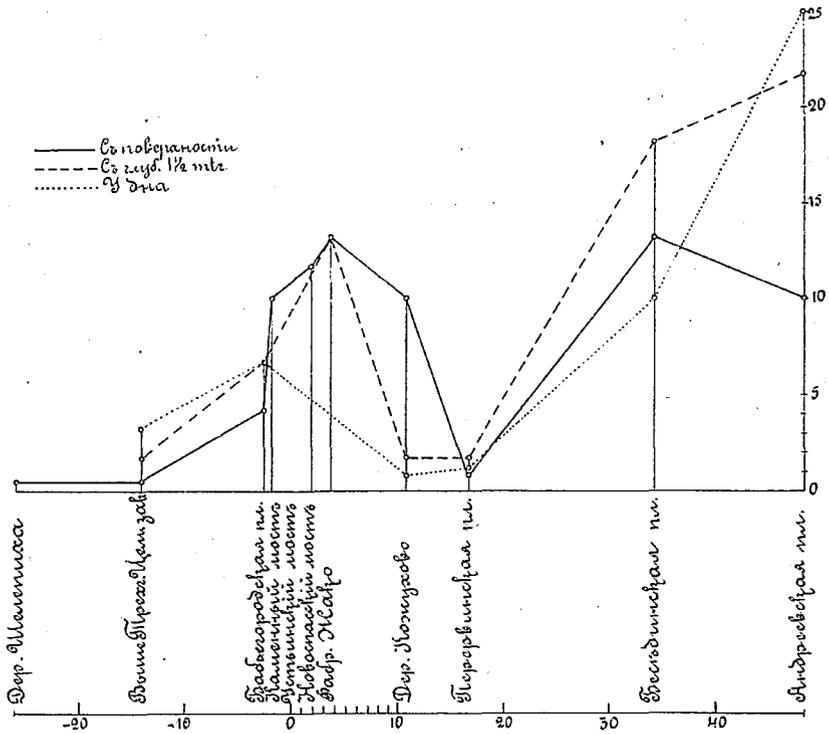


Рис. 9. Объем сестопа в куб. см. на 1 куб. метр воды по течению р. Москвы от д. Шелехини до Андреевской плотины (75 км.). Река Москва шлюзована в пунктах— „Баб'егородская плотина“, „Перервинская плотина“, „Бессединская плотина“ и „Андреевская плотина“. Между пунктами „Выше Трехг. цем. зав.“ и „дер. Кожухово“ река проходит городом Москвой и получает обильные загрязнения.

7. Какое время года благоприятно для биологических исследований.

В разные времена года, в связи с изменением физико-химических условий в нем господствующих, водоем показывает совершенно различную биологическую картину.

В текущем водоеме весенний паводок обычно смывает все население, которое в нем было к концу зимы и потому весь весенний период для практических исследований совершенно не пригоден. Летний и осенний периоды дают картину максимального развития гидрофауны и гидрофлоры и потому дают наиболее ценные результаты. Зимний период важен в трех отношениях: во первых, он отличается обычно наибольшей устойчивостью водного режима водоема; во вторых, низкие температуры воды, замедляя процессы минерализации, позволяют выяснить очень важный для санитарной оценки момент — картину водоема при минимальной скорости течения процесса самоочищения и в третьих в зимние месяцы особенно пышно развиваются многие очень важные показательные формы (грибная флора и некоторые инфузории).

Поэтому всего лучше располагать исследования между второй половиной лета (избегая однако паводков) или зимой, однако при этом необходимо учитывать и техническую трудность выполнения зимних исследований. Наиболее полную оценку водосма можно получить имея материал по летнему и по зимнему исследованию, а в особенно ответственных случаях желательно циклогодичное ежемесячное обследование водоема.

8. Нормальная биологическая картина чистого водоема.

Имея в виду, что в различных водоемах биологическая картина может нередко довольно сильно варьировать, необходимо для каждого исследуемого водоема выяснить нормальную биологическую картину чистого водоема выше места загрязнения или соответствующую картину другого близлежащего и сходного по гидрографическим условиям водоема, чтобы затем можно было установить путем прямого сравнения те отклонения, которые вызывают в водоеме вносимые в него загрязнения.

Без такого сравнительного масштаба биологические исследования теряют значительную часть своего значения.

9. Водный режим водоема.

Совершенно ясно, что физико-химический и биологический (в частности и бактериологический) режим водоема стоит в самой тесной связи с его водным режимом.

Состав воды, скорость течения, прозрачность воды и другие ее свойства в межень будут совершенно иные чем в паводок и всецело зависят от уровня воды в водоеме. Все эти свойства воды непосредственно отражаются на развитии водных организмов.

Поэтому знание водного режима в момент исследования является совершенно необходимым условием для правильной оценки полученных результатов исследования.

III. Методы биологического исследования водоемов.

Жизнь в водоеме складывается из большого числа разнообразных частей, в той или другой степени тесно связанных друг с другом. Поэтому для полного и всестороннего изучения биологической картины необходимо исследование всех этих составных частей. Последние в водоемах различного характера не равноценны. Так, в мелких водоемах преобладающее значение может иметь бентос, в больших и глубоких, наоборот, большую роль может играть планктон. Такие же различия вносит и движение воды в водоеме.

Таким образом исследование каждого отдельного водоема неизбежно должно иметь свои методологические особенности, целью которых является осветить наиболее полно его характерные черты.

В виду этого при выборе тех или иных методов биологического исследования, в каждом отдельном случае, должны учитываться местные условия, характер и особенности водоема. И применение этих методов возможно в зависимости от задач самого исследования в более сложных или более упрощенных комбинациях друг с другом.

Все сказанное требует от лица, проводящего исследование, большой компетентности в деле биологического изучения водоемов.

1. Исследование бентоса.

а) Качественное исследование бентоса.

Обрастания.

Сбор образцов растительных и животных организмов, развивающихся на поверхности всевозможных предметов, погруженных в воду, на сваях, камнях, плотках, наплавных мостах, паромах и так далее, а также на дне у берегов и вообще в мелких местах, производится весьма просто. Очень многое может быть собрано непосредственно руками или пользуясь очень простыми инструментами, как-то: скребком, сачком или черпаком (рис. 22). На глубоких местах применяется драга (см. ниже) с тяжелой рамой и заостренными краями. Опустив в воду, ее тянут на веревке по дну, при чем она соскребает развивающиеся на нем организмы.

Массовое развитие организмов в форме, так называемых, обрастаний обычно легко обнаруживается простым осмотром предметов, погруженных в воду. Для обнаружения обрастаний, невидимых невооруженным глазом полезно соскребать их в пробирку ножом, а когда имеют дело с водными растениями, делают, так называемую, „выжимку“, которая состоит в том, что, вынув из воды несколько растений, выжимают руками ту воду, которая осталась на них, в банку или пробирку. Нередко собранный таким образом материал бывает очень богат.

Донная жизнь.

Для собирания образцов грунта, вместе с организмами развивающимися, как на поверхности его, так и внутри, применяются в зависимости от разных условий различные приборы. Так на мелких местах пользуются скребками, черпаками на длинной ручке, которыми и зачерпывается проба грунта. На глубоких местах применяют илосос, лот, драгу и пр.

Лоты существуют разнообразных систем (рис. 10). Обычный тип представляет из себя конический латунный сосуд, укрепленный внутри на железном стержне с ушком для веревки; над конусом укрепляется крышка и свинцовый шар—груз. Этот прибор хорошо работает на мягких грунтах и пригоден для ориентировочных исследований дна.

Очень ценным прибором для выемки проб грунта, предназначенных для микроскопического анализа, служит илосос Перфильева (рис. 11). Преимуществом илососа является то, что им забираются самые поверхностные слои грунта, наиболее богатые жизнью. Основной частью этого прибора является U-образно изогнутая трубка с концами неравной длины. К длинному концу прикреплен груз, на короткий, при помощи просверленной резиновой пробки, надета стеклянная банка. Внутри короткого колена проходит тонкая металлическая трубка, выходящая наружу на изгибе U-образной трубки; здесь тонкая трубка соединяется с каучуковой трубкой длиной 5—6 метров с зажимом на свободном конце. Закрыв зажимом отверстие каучуковой трубки и держа конец ее в руках, прибор опускается на дно. По достижении его длинный конец U-образной трубки погружается в грунт и тогда открывают зажим на конце каучуковой трубки. Воздух, находящийся в приборе, быстро выходит наружу, а его место через

длинный конец U-образной трубки занимает грунт. Для одновременного с выемкой пробы определения глубины, на каучуковую трубку насаживают ряд пробок, связанных между собою, через определенные промежутки, веревкой, один конец которой прикреплен к илососу. Недостатком этого, в общем прекрасного прибора, является то обстоятельство, что применение его ограничено глубиной, не превышающей 6—7 метров. При больших глубинах прибор наполняется водою, не достигнув дна, благодаря давлению водяного столба на воздух в приборе.

На больших глубинах приходится работать с драгами. В простейшем типе этот инструмент представляет из себя железную раму, к которой с одной стороны пришит более или менее длинный мешок из редкой ткани, а с другой—отходят цепочки соединяющиеся в кольцо.

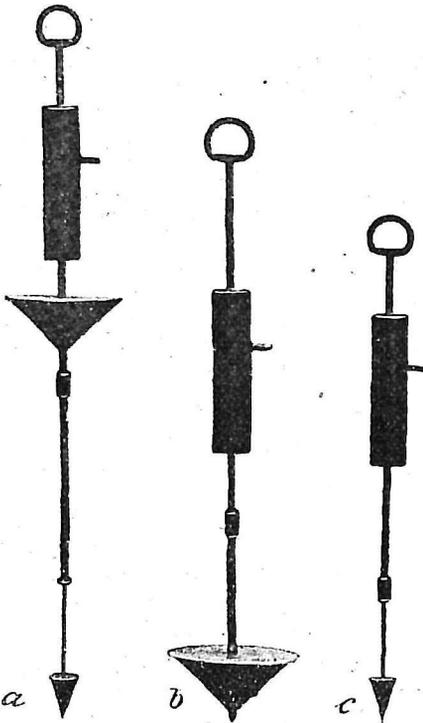


Рис. 10. Разборный лот Наумана—*a*, для мягких грунтов—*b*, и для твердых грунтов—*c*. $\frac{1}{8}$ натур. величины. (По Науману).

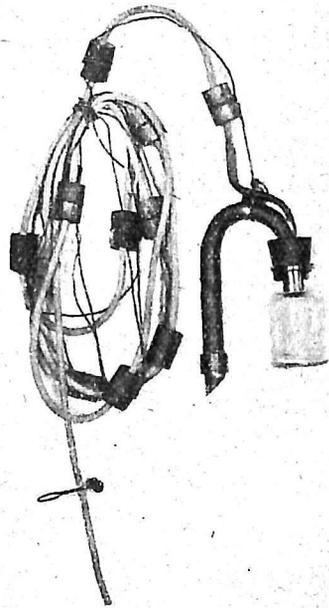


Рис. 11. Илосос Перфильева. $\frac{1}{8}$ натур. величины.

К этому последнему привязывается длинная и прочная веревка, за которую и тянут драгу по дну водоема. Благодаря возможности при помощи драг производить обловы дна на больших протяжениях, они дают нередко богатый материал по организмам, количественно слабо развитым.

В зависимости от характера грунта и организмов, которые желательно собрать, применяются драги различных систем.

Для работ на твердых грунтах, а также в целях сбора организмов, развивающихся внутри мягкого грунта, применяются тяжелые четырех или трехугольные драги (рис. 22) с заостренными краями рамы. Такие драги соскабливают с поверхности твердого грунта развивающиеся на ней организмы и, в случае мелкого грунта, глубоко внедряются в него и дают пробу грунта со всем его населением.

Из драг легкого типа большим распространением пользуются, в настоящее время, драги Экмана (рис. 12), каркас которой состоит из двух рам, соединенных между собою железными прутьями. Эти драги хорошо работают на мягких грунтах. В случае нужды, во избежание закапывания драги глубоко в мягкий грунт, следует вести ее на укороченной веревке, так чтобы она образовала не слишком острый угол с дном.

Для улавливания организмов, живущих в придонном слое воды, пользуются салазочным тралом. Рама этого тралла укрепляется на

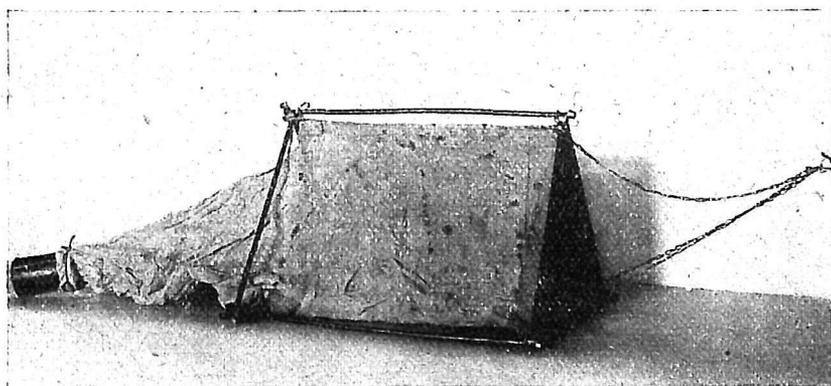


Рис. 12. Треугольная драга Экмана. $\frac{1}{10}$ натур. величины.

цинковом (или железным оцинкованном) листе, изогнутом на подобие передка саней (рис. 13). Будучи спущен на дно, он легко скользит по нему, не забирая грунта.

После того, как та или иная драга вынута из воды, отмечается характер грунта, цвет, запах, различные примеси в нем и берется проба для микроскопического анализа.



Рис. 13. Салазочный трал. $\frac{1}{10}$ натур. величины.

Затем улов вываливается в систему сит, вставленных друг в друга так, что сито, имеющее наиболее мелкую ячею, находится внизу, и промывается, погрузив сита наполовину в воду.

Сита применяются следующих размеров ячей:

Нижнее	0,5 мм.
Среднее	1,0 "
Верхнее	2,0—3,0 "

После того как проба будет промыта пинцетом выбирают из сит в банку выловленные с грунтом организмы.

б) Количественное исследование бентоса.

Обрастания.

Количественное изучение обрастаний, налетов, наростов и тому подобных образований представляет большие трудности, и методика таких исследований до настоящего времени в достаточной степени не разработана¹⁾. Поэтому при работах обычно приходится ограничиваться определениями на глаз интенсивности развития тех или других организмов.

Донная жизнь.

Для изучения донной фауны в количественном отношении пользуются особыми приборами, называемыми дночерпателями. Построены

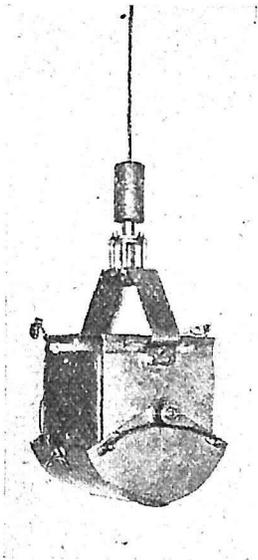


Рис. 14. Дночерпатель Экмана-Бёрджа на площадь захвата $\frac{1}{40}$ кв. метр. поверхности дна, закрыт. $\frac{1}{10}$ натур. вел.

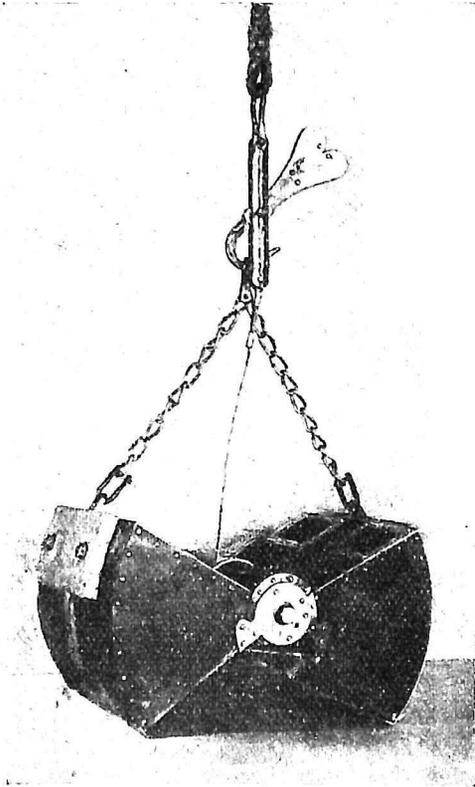


Рис. 15. Дночерпатель Петерсена на площадь захвата $\frac{1}{10}$ кв. метра поверхности дна, в открытом положении. $\frac{1}{12}$ натур. величины.

они на принципе эксгаваторов. Широко применяются в настоящее время дночерпатель Экмана-Бёрджа и дночерпатель Петерсена.

Дночерпатель Экмана-Бёрджа (рис. 14) представляет из себя латунную четырехугольную коробку внизу с двумя ковшами, захлопывающи-

¹⁾ В 1916 году Гейтшель для стационарных работ предложил пользоваться методом „ловчих табличек“, который заключается в том, что в разных местах водоема устанавливаются фарфоровые пластинки, кирпичи, предметные стекла и т. п. предметы; затем через определенные промежутки времени производится качественный и количественный анализ развившихся на них организмов.

мися помощью пружины, приводимой в действие посылаемым по тросу, на котором держится дночерпатель „почталыоном“. Площадь, которую облавливает этот дночерпатель равна $\frac{1}{40}$ кв. метра (весит он 6—7 кг.). Он прекрасно работает на мягких грунтах, но уже не пригоден для песчаного и плотно слежавшегося грунта. В этих случаях употребляется дночерпатель Петерсена (рис. 15). Он состоит из двух утяжеленных сверху свинцом ковшей, укрепленных на железном стержне.

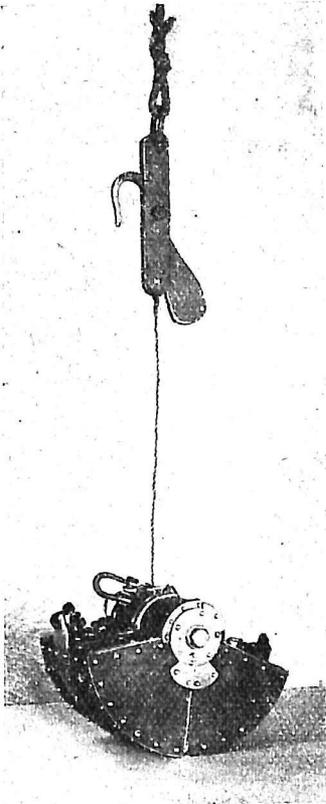


Рис. 16. Уменьшенная модель дночерпателя Петерсена на площадь захвата $\frac{1}{40}$ квадрат. метр. поверхности дна. Дночерпатель в закрытом положении. $\frac{1}{12}$ натур. величины.

Внутри прибора от вогнутой стенки ковша к стенке другого и вверх наружу проходит трос. При медленном и осторожном (чтобы избежать вымывание) поднятии дночерпателя за трос, ковши постепенно смыкаются, чему способствует главным образом, тяжелые свинцовые пластины, прикрепленные в верхней части ковшей. Удерживание прибора в открытом состоянии и закрывание в нужный момент производится при помощи особого спускового крюка (рис. 15). Благодаря своей очень удачной конструкции, дночерпатель Петерсена применим для работ на грунтах самого различного характера.

Дночерпатель Петерсена обычно делают из железа или лучше из листовой стали. Он захватывает площадь дна в $\frac{1}{10}$ кв. метра. Вес его без грунта 16 кг., с пробой грунта до 35 кг., иногда больше.

Работать с этим дночерпателем необходимо вдвоем, в хорошей устойчивой лодки, опуская дночерпатель в воду с кормы. Для опускания и подема дночерпателя удобно пользоваться краном, укрепив его на корме лодки.

В последнее время Биологической Лабораторией Центрального Комитета Водоохранения сконструирована облегченная и уменьшенная в объеме модель дночерпателя Петерсена на площадь захвата в $\frac{1}{40}$ кв. метра, при весе в 10 кг. Его относительно небольшие размеры, (рис. 16) меньший вес по сравнению с типичным дночерпателем Петерсена дает возможность более широкого проведения донных количественных исследований, и, в особенности на неболь-

ших водоемах, где невозможно добыть достаточно устойчивую лодку для работ с тяжелым и большим дночерпателем Петерсена.

После того, как дночерпателем захвачена проба грунта, его вынимают из воды и кладут в таз, достаточный для того, чтобы вместить пробу. Затем его открывают и вываливают грунт в таз, смывая водою приставшие к внутренним стенкам дночерпателя частицы. После этого промывают грунт на ситах точно так же, как при работах с драгой. Промывание нужно вести возможно быстрее, так как в случае наличия в грунте мелких форм червей, они запутываются в сите, и извлечение их оттуда становится затруднительным.

Как общее положение, нужно иметь в виду, что все количествен-

ные работы с дночерпателем необходимо производить очень тщательно, все время следя за тем, чтобы никакая часть грунта, ни во время вываливания в таз, ни в процессе промывания на ситах не была потеряна.

Что касается числа выемок проб дночерпателем, то оно всецело зависит от характера распределения и обилия донной жизни в данном участке водоема. Для выяснения этого последнего обстоятельства необходимо, чтобы количественным дночерпательным работам предшествовала драгировка. При интенсивном развитии жизни в известном пункте достаточно одной выемки, при слабом — необходимо делать несколько, чтобы получить более или менее правильное представление о количественном развитии тех или других организмов.

Само собой разумеется, дночерпатель пригоден также и для качественных работ (т.е. без учета количества выловленных организмов). Это тем более имеет значение, что сравнительные уловы драгой и дночерпателем часто резко отличаются друг от друга, как в качественном, так и в количественном отношении. Дело в том, что драга, облавливая большие пространства, приносит материал по редко встречающимся донным организмам несравненно больший, чем дночерпатель. С другой стороны, дночерпатель, врезываясь в грунт, захватывает вместе с ним развивающуюся в нем фауну в то время, как драга нередко только скользит по поверхности грунта.

2. Исследование планктона.

а) Качественное исследование планктона.

Для улавливания планктона обычно пользуются так называемыми „планктическими сетями“ разных систем, сделанными из мельничного шелкового сита (чаще всего № 20). Ячейки этих сетей настолько малы (70—80 м.), что при прохождении через них воды, задерживают большинство микроорганизмов планктона: однако, они все же настолько велики, что целый ряд более мелких форм организмов легко проходят через них.

Таблица номеров шелкового газа, наиболее часто применяемых в планктологической практике.

№№ шелкового газа	1	10	12	15	17	20	25
Число нитей на 10 мм.	10	43	48,5	57,5	65	68	77
Длина стороны ячеи в мм.	350	150	130	107	90	75	50

Это обстоятельство, приобретающее еще большее значение в виду того, что к этим микроорганизмам нередко относятся формы, развивающиеся весьма обильно и играющие существенную роль в „физиологии“ водоема, в его химизме, заставляет искать иных методов, дающих более полную картину планктона.

Для изучения этого так называемого наннопланктона необходимо прибегать к выемке пробы воды непосредственно, т.-е. без предварительной фильтрации ее через планктическую сеть. (Рис. 17, 18 и 19).

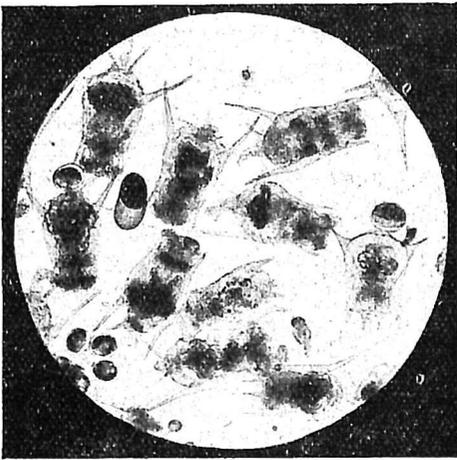


Рис. 17. Микрофотография сетного планктона—*Brachionus pala-amphiceros*. Газ № 20. Увеличение в 42 раза.

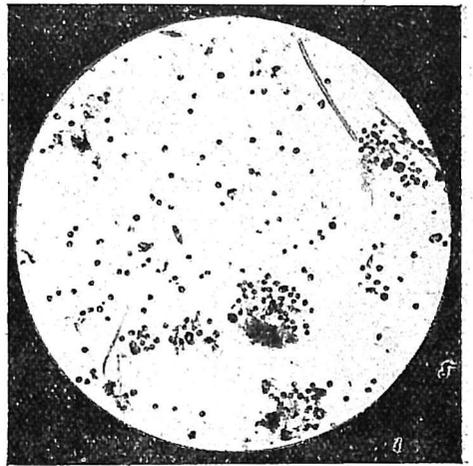


Рис. 18. Микрофотография осадочного планктона—*Euglena*. Увеличение в 42 раза.

Сетной планктон.

Из различных систем планктических сетей применяются главным образом: сеть Кольквитца, сеть Ашштейна, сеть Лянганса и сеть Бёрджа.

Сеть Кольквитца (рис. 22) состоит из латунного кольца и конусовидного мешка из мельничного газа № 20. Кольцо подвешено на трех шнурах, соединяющихся вместе в маленьком кольце, к последнему привязывается веревка для спуска сетки в воду. Конусовидный мешок сетки пришит для прочности к полотняной плотной полоске, которая затем уже прикрепляется к кольцу. Вершина конуса сетки заканчивается латунным стаканчиком, имеющим на дне то или иное приспособление (кран или каучуковая трубка с зажимом) для сливания взятой пробы планктона¹).

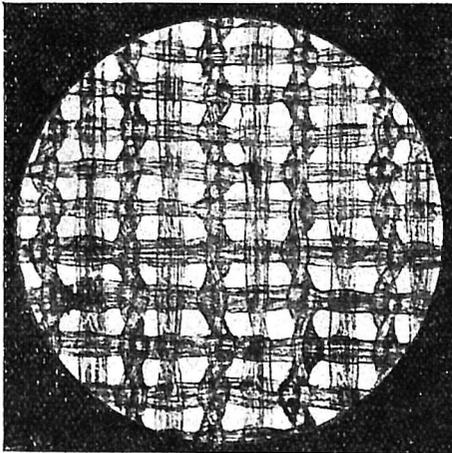


Рис. 19. Микрофотография планктической шелкового газа. № 20 Увелнч. в 42 раза.

Сеть Лянганса (цепелинная) имеет форму длинного цилиндра с конусом на конце (рис. 20). Газовый мешок укреплен на трех кольцах, вшитых в полотняные полоски. Заканчивается она так же, как и сеть Кольквитца латунным стаканчиком со спуском²).

¹) Размеры этой сетки таковы: диаметр кольца (входного отверстия)—13 см., длина конуса—36 см., диаметр стаканчика—3 см., длина стаканчика (без металлического спускового носка)—5 см.

²) Размеры сетки таковы: диаметр входного отверстия—9,5 см., длина цилиндра—97 см., длина конуса—23 см., длина всей сетки—120 см., диаметр стаканчика—4,5 см. и длина его—6 см.

Обе эти сети предназначаются для лова качественного планктона, при чем сеть Лянганса дает обычно значительно более богатый материал благодаря своей большой фильтрующей поверхности. Применение сети Лянганса особенно необходимо в случаях слабого развития планктона.

Для улавливания крупных форм планктона, как-то: рачков и некоторых других крупных организмов, целесообразней всего работать с сетями из редкого газа, напр. № 12. Через стенки этой сетки проходят все мелкие планктеры и остаются в ней только крупные. Такая сетка, не забиваясь, быстро фильтрует воду и таким образом дает возможность облавливать большие объемы воды, что является особенно важным при слабом количественном развитии той или иной формы планктона.

Для лова планктона развивающегося среди зарослей высших растений употребляется сеть Бёрджа (рис. 21). Эта сеть спереди снабжена конусом из редкой металлической сетки, препятствующей попаданию в сеть крупных частиц растений, листьев, отдельных веток и т. п.¹⁾

Стаканчик для этой сетки больше всего пригоден с глухим дном (носок для спуска часто может забиваться крупными организмами). Такой стаканчик состоит из двух частей верхней и нижней, соединенных друг с другом при помощи штыкового затвора или резьбы.

Самое взятие планктической пробы воды производится в зависимости от условий самыми разнообразными способами. Так, на реках с достаточно сильно выраженным течением сеть устанавливается отверстием против течения и держится так некоторое определенное время. На озерах, прудах или же реках при отсутствии заметного течения пользуются движением лодки опуская сеть в воду; движение должно быть не слишком быстрым чтобы не происходило обратного вымывания воды из сетки.

Сборы прибрежного планктона можно производить с берега насадив сетку на палку или закидывая несколько раз на длинной веревке.

При наличии больших глубин, например, в озерах, а также в реках с сильно замедленным течением, исключаяющим возможность перемешивания планктона и равномерного распределения его по всей массе воды, нужно прибегать к так называемым вертикальным ловам, при которых профильтровывается через сеть столб воды от дна до поверхности. В этих случаях сеть опускается на дно (избегать взмучивания ила) и затем плавно поднимается на поверхность не слишком быстро, чтобы в сетке не образовались обратные токи.



Рис. 20.
Цепелин-
ная планк-
тическая
сеть
Лянганса.
1/12 натур. вел.



Рис. 21. План-
ктическая сеть
Бёрджа. 1/7 на-
тур. велич.

¹⁾ Размеры этой сетки следующие: диаметр входного отверстия сетки—8 см., длина проволочного конуса—9 см., длина шелкового конуса—21 см.

Наннопланктон.

Для улавливания наннопланктона никакие планктические сети даже самые мелкоячейные (№ 25 шелкового газа) непригодны, так как они пропускают сквозь себя представителей этой группы.

Проба воды для изучения наннопланктона, не подвергается фильтрации через планктическую сеть, она берется непосредственно каким либо сосудом с поверхности или же батометром (см. ниже), бутылкой Мейера, насосом—с глубин. Далее, через возможно более короткий промежуток времени проба подвергается центрифугированию. Полученный осадок из центрифужной пробирки переносится пипеткой на предметное стекло и анализируется под микроскопом. Этот способ применяется для изучения наннопланктонов, разрушающихся от обычной фиксации (глав. образом *Flagellata*¹⁾.

Для форм не деформирующихся от фиксации применяют метод осаждения (см. ниже).

В этом случае проба анализируется по окончании работ на месте.

б) Количественное исследование планктона.

При выемке проб количественного планктона в общем пользуются тем же инструментарием, который употребляется при качественных исследованиях.

Основным его условием является более или менее точный учет объема воды, которая профильтровывается через планктическую сеть—при исследовании сестона или берется непосредственно без фильтрации каким либо сосудом—при осадочном планктоне и т. д.

Количественное исследование сетного планктона.

Количественные планктические исследования производятся путем применения особых количественных сетей, которые при движении с известной скоростью в воде пропускают через себя определенный объем воды.

Наиболее распространенной сеткой для этих целей является количественная сеть Апштейна. К сожалению, применение этой сети, как и вообще количественных сетей, ограничено стоячими водоемами (озера, пруды), в реках же с сильно выраженным течением дело осложняется тем обстоятельством, что приходится учитывать при обловах скорость течения реки.

Обычно количественной сетью Апштейна производятся вертикальные ловы. Если необходимо учесть количество планктона, развивающегося во всей толще воды от дна до поверхности, сеть опускают на дно (избегать взмучивания дна), затем плавно поднимают со скоростью 0,25—0,50 метра в секунду. Эта скорость дает возможность наиболее полно задержать планктон фильтруемой воды.

Количественная сеть Апштейна (рис. 22) устроена следующим образом: остовом сетки являются два кольца и фильтрующий стаканчик. Кольца соединены друг с другом плотной фланелевой надставкой в форме усеченного конуса, служащего для предохранения от вымывания воды из сетки во время тяги ее. Фильтрующей материей

¹⁾ В самое последнее время Кольквитцем предложен новый метод изучения наннопланктона. Он состоит в том, что наннопланктическая проба профильтровывается через особой мембранный фильтр с порами в 2 μ и осадок на фильтре затем подвергается изучению.

сетки является, как обычно шелковый газ № 20, который пришит к большому кольцу в виде конуса. Этот конус заканчивается тяжелым

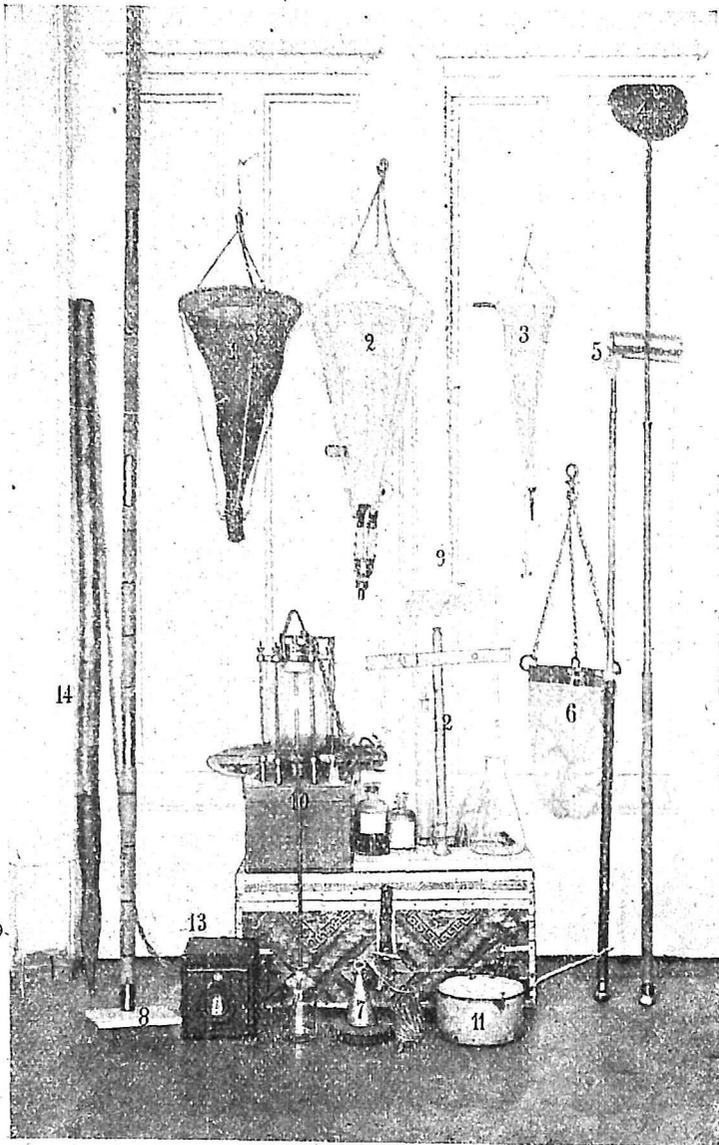


Рис. 22. Инструментарий. 1. Плактическая качественная сеть Апштейна. 2. Количественная сеть Апштейна. 3. Плактическая сеть Кольквитца. 4. Скребок на раздвижной палке. 5. Черпак для грунта на раздвижной палке. 6. Драга. 7. Лот с линем. 8. Пластика Секки для определения прозрачности воды при быетром течении (на палке). 9. Пластика Секки для определения прозрачности на мелких местах (с пелочкой). 10. Батометр Лебединцева. 11. Тарированный сосуд (кастрюля) для выемки поверхностных проб планктона. 12. Походный деревянный штатив для бюреток с посудой для определения кислорода на местах. 13. Экскурсионная фотографическая камера (зеркальная, „Ика“). 14. Пешня для пробивания зимой прорубей.

фильтрующим стаканчиком, в котором и собирается планктон. Для того, чтобы этот тяжелый металлический стаканчик не оттягивал

сетку его подвешивают на трех бичевах, прикрепляющихся к верхним кольцам¹⁾

Очень простым и всюду применимым по своей простоте методом взятия количественной планктической пробы является простое зачерпывание воды каким-либо точно измеренным сосудом (например, литровой кружкой) с последующим пропусканием воды через планктическую сетку (рис. 23). В зависимости от богатства планктона через сеть фильтруется 20—50 литров воды. Пользование этим методом ограничено лишь поверхностью воды. Но при исследовании рек взятие пробы планктона на плотинах, шлюзах, перекатах, где вся масса протекающей воды подвергается до известной степени перемешиванию, он дает картину развития планктона во всей толще ее.

Камерный планктон.

Как уже указывалось выше, планктические сети даже самого частого шелкового газа (№ 25) не улавливают более мелких организмов, которые благодаря своей незначительной величине проходят через ячеи сетки. Количественное развитие этих форм часто достигает больших размеров и поэтому они играют огромную роль в физиологии водоема. Изучение этой группы организмов ведется различными способами.

Метод камерного планктона, предложенный Кольквитцем, состоит в том, что проба воды, взятая прямо из водоема, без какой бы то ни



Рис. 23. Выемка количественной пробы планктона зачерпыванием воды мерным сосудом.

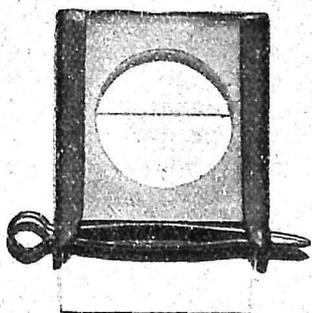


Рис. 24. Камера Кольквитца. Несколько уменьшена.

было предварительной фильтрации, подвергается непосредственному анализу и подсчету в сконструированных автором счетных камерах, заключающих в себе ровно 1 куб. см. воды²⁾ (рис. 24).

Для взятия пробы планктона в камеру наливают с верхом подлежащую исследованию воду и закрывают покрывной пластинкой (нужно следить за тем, чтобы в камере не оставалось пузырьков воздуха) или же сама камера погружается в воду и по наполнении под водой же закрывается покрывной пластинкой и затем переносится под микроскоп для подсчета уловленных организмов. Счет ведется на живом материале тотчас же по взятии пробы или через небольшой

¹⁾ Размеры сетки таковы: диаметр верхнего кольца (входное отверстие сетки) 10,8 см., нижнего (большого) 25 см. Длина бока фильтрующего конуса 40 см.

²⁾ Существует также большая модель камеры на 20 куб. см. воды для крупных организмов.

промежуток времени. Проба не фиксируется так как многие формы, *Flagellata*, *Chryomonadineae* и некоторые другие от обычной фиксации лопаются, исчезают.

Сама техника счета производится следующим образом. Устанавливают на фокус поверхность воды в камере (нижняя сторона покровной пластинки) и делают подсчет имеющихся организмов. Затем, медленно опуская объектив, считают организмы, находящиеся в толще воды, и наконец достигают поверхности дна камеры, где подсчитываются организмы, успевшие осесть. Затем переходят ко второму полю и т. д. ¹⁾.

Просчет ведется или всей камеры или с таким расчетом, чтобы захватить не менее $\frac{1}{10}$ части ее, что достигается при максимальном увеличении микроскопа в 100—120 раз, которое можно применять при пользовании камерой, просчетом 10—15 полей. Пересчет числа организмов на 1 куб. см. делают по формуле

$$\frac{R^2}{r^2 \cdot n}$$

представляющей из себя соотношение площадей кругов: поля зрения микроскопа и поля камеры, умноженное на число просчитанных полей (R —радиус камеры, r —радиус поля зрения и n —число просчитанных полей).

Необходимо до просчета произвести качественный анализ организмов, входящих в состав планктона, что и производится, пользуясь той же камерой. Так как при работах с ней приходится применять сравнительно небольшие увеличения, в виду значительной высоты камеры, то точное определение (до рода и вида) представляется очень затруднительным и поэтому при камерном методе ограничиваются обычно просчетом систематических групп, отмечая там, где это оказалось возможным, родовой и видовой состав.

Метод камерного планктона чрезвычайно прост и портативен, применим однако только в том случае, если содержание организмов в воде достаточно велико (не менее 10 организмов в 1 поле зрения). При слишком малом их содержании он или вовсе неприменим или дает слишком большие ошибки.

Таким образом метод особенно ценен для учета массового развития организмов в загрязненных водах и при исследовании случаев цветения воды.

Центробежный планктон.

Более совершенным методом количественного учета наннопланктона является метод, основанный на выделении из воды организмов при помощи центрифугирования.

Проба воды берется непосредственно без всякой предварительной фильтрации, так же как и в случае камерного планктона. Затем исследуемой водою наполняется центрифужная пробирка, емкостью 15—20 куб. см. и подвергается центрифугированию на обыкновенной лабораторной центрифуге. Для полного осаждения наннопланктона рекомендуется центрифугировать пробу в продолжении 15-ти минут при (около) 1500 оборотах в минуту. По окончании центрифугирования из пробирки выбирают пипеткой лишнюю воду, а весь осадок той же пипеткой переносят на счетную пластинку, разграфленную линиями через каждые 0,2 мм. и производят подсчет организмов.

¹⁾ Для парализования движения жгутиковых организмов рекомендуется осторожно подогреть камеру (до 35—40°) или ввести в нее на кончике иглы очень маленькую каплю 1% раствора осмиевой кислоты.

Просчету, как обычно, должен предшествовать качественный анализ организмов, входящих в состав данной пробы, который производится над отдельной центрифужной пробой. При обработке центробежного планктона возможно применение больших увеличений и поэтому точное систематическое определение планктонов целиком выполнимо.

Однако метод центробежного планктона страдает некоторыми недостатками. Дело в том, что не все организмы осаждаются при центрифугировании. Так, организмы, удельный вес которых меньше удельного веса воды, не осаждаются на дно пробирки, и таким образом их продукция остается неучтенной. В этих случаях лучше всего применять метод отстаивания, описание которого дается ниже.

Осадочный планктон.

Метод осадочного планктона относится к методам, в которых вода, подлежащая исследованию, не подвергается какой-либо предварительной фильтрации, а исследуется непосредственно.

Банку, емкостью около 1 литра, наполняют исследуемой водой, прибавляют в нее для фиксирования планктона 10 куб. см., формалина и оставляют стоять 4—5 дней. За это время планктон успевает отстояться. Более тяжелые формы осаждаются на дно, более легкие всплывают к поверхности (главным образом синезеленые водоросли из группы *Chroococcaceae* и *Nostocaceae*). Тогда очень осторожно (избегая взбалтывания) воду, свободную от планктона, отсасывают сифоном в мерный цилиндр, в котором отмечается объем отсосанной воды (рис. 25). Отсасывающий конец сифона—стеклянная трубка завязан сеткой из шелкового газа № 25, для ослабления тока отсасываемой воды должен всегда находиться посредине между слоем осевших на дно и сконцентрировавшихся на поверхности воды организмов.—(Необходимо внимательно следить, чтобы не происходило их засасывание). Отсасывание считается законченным, когда в банке останется около 25—30 куб. см. воды и осадка. После этого осадок сливают в сосуд для взятия порций шпатель-пипеткой (см. ниже). Банка затем тщательно ополаскивается небольшим количеством отсосанной воды (5—10 куб. см.), которую сливают в тот же сосуд. Счет ведется по методу Гензена (см. ниже).

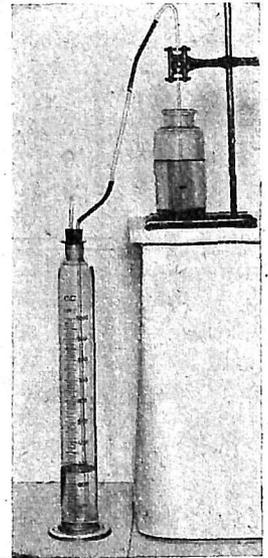


Рис. 25. Выливание сифоном воды из пробы осадочного планктона в мерный цилиндр.

Методы изучения вертикального распределения планктона.

Распределение планктона в водоеме в вертикальном направлении очень неравномерно. Это явление наиболее резко выражено на больших и глубоких озерах в силу целого ряда физико-химических факторов: так, поглощение световых лучей с глубиной, температурных условий, содержание газов растворенных в воде и т. д. В несравненно меньшей степени оно наблюдается на реках в виду наличия сильно выраженного течения, создающего относительную однородность среды. Тем не менее на реках с очень слабым течением или почти полным его отсутствием—явления стратификации планктона имеют место.

Выемка проб воды для изучения вертикального распределения планктона может производиться непосредственно количественной планктической сетью Апштейна или при помощи насосов с последующим пропусканием воды через ту же или любую иную качественную, соответствующего номера, сеть.

Производя выемку пробы сетью, применяют так называемые ступенчатые ловы, т.е. берут ряд проб одну за другой с каждым разом увеличивая глубину опускания сети. Например, в первой пробе профильтрован столб воды высотой 2 метра, во второй—4 метра, в третьей—6 метров и т. д. Таким образом, количество организмов, находящихся в слое 2—4 метра, будет равно разности количества организмов, уловленных во второй и первой пробе; в слое 4—6 метров—разности между третьей и второй пробой и т. д. ¹⁾

При пользовании для выемки проб воды с разных глубин насосом необходимо, чтобы последний был достаточно мощен, отверстия, пропускающие воду, широки (не менее 1 см. в диаметре) и особенно важно, чтобы внутри насоса не создавалось бьющих струй, могущих повреждать и разрушать планктические организмы.

Опустив засасывающий конец шланга на нужную глубину, качают воду или сначала в ведро (измеренной емкости) и, по наполнении, переливают воду в планктическую сеть или же пускают воду из насоса прямо в сеть, подставив под нее мерное ведро. Объем накачиваемой воды, нужной для пробы, определяется интенсивностью развития планктона, при сильном его развитии достаточно качать 10 литров при слабом—50 и больше.

Само собой разумеется, насосом можно также брать пробы для камерного планктона, центробежного и осадочного. В последних случаях проще применять батометры. Их существует большое число систем. Очень прост по своей конструкции батометр Рутнера. Он представляет из себя стеклянный цилиндр, открывающийся с обоих концов. Он опускается в водоем в открытом со-

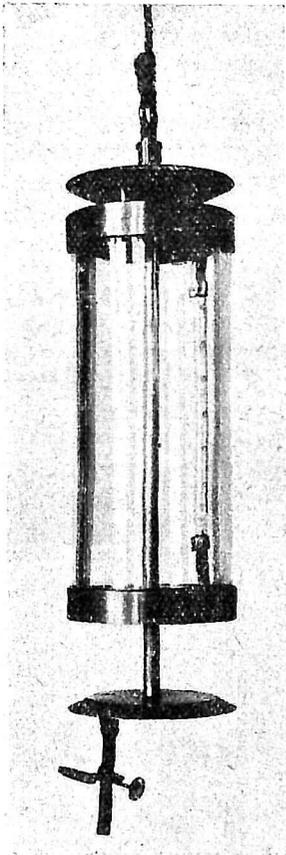


Рис. 26. Батометр Рутнера в открытом положении. $\frac{1}{4}$ натур. величины.

стоянии (рис. 26), и вода выше лежащих слоев проходит сквозь него. На нужной глубине сильным встряхиванием батометра за спусковой тросс он закрывается и уже в закрытом виде его поднимают на поверхность.

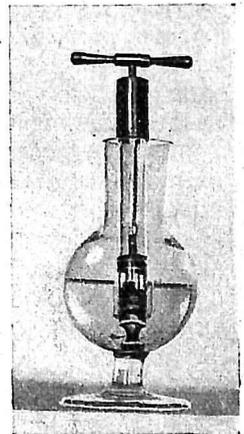


Рис. 27. Штмпель-пипетка и смешительный стаканчик. $\frac{1}{4}$ натур. величины.

¹⁾ Более удобны и надежны для этих целей сети т. наз. „замыкающиеся“ или „захлопывающиеся“, которые позволяют облавливать глубинные слои воды, не задевая лежащих над ними.

Обработка количественных проб планктона. Счет по Гензену.

Взятая планктической сетью количественная проба планктона, фиксированная определенным объемом формалина или, при осадочном планктоне, доведенная отсасыванием до 25—50 куб. см., переливается в особый смесительный сосуд (рис. 27). Взбалтыванием его достигают равномерного распределения организмов в жидкости и тогда при помощи специальной пипетки Stempelpipette ¹⁾ (рис. 27) берется 1 или 0,5 куб. см. пробы. Взятая порция разливается на особой счетной стеклянной пластинке, разграфленной на узкие полосы. Затем последняя укрепляется на счетном или на крестообразном столике микроскопа и, передвигая пластинку, производят подсчет организмов, лежащих на первой полосе, затем на второй и т. д.

В случаях очень большой густоты планктона прибегают к разведению пробы дистиллированной водой или отсосанной водой, если имеют дело с осадочным планктоном. Штемпель-пипеткой берется определенное количество пробы и разбавляется водой, доводя объем до 25, 50 или 100 куб. см. в зависимости от густоты планктона.

По окончании счета на пластинке мелких форм всю пробу профильтровывают через шелковый газ для выделения крупных, обычно малочисленных, организмов, которые затем подсчитываются во всей пробе на часовом стекле или чашке Петри.

Результаты подсчета выражаются обычно количеством организмов на 1 литр. При осадочном планктоне для этого вычисления исходят из объема взятой пробы воды измеряемого в процессе отсасывания в мерный цилиндр, а также определения объема осадка, которое производится по окончании счета мелких организмов. При сетном планктоне учитывается объем профильтрованной через сетку воды. При применении метода зачерпывания каким-либо измеренным сосудом, батометром—с последующим выливанием воды в планктическую сетку или при работе с насосом, учет объема воды весьма прост. Несколько сложнее он, когда проба планктона берется непосредственно самой сеткой. В этом случае объем воды вычисляется по формуле объема цилиндра, основанием которого является диаметр входного отверстия сетки, а высота—путь, пройденный сеткой при лове ²⁾.

Нередко в практике количественного изучения сетного планктона делается определение объема его, приходящегося на тот или иной объем воды (обычно на 1 литр или на 1 куб. метр). Этим способом учитывается сумма всех взвешенных в воде частиц мертвого и живого характера улавливаемых планктической сетью, т.-е. сестон. Серия проб из различных участков водоема при разнообразном характере последних может дать ценный и демонстративный материал.

¹⁾ Штемпель-пипетка представляет из себя стеклянную цилиндрическую трубку с поршнем внутри. Поршень на конце снабжен металлическим придатком с выточенной вырезкой, края которой плотно прилегают к внутренней стенке трубки. Когда весь поршень втянут в трубку, в вырезке захватывается точно определенное количество воды. Штемпель-пипетки существуют разных размеров, из которых наиболее употребительна на 0,5 куб. см.

²⁾ Иногда при расчете количества организмов на единицу объема принимают во внимание коэффициент фильтрации планктической сети. Дело в том, что при тяги сети не вся вода, попадающая в сеть, профильтровывается через нее, некоторая часть вместе с планктоном вытесняется наружу. Путем очень сложных вычислений найдено, что эта потеря планктона, выраженная коэффициентом фильтрации для малой количественной сети Аптшейна, здесь описанной, равна 1,39. Таким образом истинное количество планктона в данном объеме воды должно быть больше на эту величину. Необходимо отметить, что указанный коэффициент вычислен для безукоризненно работающей сети с незасоренными ячейками, при тяге со скоростью 0,5 метра в 1 сек.

Методика этого определения сводится к тому, что фиксированная планктическая проба (или правильнее, сестонная проба) переливается в специальную для этой цели бюретку, емкостью около 100 куб. см., градуированную на 0,1 куб. см., и оставляется в ней на 1—2 дня, после чего отмечается объем осадка¹⁾. Для получения сравнимых данных необходимо, чтобы время осаждения было всюду одинаково.

Счетные группы организмов.

При количественном анализе планктона подсчет организмов ведется или по видам, встречающимся в данной пробе, или по группам. Видовой количественный анализ дает более ценный материал для заключений как в прикладном, так особенно в чисто научном отношении, но в виду того, что видовой количественный анализ требует обычно очень много времени для своего выполнения, приходится во многих случаях практики ограничиваться групповым подсчетом, сопровождая его списком главнейших организмов, характеризующих каждую группу. Счетные группы могут быть таковыми:

- | | |
|---|--|
| I. Chlamydo bacteriaceae (за исключением железных и серных бактерий). | XIII. Volvocaceae |
| II. Железные бактерии | XIV. Бесцветные одноклетные Flagellata |
| III. Серные бактерии | XV. Бесцветные многоклетные Flagellata |
| IV. Fungi | XVI. Protococcales |
| V. Chroococcaceae | XVII. Confervales |
| VI. Oscillatoriaceae | XVIII. Conjugatae |
| VII. Nostocaceae | XIX. Bacillariaceae |
| VIII. Rivulariaceae | XX. Rhizopoda et Heliozoa |
| IX. Chrysomonadineae et Cryptomonadineae | XXI. Ciliata et Suctorina |
| X. Peridineae | XXII. Rotatoria et Gastrotricha |
| XI. Euglenaceae | XXIII. Nematoda |
| XII. Chlamydomonadaceae et Phacotaceae | XXIV. Entomostraca |
| | XXV. Insecta (larvae) |

Как видно из этого перечня групп, в него входят не только планктические организмы, но и ряд бентосных форм (Chlamydo bacteriaceae, Oscillatoriaceae и др.). Встречаясь в сестоне нередко в очень больших количествах, они могут играть весьма значительную роль в „физиологии“ водоема и представляется неизбежным поэтому производить и их учет.

3. Предварительная обработка проб на месте.

В виду того, что многие формы планктона и бентоса от фиксации настолько сильно деформируются, что становится невозможным не только видовое, но нередко и родовое их определение, представляется необходимым проведение, как правило, предварительного анализа материала на месте или в лаборатории вскоре после выемки проб. Особенно это важно для групп Ciliata, Flagellata, Sarcodina и некоторых других, играющих большую роль в загрязненных водоемах.

¹⁾ Отстаивание можно производить также, хотя это менее удобно, и в центрифужных градуированных пробирках.

Таким образом при проведении всякого дальнего исследования необходимо располагать микроскопом с нужными для работ с ним принадлежностями.

В последнее время ряд фирм выпустил в продажу несколько моделей микроскопов экскурсионного типа. Особенно портативны микроскопы фирмы Генсольдт (в Ветцларе) называемые „Тами“, „Метами“ и „Протами“, дающие максимальные увеличения до 225, 600 и 1200 (масл. иммерсия) раз. Изменение увеличений достигается выдвиганием тубуса, а также переменной объективов. Микроскоп „Протами“ имеет револьвер из трех объективов. С этими микроскопами можно производить на месте не только качественный просмотр материала, но и счет камерного планктона.

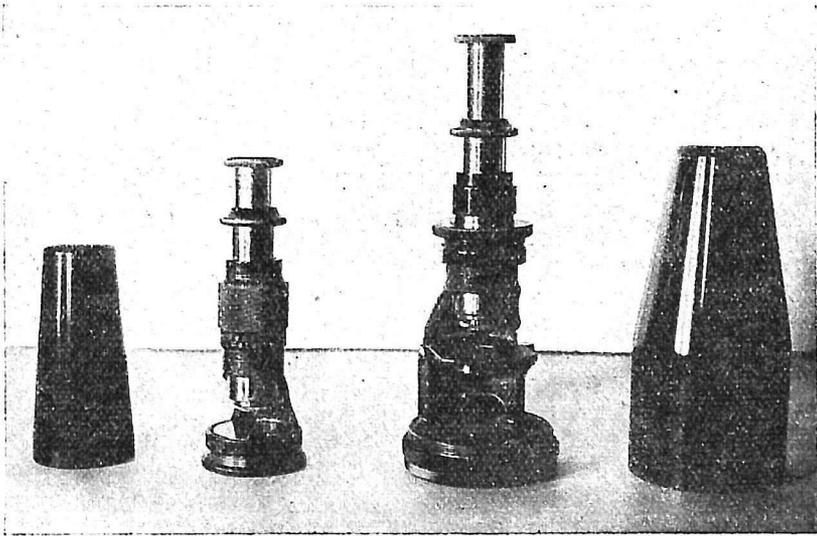


Рис. 28. Экскурсионные микроскопы „Тами“ и „Метами“ с их футлярами.
 $\frac{1}{3}$ натур. величины.

Микроскопы настолько компактны, (рис. 28) что каждый легко может поместиться в кармане.

4. Изучение водной высшей флоры и рыб.

Сюда относятся две обширные составные части населения воды: высшие цветковые растения и рыбы.

Изучение растений всего полнее достигается сборанием гербария для различных участков водоема.

Сборание нужно вести так, чтобы каждое отдельное растение по возможности имело все необходимые для определения части (цветы, плоды, листья, корень). Собранные растения перекладываются листами бумаги, вбирающей в себя влагу, помещаются в гербарную металлическую папку-сетку и в ней засушиваются. Для предохранения растений от загнивания необходимо их в первые дни перекладывать свежей сухой бумагой.

Основные сведения об ихтиофауне водоема во время биологического исследования добываются путем опроса местного населения и в особенности местных рыбаков и осмотра уловов.

Таким образом можно собрать материал по вопросам:

1. Качественный состав ихтиофауны водоема. Главнейшие породы (виды) рыб.
2. Как велики уловы рыбы и какие породы главным образом попадают (наиболее точные данные о качественном составе дает непосредственный осмотр уловов).
3. Какой крупности достигают разные породы рыб в водоеме.
4. Не наблюдаются ли заморы рыбы и в какие времена года. Нет ли прямой связи с загрязнением водоема.
5. Не замечается ли уменьшения количества рыб. Причины этого явления: вылов, загрязнение воды и т. д.

К полученным таким образом сведениям необходимо относиться с известной осторожностью, чтобы не прийти к ошибочным выводам.

5. Фиксирование и этикировка проб.

Фиксирование собранных проб бентоса и планктона в целях сохранения их для дальнейшей обработки в лаборатории обыкновенно производится или формалином или спиртом, тотчас по взятии пробы. Однако некоторые организмы, как указывалось выше, от фиксации сильно деформируются или же совершенно распадаются (безпанцирные коловратки, простейшие, жгутиковые), и они поэтому должны быть определяемы до фиксирования пробы в живом состоянии.

Формалин пригоден для фиксирования почти всех групп животных и растений. В нем хорошо сохраняются планктические пробы, образцы налетов серных бактерий, осциллярий, обрастания зеленых водорослей, диатомовых, мшанки, личинки насекомых и т. д.

Для того, чтобы собранные организмы были зафиксированы, достаточно прибавить к пробе 4—5% формалина. При фиксировании крупных организмов необходимо дозу формалина увеличивать.

Крупных разнообразных, моллюсков, червей лучше всего фиксировать и сохранять в 70°-ом спирту.

Каждая проба, предназначенная для обработки, обозначается отдельным номером, который пишется чернильным карандашом на пробке или в том случае, когда проба исследуется только на месте (центробежный планктон, камерный планктон и т. д.), восковым карандашом на самой пробирке или баночке. Под тем же номером в журнале исследования отмечается: характер пробы, время (год, месяц, число, час), место выемки пробы, орудие, которым взята проба, глубина водоема, где производился сбор и т. д.

Предпочтительнее снабжать каждую пробу, подлежащую обработке в лаборатории, этикеткой на пергаментной бумаге, на которой и отмечать (графитным карандашом или лучше тушью) все основные данные о пробе (рис. 29). Подробности заносить в журнал. Этикетка вкладывается в банку с пробой. У проб осадочного планктона этикетка привязывается снаружи к горлу банки.

Гидробиол. Лабор. Центр. Ком. Водохоз Н.Т.У. В.С.Н.К.	Дата.....	№ пробы
	Место.....	
	Орудие.....	
	Биоценоз.....	
	Биотоп.....	
	Собирает.....	

Рис. 29. Образец этикетки.

6. Фотография.

Фотографирование зарослей высших растений, обрастаний, скоплений растительных организмов в прибрежной полосе и на поверхности воды, исчезновение и появление их в зависимости от изменяющихся условий жизни дает чрезвычайно ценный материал по биологии водоема. Снимки этих моментов представляют из себя документы, закрепляющие объективно и точно существующее положение вещей.

Для производства с'юмок может служить любая фотографическая камера с достаточно светосильным объективом. Зеркальные камеры являются наиболее удобными, как представляющие большие возможности для фотографа.

7. Обработка биологических материалов в лаборатории.

Обработка биологических материалов в лаборатории заключается прежде всего в определении найденных форм растений и животных.

Основными руководствами служащими для этой цели являются: *Die Süßwasserflora Deutschlands*. Herausgegeben von Prof. D-r A. Pascher, представляющий из себя определитель всех групп высших водных растений. Издание состоит из 16-ти выпусков.

Die Süßwasserfauna Deutschlands. Herausgegeben von Prof. D-r A. Brauer. Издание аналогичное первому—определитель водной фауны.—(За исключением простейших). В 19-ти выпусках.

Eyferth—Schoenichen—Einfachste Lebensformen des Tier—und Pflanzenreiches. В настоящее время выходит новое пятое издание. В нем имеются недостающие в серии Brauer'a—Protozoa и еще не вышедшие из печати серии Pascher'a: бактерии, грибы и группа десмидиевых водорослей.

Эти три издания являются основным минимумом совершенно необходимых для санитарно-гидробиологических работ.

Кроме того для определения высших растений и рыб служат: Федченко и Флеров—Флора Европейской России.
Берг—Рыбы пресных вод России.

В приложении к настоящей инструкции кроме того дается список литературы, монографий по отдельным группам животных и растений, а также руководств общего характера.

Определение организмов нужно по возможности всегда доводить до вида, что в особенности важно для форм встречающихся в пробе в больших количествах. Само определение нужно вести очень тщательно и точно. Только такое определение можно считать верным, которое вполне отвечает диагнозу данного организма. Неправильные определения могут привести к ложным, неправильным выводам.

При микроскопическом анализе проб отмечается присутствие всяких посторонних примесей, как-то: хлопчато-бумажные и шерстяные волокна, зерна крахмала, кусочки синьки, поперечно-полосатые мышечные волокна, и т. д. Все эти предметы свидетельствуют о происхождении и характере загрязнения.

По проведении каждого анализа необходимо отмечать на глаз приблизительное количество отдельных организмов в пробе. Наиболее

чтобы иметь представление также о весовой продукции их. Взвешивание моллюсков и ручейников производится по освобождению их от раковины и домика (чехлика). Там, где вынуть тело из раковины

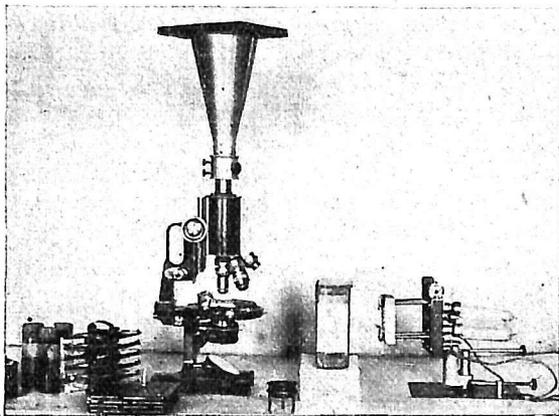


Рис. 32. Конус Альтмана для микрофотографирования, микроскоп и лампа Периста. $\frac{1}{11}$ натур. величины.

Анализ нефиксированных проб грунта, в целях обнаружения в нем микроскопических организмов, целесообразней всего вести через некоторый промежуток времени после выемки пробы, через несколько часов или на следующий день, чтобы она могла отстояться, и населяющие грунт организмы могли выползти на поверхность его. При анализе нужно отмечать характер грунта: илистый, песчаный, глинистый и имеющиеся в нем примеси: детрит, оболочки различных отмерших растений и животных, остатки высших растений и пр., а также отбросы производства фабрик и заводов, попадающие в него вместе со сточными водами.

По окончании анализов, кроме составления обычных сводочных таблиц распространения организмов по отдельным участкам водоема, весьма полезно для некоторых, наиболее важных и типичных участков нанести полученные результаты на схематический план в большом масштабе. Эти планы в значительной степени облегчают рассмотрение результатов и составление выводов по исследованию.

И наконец, в целях более детального изображения результатов биологического исследования, прибегают к самым разнообразным графическим методам. Так, на рис. 9 изображены кривые по содержанию сестона в р. Москве, на рис. 5, 6, 7 и 8 столбиками изображено развитие осадочного и камерного планктона в воде реки Уводи и Лузы; нередко делаются и более сложные диаграммы, так, напр., приводимые

(мелкие формы и молодь моллюсков) представляет трудности, взвешивают весь организм, отмечая это обстоятельство в соответствующем протоколе анализа.

Взвешивание всех организмов производится после легкого подсушивания их на фильтровальной бумаге.

Необходимо отмечать в протоколе также и род фиксации (формы фиксированные спиртом, имеют несколько пониженный вес).

Более правильное представление о продукции дает определение сухого вещества.

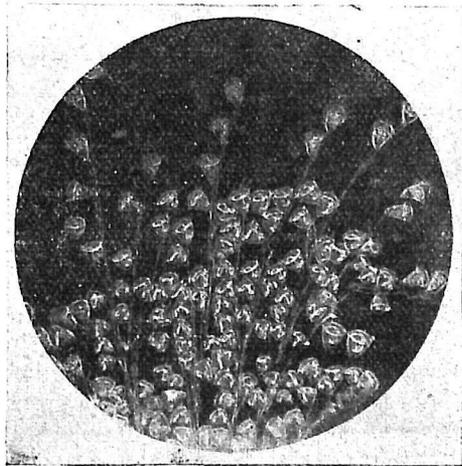


Рис. 33. Негативная микрофотография на бромистой бумаге—*Carchesium polyrinum* Ehrh. Увеличение в 42 раза.

на рис. 2 и 3—количественное развитие донной фауны на $\frac{1}{10}$ кв. метра площади дна р. Москвы, на рис. 30—камерный планктон.

В тех случаях, когда изображение результатов исследования обычными графиками или кривыми становится затруднительным благодаря слишком высоким цифрам и чрезвычайно сильным их колебаниям, целесообразно прибегать к шаровым диаграммам, пересчитывая имеющиеся цифры на объем шаров. Рис. 31 представляет из себя результаты планктического исследования р. Волги изображенные этим способом.

В качестве объективных иллюстраций к результатам биологических анализов нередко прилагаются микрофотографии или отдельных организмов или их сообществ, типичных для данного участка водоема.

Микрофотографирование можно производить при помощи очень простых приспособлений: металлического конуса¹⁾ и в качестве источника света полуваттной лампы в 200 свечей. Срезанная вершина этого конуса снабжена винтиками для укрепления на тубусе микроскопа; к основанию конуса приделана рамка, в которую вставляется обыкновенная фотографическая кассета или матовое стекло для рассматривания изображения. Объективом служит оптическая система самого микроскопа; наведение изображения на фокус получается при помощи кремальеры и микрометрического винта микроскопа (рис. 32).

Для быстрого получения микрофотографий в последнее время стали пользоваться способом фотографирования непосредственно на бромистую бумагу. Полученные негативные изображения в большом числе случаев практики вполне могут заменить обычные позитивные отпечатки (рис. 33).

8. Определение некоторых физико-химических свойств воды.

Нормальное развитие жизни в водоеме зависит от целого ряда факторов. Нарушения в этой нормальной биологической картине могут происходить и вне зависимости от внешних, т. е. посторонних причин, например, загрязнения сточными водами. Так, обеднение кислородом зимой чистых озер и иногда рек влечет за собой замор рыбы, интенсивное развитие в водоеме некоторых планктеров летом (цветение) вызывает понижение прозрачности воды и т. д. и т. д.

Поэтому, одновременное с проведением биологического исследования, определение на месте некоторых важнейших для развития флоры и фауны физико-химических свойств воды является весьма желательным, а иногда и необходимым.

Кислород, растворимый в воде. См. „Методы химического исследования“.

Свободная углекислота. См. „Методы химического исследования“.

Активная реакция. См. „Методы химического исследования“²⁾.

¹⁾ Камера для микрофотографии Альтманна.

²⁾ Необходимые наборы сткляпок, бюреток, колб, пипеток, растворов реактивов для определения O_2 , CO_2 и pH полезно скомпановать в отдельных экскурсионных ящиках по образцу общезвестных сундучков Кюта с наборами реактивов и посуды для исследования воды на месте.

Прозрачность воды.

Определение производится по методу Секки или посредством белой фарфоровой ¹⁾ пластинки размером 15×21 см. или диском диаметром в 30 см., прикрепленным к палке (в случае быстрого течения) или к цепочке (в тихих местах), размеченной на сантиметры.

С лодки или обрывистого берега, иногда с моста или с плотины, (всегда с теневой стороны) прибор опускается в воду до тех пор, пока совершенно не исчезнет из глаз. Лицо наблюдателя должно находиться возможно ближе к воде.

Цифрой прозрачности данного пункта водоема будет та глубина, на которой пластинка или диск перестают быть различимыми.

Цветность воды.

Определение цветности в водоемах незагрязненных производится при помощи шкалы цветов Форель-Уле, состоящей из 21 запаянной трубки с различными смесями растворов сернокислой меди и хромовокислого калия, дающих градацию тонов от голубого до желтого (гуминового). Определение может производиться двумя способами. Подложив под шкалу черный фон, смотрят в воду и сравнивают цвет ее с оттенком шкалы, или же, заменив черный фон белым, опускают в воду белый диск Секки всегда на одну и ту же глубину и, сопоставляя цвет воды над диском, отыскивают соответствующий номер шкалы.

Определение цветности по шкале Форель-Уле в загрязненных участках водоема вследствие большого разнообразия цветов и их оттенков неприменимо. Поэтому определение это ведется на глаз с белым диском Секки, опускаемым в воду на одну и ту же глубину.

Температура воды.

Определение температуры поверхностного слоя воды производится обыкновенным термометром Цельсия.

При необходимости определения температур на разных глубинах прибегают к так называемым перевертывающимся термометрам. При небольших глубинах для этой цели можно пользоваться батометром, укрепив внутри его обыкновенный термометр.

9. Выработка плана исследования.

Выработать вполне определенную, постоянную, применимую во всех случаях программу для биологического исследования невозможно. Практика его применения в каждом отдельном случае выдвигает особые условия, делающие необходимым те или иные отклонения, зависящие от характера самого водоема, местных условий, целей исследования и т. д.

Поэтому представляется возможным наметить лишь программу общего характера в виде рекогносцировочного так наз. „биологического осмотра“, который дает основной материал для установления плана дальнейшего исследования в каждом отдельном случае.

Биологический осмотр по существу состоит в быстром ознакомлении на месте без подробных микроскопических анализов с харак-

¹⁾ Или металлической, окрашенной в белый цвет.

тером флоры и фауны водоема по некоторым лишь основным руководящим формам и группам и с наиболее явственными и резкими изменениями в них происходящими. Весьма целесообразно совмещать такой осмотр с некоторыми предварительными выполняемыми на месте оповедениями физико-химического характера. Этот осмотр водоема обычно позволяет нарисовать, правда весьма грубую, но довольно близкую к действительности картину происхождения и распространения загрязнений в водоеме.

Программа биологического осмотра.

I. Определение прозрачности воды по Секки.

II. Определение цветности воды.

III. Определение температуры воды.

IV. Взятие немногих основных проб планктона и анализ главных форм его составляющих.

V. Особенное внимание обращается на бентос, формы которого особенно явственно характеризуют воду с точки зрения загрязнения в данном месте. Он содержит в себе много форм и формаций часто легко распознаваемых благодаря своим нередко значительным размерам.

Наиболее важными из таких руководящих организмов являются следующее:

1. Пряди и космы бактерий и грибов: *Sphaerotilus*, *Leptomitus*, *Mucor*.

2. Бактериальные зооглеи: *Zogolea ramigera* и др.

3. Налеты и наросты серных бактерий: *Beggiatoa*, *Thiothrix*.

4. Налеты и обрастания: *Oscillatoria*, *Phormidium*.

5. Обрастания колониальных сидячих инфузорий: *Carchesium*, *Epistylis*, *Ophrydium*.

6. Скопления инфузорий: *Paramaesium*, *Colpidium*, *Spirostomum*, *Stentor*.

7. Скопления: *Euglena*, *Chlamydomonas*.

8. Обрастания диатомовых водорослей: *Gomphonema*, *Cymbella*.

9. Обрастания синезеленных водорослей: *Nostoc*, *Rivularia*.

10. Обрастаний зеленых водорослей: *Cladophora*, *Stigoclonium*, *Draparnaldia*, *Vaucheria*, *Conferva*, *Oedogonium*, *Chaetophora*.

11. Обрастания багряной водоросли *Thorea*.

12. Развитие мха *Fontinalis*.

13. Обрастания сидячих форм коловраток.

14. Развитие планктических рачков.

15. Развитие пресноводных губок.

16. Развитие мшанок.

17. Развитие личинок насекомых: *Chironomidae*, *Ephemerae*.

18. Развитие червей: *Oligochaeta*, *Hirudineae*.

19. Развитие моллюсков.

20. Развитие высших водных растений.

21. Развитие рыб.

Все приведенные в этом списке формы при сколько-нибудь заметном развитии и известном навыке исследователя могут быть определены без помощи микроскопа простым осмотром на месте и в некоторых случаях при пользовании лишь хорошей лупой.

Наряду с изменениями в населении водоема, вызываемыми загрязнением в сторону развития новых форм, неразвивающихся вне

зоны загрязнения, особенное внимание должно быть уделено обратному действию загрязнения, под влиянием которого исчезают и уничтожаются типичные для данного водоема организмы.

Наиболее рельефные результаты дает биологический осмотр в водоемах, в которых богато развит бентос. Так как небольшие реки и ручьи дают обычно, благодаря их обилию местами удобными для прикрепления и укоренения бентосных форм, относительно более пышное развитие бентоса, то по отношению к ним биологический осмотр оказывается обычно особенно удобоприменимым. Наоборот, на больших реках, особенно с песчаным подвижным дном, недостающим твердой опоры для прикрепления обрастаний, биологический осмотр нередко дает далеко недостаточные результаты, и в таких случаях приходится обходиться без его помощи.

Необходимо иметь в виду, что чем более упрощается биологическое обследование водоема, тем легче может привести оно к ошибочным выводам. Поэтому понятно, что если и вообще к лицу, выполняющему биологическое обследование, должны предъявляться весьма высокие требования в смысле степени его опытности и специализации, то, в случае применения биологического осмотра, эти требования должны быть еще в значительной степени повышены.

ОТДЕЛ ТРЕТИЙ

I. СПИСОК САПРОБНЫХ ОРГАНИЗМОВ.

Со времени опубликования Кольквитцем и Марссоном первых списков сапробных растительных и животных организмов прошло уже около 20 лет. За этот период авторами сапробной системы, главным образом, Кольквитцем, на основании своих дальнейших исследований, а также и других западно-европейских авторов, был внесен ряд поправок и дополнений. С другой стороны, практика применения сапробной системы у нас в СССР заставила также несколько расширить списки и кроме того сделать в них некоторые перемещения.

Таким образом, печатая ниже списки сапробов по Кольквитцу и Марссону со всеми позднейшими пополнениями Кольквитца, мы сочли нужным включить сюда также и материалы русских исследователей, опубликованные в литературе¹⁾.

Кроме того составителями настоящей биологической инструкции выделены в списках наиболее типичные организмы для каждой зоны. Перечень организмов по Кольквитцу и Марссону напечатан прямым шрифтом, дополнения и изменения русских авторов—разрядкой и наиболее типичные организмы для каждой зоны—жирным шрифтом.

¹⁾ R. Kolkwitz und M. Marsson. Oekologie der pflanzlichen Saprobien.—Berich. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. XXVI a, Heft 7. 1908. 2) R. Kolkwitz und M. Marsson. Oekologie der tierischen Saprobien.—Internat. Revue d. gesamt. Hydrobiologie u. Hydrographie. Bd. II. 1909. 3) R. Kolkwitz. Die Beziehungen des Kleinplanktons zum Chemismus der Gewässer.—Mitteil. aus d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversog. u. Abwässerbeseitig. Heft 14, 1911. 4) R. Kolkwitz. Zur Biologie d. Talsperren insbesondere der Eschbachtalsperre bei Remscheid.—Mittel. aus d. Kgl. Prüfungsanst. f. Wasser verzorg. u. Abwässerbeseitig. Heft 15, 1911. 5) R. Kolkwitz. Pflanzenphysiologie.—2. Auflage. 1922. 6) Г. И. Долгов. Изменения и дополнения к списку сапробных организмов Кольквитца и Марссона—Русск. Гидроб. Журн. т. V. 1926.

1. Полисапробы.

Растения.

Schizomycetes.

- Spirillum tenue* Ehrb.
 „ *serpens* (O. F. M.).
 „ *rugula* (O. F. M.).
 „ *undula* Ehrb. при массовом развитии, иначе α -мезосапроб.
 „ *volutans* Ehrb.
Sphaerotilus natans Ktz. } см. группу мезосапробов.
 „ *roseus* Zopf. }
Zoogloea ramigera Itzig, при слабом развитии α -мезосапроб.
Streptococcus margaritaceus Schröter.
Sarcina paludosa Schröter.
 „ *ventriculi* Good., анаэроб.
Beggiatoa aiba (Vauch.) Trev также α -мез. } Показательны
 „ *leptomitiformis* (Menegh.) Trev. } лишь при нахо-
 „ *arachnoidea* (Ag.) Rab. } ждении в несер-
Thiopolycoccus ruber Win. } ных источниках.

Cystobacter erectus Schroet.

- Chromatium Okenii* (Ehrb.) Perty. }
 „ *vinosum* (Ehrd.) Win. } Факультативно α -ме-
 „ *minutissimum* Win. } зосапробы.
Lamprocystis roseo-persicina (Ktz.) Schröt. }
Thospirillum sanguineum (Ehrb.) Win.
Spirochaetae plicatilis (Ehrb.).

Cyanophyceae.

- Arthrospira Jenneri* Stitz, если встречается совместно с *Beggiatoa*.
 Встречается и в планктоне олиго-сапробной
 зоны, будучи взмучена со дна.

Euglenales.

- Euglena viridis* (Schr.) Ehr., в массовом развитии, также α -мезосапроб.

Protococcales.

- Polythoma uvella* Ehrb., в массовом развитии.

Животные.

Rhizopoda.

- Amoeba* (*Hyalodiscus*) *limax* (Duj.) } Оба часто вместе со спи-
 „ „ „ *guttula* (Duj.) } риллами и с *Polythoma uvella*.
 „ „ „ } При единичном нахождении
 „ „ „ } α -мезосапробы.

Flagellata.

- Cercobodo longicauda* (Duj.) Senn.
 = *Cercomonas longicauda* Duj.
 = *Dimorpha longicauda* (Duj.) Klebs.
 = *Dimastigamoeba longicauda* Klebs, склонен также к α -мезосапробному образу жизни.

Oicomonas mutabilis Kent.

Bodo putrinus (Stok.) Lemm.

Trepomonas rotans Klebs. } заходят также в α -мезосапробную
Hexamitus inflatus Duj. } зону.

„ *crassus* Klebs..

„ *pussilus* Klebs.

„ *fissus* Klebs.

„ *fusiformis* Klebs.

} склоны также к α -мезосапроб-
ному образу жизни.

Ciliata.

Paramaecium putrinum Cl. et L.

Vorticella microstoma Ehrb, также α -мезосапроб.

putrina O. F. M.

Vermes.

Tubifex tubifex (O. F. M.), если преобладает и развит массами.

Diptera.

Eristalis tenax L, личинки, также в α -мезосапробной зоне.

II. α -Мезосапробы.

Растения.

Schizomycetes.

Sphaerotilus natans Ktz. } Если встречается совместно с мезо-
„ *roseus* Zopf. } сапробными диамотеями и с разветвле-
} ниями подобно *Cladotrix*. Факультатив-
} но полисапробы.

Thiothrix nivea (Rab.) Win, иногда полисапроб.

Thiopedia rosea Win.

Chromatium Okenii (Ehrb.) Perty.

Lamprocystis roseo-persicina (Ktz.) Schröf. } Факультативно поли-

Thiospirillum sanguineum (Ehrb.) Win. } сапробы.

Spirochaete plicatilis Ehrb.

Cyanophyceae.

Oscillatoria princeps Vauch.

„ *tenuis* Ag.

„ *chalybea* Mert.

„ *putrida* Schmidle.

„ *chlorina* Kütz.

„ *splendida* Grev.

„ *brevis* Ktz.

„ *formosa* Bory.

Arthrospira Jenneri Stitz, факультативно полисапроб (см. там.).

Phormidium uncinatum (Ag.) Gom.

„ *antumnale* (Ag) Gom.

„ *foveolarum* (Mont) Gom.

Cryptomonadales.

Cryptomonas Nordstedtii (Hansg.) Senn.

= *Chroomonas Nordstedtii* (Hansg.).

Euglenales.

Euglena viridis Ehrb.

„ „

var. *lacustris* Francé. } При высокой про-

} дукции, иначе β -ме-

} зосапробы.

Lepocinclis ovum Ehrb.
" texta (Duj.) Lemm.
Crytroglena pigra Ehrb.

Bacillariales.

Hantzschia amphioxys (Ehrb.) Grun.

Nitzschia palea (Kütz) W. Sm. } При высокой продук-
" " var. fonticola Grun. } ции или твердых α -ме-
зосапробах.

Stauroneis acuta W. Sm.

Protococcales.

Chlamydomonas de Baryana Gor.

Spondylomorom quaternarium Ehrb.

Stichococcus bacillaris f. confervoidea Hazen, факультативно β -мезосапроб.

Chlorella infusionum (Beyerk.).

" vulgaris (Beyerk.).

Confervales.

Ulothrix subtilis (Ktz.) (forma).

Stigeoclonium tenue Ktz., заходит также и в β -мезосапробную зону и безусловно также в олиго- β -мезосапробную и даже в олигосапробную.

Phycomycetes.

Mucor sp. (Gruppe Zygorhynchus).

Apodya lactea (Ag.) Cornu=**Leptomitus lacteus** Ag.

Hemiascomycetes.

Endoblastoderma salmonicolor Fich. et Breb.

Euascomycetes.

Fusarium aquaeductuum Lag.

Животные.

Rhizopoda:

Trinema enchelys (Ehrb.) Leidy, гл. обр. встречается в этой зоне.

Diplophrys archeri Bar.

Pamphagus hyalinus Leidy.

" armatus Laut.

Cryptodiffugia oviformis Pen.

Heliozoa.

Actinophrys sol. Ehrb., также α -мезосапроб.

Flagellata.

Ciliophrys infusionum Cienk, часто в аквариумах.

Cercobodo radiatus (Kleb.) Lemm.

= Dimorpha radiata Kleb.

Cercomonas clavata Perty.

" crassicauda Duj.

Oicomonas termo (Ehrb) Kent.

Monas vivipara. Ehr.

" vulgaris (Cienk.) Senn (= Monas guttala Ehr.).

" arhabdomonas (Fisch.) H. Meyer.

Antophysa vegetans (O. F. M.) Bütsch, очень типична для α -мезосапробной зоны. Нередко в больших количествах в мезо- и олигосапробной зоне.

- Amphimonas globosa* Kent.
" *fusiformis* Mez.
Bodo globosus St.
" *mutabilis* Klebs.
" *minimus* Klebs.
" *caudatus* (Duj.) St.
" *saltans* Ehrb., также полпсапроб.
" *ovatus* (Duj.) St.
Spongomonas intestinum (Cienk.) Kent также β -мезосапроб.
Daliingeria drysdali Kent, также β -мезосапроб.
Pleuromonas jaculans Perty.
Phyllomitus amylophagus Klebs.
Rhynchomonas nasuta (Stok.) Klebs.
Tetramitus descissus Perty.
" *sulcatus* Klebs.
" *pyriformis* Klebs.
" *rostratus* Perty.
Urophagus rostratus (St.) Klebs.
Trigonomonas compressa Klebs.
Trepomonas agilis Duj., вероятно также β -мезосапроб.
" *steini* Klebs.
Menoidium pellucidum Perty.
Astasiopsis distorta (Duj.).
Astasia margaritifera Schmar.
Euglenopsis vorax Klebs.
Peranema trichophorum (Ehr.) St.
Heteronema tremulum Zach.
" *acus* (Ehrb.) St.
Scytomonas pusilla St.
Chilomonas paramaecium Ehr., при массовом развитии,
иначе β -мезосапроб.
Chilomonas oblonga Pasch, тоже.

Ciliata:

- Urotricba farcta* (Ehr.) Cl. et L.
Amphileptus claparedi Stein., может быть тоже полисапроб.
" *carchesii* Stein.
Lionotus varsoviensis Wrz.
Loxophillum meleagris (O. F. M.) Duj., склонен также к β -мезосапробному образу жизни.
Cyclogramma rubens Perty (= *Nassula*).
Chilodon uncinatus Ehr., вероятно также β -мезосапроб.
Trochilia palustris St., также β -мезосапроб.
Leucophrydium putrinum Roux.
Glaucoma scintilians Ehrb., также β -мезосапроб.
Colpidium colpoda St. единично в сообществе полпсапробов.
Colpoda cucullus Ehr.
" *parvifrons* Cl. et L. } При массовом развитии, иначе β -мезосапробы.
" *steini* Maup. }
Loxocephalus granulosus Kent.
Paramaecium caudatum Ehrb., при высокой продукции также может быть полисапробом. Единично встречается в β -мезосапр. зоне.
Cyclidium glaucoma Ehrb.

- Spirostomum ambiguum** Ehrb., вероятно также β -мезосапроб. Массовое развитие типично для α -мезосапробной зоны.
Stentor coeruleus Ehrb. типичный представитель этой зоны.
" **roeseli** Ehrb., также β -мезосапроб.
Gyrocoris oxyura Stein.
(= *Caenomorpha medusula* Perty).
Urostyla weissei St., ед. экземпляры в полисапробных водах.
Gastrostyla mystacea (St.).
Oxytricha fallax St.
" **pellionella** Ehrb.
Stylonychia mytilus Ehrb., также β -мезосапроб.
Psilotricha acuminata St.
Gerda glans Lachm., при высокой продукции полисапроб.
Vorticella convallaria Ehrb.
Carchesium lachmanni Kent.
Epistylis coarctata Cl. et L.
" **plicatilis** Ehrb, склонен также к β -мезосапробному образу жизни.

Stictoria.

- Podophrya carchesii** Cl. et L.
" **fixa** Ehr, также β -мезосапроб.

Vermes.

- Enchytraeus humiculator** Vejd.
Pachydriulus pagenstecheri (Ratz.) Vejd.
Lumbriculus variegatus (Müll.), тоже в мезосапробном плу.
Limnodrilus udekemianus Clap.
" **hoffmeisteri** Clap.
Tubifex tubifex (Müll.), в массовом развитии заходит в полисапробную (см. там) и β -мезосапробную зону.
Lumbricillus lineatus (Müll.), заходит из моря в загрязненную солоноватую и пресную воду.
Psammoryctes barbatus Vejd.
Dero limosa Leidy.
Aeolosoma quaternarium Ehrb.
Lumbricus rubellus Hoff.
Monohystera macrura De Man, также β -мезосапроб.
Tripyla setifera Bütsch.
Trilobus gracilis Bast.
Plectus tenuis Bast.
Diplogaster rivalis (Leyd.).

Rotatoria.

- Rotifer vulgaris** Sehr, также β -мезосапроб.
" **neptunius** Ehrb, иногда полисапроб.
Callidina elegans Ehrb., также β -мезосапроб.
Triarthra longiseta Ehrb, часто массами в загрязненных деревенских прудах и стоках, принимающих сточные воды. Также мезосапроб. Обычен в условиях олигосапробной зоны. Сравни *Triarthra longiseta* v. *limnetica* Zach.
Hydatina senta Ehr, при массовом развитии.
Diglena biraphis Gosse } иногда β -мезосапробы.
" **candata** Ehrb. }

Diplax compressa Gosse.

„ *trigona* Gosse.

Diplois daviesae Gosse.

Colurella bicuspidata Ehrb., также β -мезосапроб.

Brachionus angularis Cosse } также β -мезосапробы.

Noteus militaris Ehrb. }

Mollusca.

Sphaerium (= *Cyclas*) *corneum* L, также в β -мезосапробном илу.

Crustacea.

Asellus aquaticus (L.) Ol, если в больших количествах. Часто среди гниющего *Sphaerotilus*, отчасти питается этим грибом.

Neuroptera.

Sialis lutaria L, личинки. Очень стоек; часто в сильнейшей грязи.

Hemiptera.

Velia currens Fabr, очень стоек по отношению к загрязнению.

Diptera.

Chironomus plumosus L., личинки. Массовое развитие особенно типично для этой зоны; также в поли и β -мезосапробной зоне. Этот вид с его красными личинками является сборным видом.

„ *motitator* (L.), личинки. Также β -мезосапроб.

Tanytus monilis (L.), также β -мезосапроб.

Coenia fumosa Stenh., личинки.

Ptychoptera contaminata L., личинки; часто совместно с *Beggiatoa* и *Euglena viridis*.

Psychoda phalaenoides (L.), личинки.

„ *sexpunctata* Curtis., личинки.

Stratiomys chamaeleon L., личинки.

III. β -Мезосапробы.

Растения.

Schizomycetes.

Lampropedia hyalina (Ehrb.) Schröt.

Cladotrix dichotoma Cohn., большей частью встречается в этой зоне.

Suaeporphyceae.

***Oscillatoria limosa* Ag.**; совместно с серными бактериями α -мезосапроб.

„ *antliaria* Jür.

Phormidium subfuscum Ktz.

„ *favosum* (Bory) Gom. } также олпгоса-

„ *Retzii* (Ag.) Gom. } пробы.

Aphanizomenon flos aquae Ralfs, привысокой продукции, иначе олигосапроб.

Chrysomonadales.

Chrysosphaerella longispina Lant.

Synura uvella Ehr., если совместно с *Closterium acerosum*, *Brachionus*, *Rotifer* и единичными экземплярами *Euglena viridis* Факультативно олигосапроб.

Cryptomonadales.

Cryptomonas erosa Ehr., при низкой продукции олигосапроб.

” ” var. *reflexa* Marss.

” ” *ovata* Ehr.

Euglenales.

Euglena acns Ehr.

” ” *rigida* Hub., также α -мезосапроб.

” ” *spirogyra* Ehr.

” ” *oxyuris* Schm.

” ” *deses* Ehr.

” ” *pisciformis* Klebs., также α -мезосапроб, если в сообществе с *Polytoma uvella*.

” ” *quartana* Moroff.

” ” *tripteris* (Duj.) Kl.

” ” *velata* Kleb.

Phacus caudata Hübner, также α -мезосапроб.

” ” *alata* Kleb.

Trachelomonas hispida Ste. } при высокой продукции, иначе
” ” *volvocina* Ehr. } олигосапробы.

Colacium vesiculosum (Ehr.) St.

Peridinales.

Ceratium tetraceros Schr.; встречается также с *Lamprocystis*, *Chromatium Okenii* и другими.

Bacillariales.

***Melosira varians* Ag.** типична для этой зоны в массовой продукции.

Stephanodiscus Hantzschianus Grun, при высокой продукции.

” ” var. *pusillus* Grun.

” ” *astraca* Grun.

***Diatoma vulgare* Bory.**

” ” var. *brevis* Grun.

” ” var. *genuina* Grun.

” ” var. *producta* Grun.

***Synedra ulna* var. *splendens* (Ktz.) J. Brun.** нередко заходит в полисапробную зону.

” ” *actinastroides* Lem.

” ” *radians* (Ktz.) Grun.

” ” *Vaucheriae* Ktz.

Microneis minutissima (Ktz.) Cleve.

Cocconeis pediculuss Ehr., также олигосапроб.

Navicula Brebissonii Ktz.

” ” *radiosa* Ktz.

” ” ***cryptoecephala* Ktz.**

” ” *rhynchocephala* Ktz.

” ” ***cuspidata* Ktz.**

” ” *mesolepta* Ehr.

” ” *amphisbaena* Bory.

” ” ***ambigua* Ehr.**

” ” *atomus* Naeg.

Stauroneis Phoenicenteron Ehr.

- Gomphonema tenellum W. Sm.
" olivaceum Ktz., иногда олигосапроб.
" parvulum Ktz.
Rhoicoshenia curvata (Ktz.) Grun; иногда α -мезосапроб.
Nitzschia parvula W. Sm.
" communis Rabh.
" stagnorum Rabh.
" dissipata (Ktz.) Grun.
" acicularis (Rabh.) W. Sm.
Surirella ovalis Bréb. var. ovata Ktz. (S. ovata Ktz.).
" " var. minuta (Bréb.) V. H.
" " var. augusta (Kg.) V. H.

Conjugatae.

- Closterium acerosum Ehrb.**, также олигосапроб.
" parvulum Naeg.
" moniliferum Ehr., также олигосапроб.
" Leibleini Ktz.
Cosmarium botrytis Menegh.
Spirogyra crassa Ktz.
" porticalis (Vauch) Cleve.

Protococcales.

Carteria cordiformis Dill.

- Chlamydomonas Ehrenbergii Gorosch.)
" Brauni Gorosch.
" Reinhardi Dang.
" monadina St.
" Kuteinikowi Gorosch.)
" reticulata Gorosch.)
- } при высокой про-
дукции α -мезосапро-
бы.

Chlorogonium euchlorum Ehr., при высокой продукции может быть полисапробом.

- onium sociale (Dang.) Warm.**
" pectorale O. F. M.
Stichococcus bacillaris Naeg., см. группу α -мезосапробов.
Chlorococcum botryoides Rabh.

Pediastrum boguanum (Turp.) Meneg., особенно, когда наблюдаются многочисленные молодые экземпляры. Олигосапроб при одиночном нахождении. Одиночно встречается и в β -мезосапр. зоне.

Rhaphidium polymorphum var. aciculare (A. B.)—Rabh.

- Scenedesmus quadricauda (Turp.) Bréb.**
" acuminatus (Lagh.) Chodat.
" obliquus (Turp.) Ktz.
" bijugatus (Turp.) Ktz.
- } также олигосапробы.

Coelastrum sphaericum Naeg., также олигосапроб.

Selenastrum bibraianum Reinsch.

Dictyosphaerium pulchellum Wood.

" Ehrenbergianum Naeg.

Chlorosphaera limicola Beyrk.

Confervales.

Ulothrix subtilis (Ktz.), см. список олигосапробов.

Conferva bombycina (Ag.) Wille.

Microthamnion Kuetzingianum Naeg.

Oedogonium rivulare A. Br.

***Gladophora crispata* Ktz.**

***Vaucheria sessilis* (Vauch.) D. C.**

Florideae.

Hilderbrandia rivularis (Liebm.) Bréb.

Monocotyledoneae.

Elodea canadensis R. et M.

Lemna minor L.

„ *polyrhiza* L.

Dicotyledoneae.

***Ceratophyllum demersum* L.**

Животные.

Rhizopoda.

Amoeba brachiata Duj.

„ *verrucosa* Ehr.

„ (*Dactylosphaerium*) *radiosa* Ehr.

Pelomyxa paliustris Greif., при массовом развитии α -мезосапроб.

Cochliopodium bilmbosum Leidy.

„ *pellucidum* (Arch.) Hertw. et Less., также α -мезосапроб.

Arcella vulgaris Ehr., иногда α -мезосапроб.

Centropyxis aculeata (Ehr.) St.

Euglypha alveolata Duj. может быть также α -мезосапробом.

Platoom stercorem (Clienck).

Pamphagus mutabilis Bailey.

Heliozoa.

***Actinophrys sol* Ehr.**, при высокой продукции α -мезосапроб.

***Actinosphaerium eichhorni* (Ehr.)**, при высокой продукции α -мезосапроб.

Sphaerastrum fockei (Arch).

Clethrulina elegans Cleuk., иногда α -мезосапроб.

Flagellata.

Mastigamoeba aspera F. E. Sch.

„ *invertens* Kleb.

„ *limax* Moroff.

„ *polyvacuolata* Moroff.

Eucomonas socialis Moroff.

Sphaeroeca volvox Laut.

Bodo celer Klebs.

„ *rostratus* (Kent.) Klebs.

„ *uncinatus* (Kent.) Klebs.

„ *repens* Klebs.

Pleuromonas jaculans Perty.

Menoidium falcatum Zach.

Phialonema cyclostomum St. = *Urceolus cyclostomus* (St.) Mersch.

Anisonema acinus Duj.

Entosiphon sulcatum (Duj.) St.

Chilomonas paramaecium Ehr., ср. α -мезосапробную зону.

Ciliata.

- Urotricha lagenula (Ehr.).
Enchelys pupa Ehr.
" silesiaca Mez.
Prorodon faretus (Cl. et L.).
" platyodon Blochm.
Lagynus elegans (Ehg.), также олигосапроб.
Coleps hirtus Ehr., α -мезосапроб при высокой продукции.
Didinium nasutum St., иногда α -мезосапроб.
Disematostoma buetschlii Laut.
Lionotus auser (O. F. M.).
Loxophyllum armatum Cl. et L.
" (Lionotus) fasciola Cl. et L. } также α -мезосапробы.
" meleagris Duj. }
" lamella Cl. et L. }
Trachelophyllum lamella (O. F. M.).
" pusillum Clap.
Trachelius ovum Ehr.
Loxodes rostrum Ehr.
Nassula elegans Ehr.
" ornata Ehr.
Chilodon cucullulus Ehr., также α -мезосапроб.
Opisthodon niemoccensis St.
Phascolodon vorticella St.
Dysteropsis minuta Roux.
Frontonia acuminata (Ehr.) Cl. et L.
Chasmatostoma reniforme Eng.
Uronema griseolum (Mps.).
" marinum Duj.
Cinetochillum margaritaceum Perty, иногда также α -мезосапроб.
Paramaecium bursaria (Ehr.) Focke.
" aurelia (O. F. M.), также α -мезосапроб.
Urocentrum turbo Ehr.
Lembadion bullinum (O. F. M.) Perty.
Pleuronema chrysalis (Ehr.) St.
Balantiophorus minutus Schew. также олигосапроб.
Blepharisma lateritium (Ehr.) St.
Metopus sigmoides (O. F. M.) Cl. et L., отчасти α -мезосапроб.
" contortus Lev.
" pyriformis Lev.
Plagiopyla nasuta St.
Spirostomum teres Cl. et L.
" ambiguum Ehr., при значительном развитии α -мезосапроб.
Condylostoma vorticella Ehr., отчасти олигосапроб.
Bursaria truncatella O. F. M.
Tylacidium truncatum Schew.
Climacostomum virens St.
Stentor polymorphus Ehr., при высокой продукции α -мезосапроб единично встречается в олигосапробной зоне.
" igneus Ehr.
" niger Ehr.
Halteria grandinella (O. F. M.), гл. обр., встречается в этой зоне.
Tintinnidium fluviatile (St.), также олигосапроб.

Uroleptus musculus (Ehr.))
 " piscis Ehr.)
 Stylonychia mytilus Ehr.)
Euplotes pateila Ehr.)
 " charon Ehr.)
 Aspidisca costata St.)
 " lynceus Ehr.)
 Astylozoon fallax Eng.)
 Vorticella campanula Ehr.)
 " patellina Ehr.)
 " citrina Ehr.)
 Carchesium epistylis Cl.
 Zoothamnium arbuscula Ehr.
 Epistylis umbellaria Lachm.
Cothurnia crystallina Ehr.

отчасти также α -мезооапробы.

Suctoria.

Shaerophrya pusilla Cl. et L.
 Podophrya quadripartita Cl. et L.
 Acineta grandis Kent.

Spongiae.

Ephydatia muelleri (Lieb.) переходит также в соседние зоны.
 " fluviatilis (L.) переходит также в соседние зоны.
 Eyspongilla lacustris (L.) встречается и в соседних зонах. Зеле-
 ные ее разность может быть признана по-
 казателем значит. чистоты воды.
 Spongilla fragilis Leidy переходит также в соседние зоны.

Vermes.

Rhynchelmis limosella Hoff, большей частью единично; также в
 α -мезосапробном илу.
 Eiseniella tetraedra (Sav.).
 Criodrilus lacuum Hoff.
 Nephelis vulgaris Moq. Tand. переходит также в соседние зоны.
 При массовом развитии α -мезосапроб.
 Clepsine bioculata (Bergm.) } также олигосапробы.
 " sexoculata (Bergm.) }
 Nais elinguis Mull., иногда α -мезосапроб.
 Stylaria lacustris (L.).
 Haemopsis sanguisuga (Bergm.) = Aulostomum gulo Moq Tand.
 Polycelis nigra (Müll.) Ehr.
 Dendrocoelum lacteum Oerst.

Rotatoria et Gastrotricha.

Floscularia atrochoides Wierz.
 Atrochus tentaculatus Wierz.
 Melicerta ringens Schr.
 Conochilus unicornis Rouss., также олигосапроб.
 Philodina roseola Ehr., иногда α -мезосапроб.
 " megalotrocha Ehr., отчасти олигосапроб.
 Rotifer tardigradus Ehr.
 " vulgaris Sehr., ср. также список α -мезосапробов.
 " macrurus Ehr.
 Asplanchna priodonta Gosse. }
 Synchaeta tremula Ehr. } также олигосапробы.
 " pectinata Ehr. }

- Polyarthra platyptera* Ehr., также олигосапроб.
Triarthra longiseta var. *limnetica* (Zach.) в условиях русских водоемов встречается, главным образом, в олигосапробной зоне.
" *mystacina* Ehr.
Taphrocampa selenura Gosse.
Proales tigrida Gosse.
Furcularia forficula Ehr.
" *Reinhardtii* Ehr, иногда совместно с *Stentor coeruleus*.
Diaschiza gracilis Ehr., иногда α -мезосапроб.
" *gibba* Ehr., иногда α -мезосапроб.
" *tenuior* Gosse
Diglena catellina Ehr. }
" *forcipata* Ehr. } иногда α -мезосапробы.
Dinocharis pocillum Ehr. }
" *tetractis* Ehr. } иногда олигосапробы.
Scarinium longicaudum Ehr.
Stephanops longispinatus Tatn.
Mutilina macracantha Gosse.
" *mucronata* O. F. M., иногда α -мезосапроб.
Euchlanis triquetra Ehr.
Cathypna luna O. F. M,
Monostyla lunaris Ehr.
" *cornuta* Ehr.
Colurella deflexa Gosse.
" *uncinata* Ehr.
Metopidia oxysternum Cosse.
" *lepadella* Ehr.
Lepadella ovalis Ehr.
Pterodiua patina Müll., иногда α -мезосапроб.
Pompholix sulcata Gosse.
Neteus quadricornis Ehr.
" *militaris* Ehr., иногда α -мезосапроб.
***Brachionus pala* Ehr.** }
" " ***amphiceros* Pl.** } изредка α -мезосапробы.
" *ureolaris* Ehr.
" *rubens* Ehr.
" *bakeri* Ehr.
" ***angularis* Gosse**, также α -мезосапроб.
Anuraea aculeata Ehr. }
" *cochlearis* Gosse. } также олигосапробы.
" var. *tecta* Gosse.)
Notbolca striata Ehr.
" *acuminata* Ehr.
" *labis* Gosse.
Lepidoderma rhomboides Stock.
Dasydytes longisetosum Metschnikoff.
" *zelinkai* Laut
" *saltitans* Stok.
- Bryozoa.
Plumatella repens (L.).
" (*Alcyonella*) *fungosa* (Pall.).
- Mollusca.
Limnaea auricularia L. отличается своей стойкостью.

Limnaea auricularia f. *ampla* Hart.

” *ovata* Drap.

Valvata piscinalis Müll.

Vivipara coniecta Mili появляется в огромных количествах также на зловонном илу α -мезосапробной зоны.

Vivipara fasciata Müll

Bythinia tentaculata (L.) Gray, иногда также ниже впадения сточных вод в α -мезосапробной зоне.

Lithoglyphus naticoides Fér.

Neritina fluviatilis (L.).

Unio tumidus Retz.

Sphaerium (Cyelas) rivicola Lm. } также олигосапробы.

” *moenanum* Kob. }

Calyculina lacustris Müll.

Crustacea.

Asellus aquaticus (L.) Ol., ср. список α -мезосапробов.

Gammarus fluviatilis Rös., часто питается *Sphaerotilus*'ом.

Cyclops strenuus S. Fisch., также α -мезосапроб. }

” *leuckarti* Cl

” *brevicornis* Cl. (*C. viridis* Jur.), также с их стадиями развития, по-

” *fimbriatus* Fisch. } следние иногда

” *phaleratus* Koch. } α -мезосапробы.

Diaptomus castor Jur.

Canthocampus staphylinus (Jur.) большей частью встречается в этой зоне.

Cypridopsis vidua (O. F. M.).

Cypria ophthalmica Jur.

Caudona candida (Müll.).

Daphne pulex Degeer.

” *magna* Str. }

” *schaefferi* Baird. } иногда также α -мезосапробы.

” *longispina* O. F. M. }

Moina rectirostris (F. Leyd.).

Pleuroxus excisus Schöd.

Chydorus sphaericus (O. F. M.).

Hydrachnidae.

Hydrachna globosa (de Geer).

Limnesia maculata (Müll.) Brüz.

Arrhenurus bicuspidator Berl, также встречается с *Peranema* и *Euglena viridis*.

Tardigrada.

Macrobiotus macronyx Duj.

Thysanura.

Podura aquatica L., большей частью встречается в этой зоне.

Neuroptera.

Anabolia laevis Zett., личинки.

Molanna angustata Curtis, личинки.

Hydropsyche angustipennis Cur., личинки.

Oxyethira costalis Curtis, личинки.

Diptera.

Culex annulatus Fabr, личинки, невзыскательны.

- Simulium ornatum* Meig. } также α -мезосапробы.
" *reptans* L. }
Pisces (наиболее выносливые стоят впереди).
Misgurnus fossilis (L.).
Carassius carassius (L.).
Tinca tinca (L.).
Cyprinus carpio L.
Anguilla anguilla (L.), за исключением молодых стадий
Rhodeus sericeus (Pall.).
Gasterosteus aculeatus L.
Leucaspis delineatus (Haeck.).
Alburnus alburnus (L.).
Nemacheilus barbatulus (L.).

Amphibia.

- Rana esculenta* L. }
" *fusca* Rösel. } икра и головастики мало чувствительны.

IV. Олигосапробы.

Растения.

Schizomycetes.

- Chlamydothrix ochracea* (Ktz.) Mig. Не вполне надежен, как
показатель олигосапробной зоны.
Gallionella ferruginea Ehr., тоже.
Crenothrix polyspora Cohn.
Clonothrix fusca Reze.

Cyanophyceae.

- Dactylocopsis raphidioides* Han.
Chroococcus limneticus Lemm, при слабой продукции.
Coelosphaerium Kuetzingianum Naeg.
Gomphosphaeria lacustris Chod.
Microcystis incerta Lemm.
" *aeruginosa* (Ktz.) Henf. } также β -мезосапробы.
" *flos-aquae* Kirh. }
" *ichthyoblabe* Ktz. }
Merismopedia glauca (Ehr.) Naeg., также β -мезосапроб.
" *convoluta* Bréb.
Lyngbya bipunctata Lemm.
" *limnetica* Lemm.
Oscillatoria anguina Bory.
" *rubescens* D. C.
" *Agardhii* Gom, при массовом развитии β -мезосапроб.
Phormidium inundatum Ktz.
" *papyraceum* (Ag.) Gom.
" *tinctorium* Ktz.
Microcoleus subtorulosus (Bréb.) Gom.
Anabaena flos-aquae (Lyng.) Bréb.
" *spiroides* Kleb.
" *circinalis* Rab.
Tolypothrix lanata (Desv.) Wartm.
Glaucotrix gracillima Zopf.
Calothrix parietina (Naeg.) Thur.
Rivularia (*Gloeotricha*) *echinulata* Riebt.

Chrysomonadales.

- Chromulina Rosanoffii Woron., при низкой продукции.
Mallomonas acaroides Perty, большая часть встречается в этой
 зоне.
 " producta (Zach.) Iwan.
Synura uvella Ehr., β -мезосапроб при высокой продукции.
Uroglena volvox Ehr.
Dinobryon cylindricum Imh. } при слабой продукции.
 " sertularia Ehr. }

Euglenales.

- Euglena oblonga Sch.
 " geniculata (Duj.) Schm.
 " minima Francé.
 " sanguinea Ehr.
Phacus longicauda (Ehr.) Duj., при высокой продукции мезосапроб.
 " pleuronectes Nitzsch., также мезосапроб.
 " parvula Kleb.
 " pyrum (Ehr.) St.

Peridinales.

- Gymnodinium palustre Schill.
 " aeruginosum St.
Ceratium hirundinella O. F. M.
Peridinium minimum Schill.
 " pusillum (Pen.) Lemm.
 " quadridens St.
 " cinctum Ehr.
 " tabulatum Cl et L., при низкой продукции.
 " berolinense Lemm.
 " bipes St.
Gonyaulax apiculata (Pen.) Entz.

Bacillariales.

- Melosira ambigua O. F. M.
 " granulata (Ehr.) Ralf., при низкой продукции, иначе β -ме-
 зосапроб.
 " **italica** Ktz.
 " Binderiana Ktz.
 " **crenulata** Ktz.
 " " forma tenuis Ktz.
 " arenaria Moore.
Cyclotella Meneghiniana Ktz.
 " Kuetszingiana Thw.
 " comta (Ehr.) Ktz.
 " " var. bijuncta.
Rhizosolenia longiseta Zach.
Diatoma elongatum Ktz., при высокой продукции β -мезосапроб.
 " hiemale Heib., также β -мезосапроб.
Tabellaria flocculosa (Roth.) Ktz. } при слабом развитии.
 " fenestrata }
Meridion circulare Ag.
Fragilaria virescens Ralf.
 " construens (Ehr.) Grun.
 " mutabilis (W. Sm.) Grun.
 " capucina Desm.
 " crotonensis Kitt., иногда β -мезосапроб.

- Asterionella formosa* Hass, при высокой продукции β-мезосапроб
 var. *gracilissima* (Hann) Grun.
Synedra ["] *acus* Ktz, при высокой продукции β-мезосапроб.
 " ["] *delicatissima* W. Sm.
 " ["] *ulna* (Nitzsch.) Ehr. также β-мезосапроб.
Eunotia *arcus* (Ehr.) Rabh.
 " *major* Rabh.
 " *lunaris* Grun.
 " *pectinalis* Rabh. } также β-мезосапробы.
 " *triodon* Ehr. }
 " *diodon* Ehr.
Achnanthes exilis Ktz.
Navicula mesolepta Ehr.
 " *viridis* Ktz.
 " *major* Ktz.
 " *gibba* Ehr.
 " *dicephala* W. Sm.
 " *inflata* Ktz.
 " *iridis* Ehr.
 " *limosa* Ktz.
 " *gastrum* Ehr.
 " *hungarica* Grun.
 " *perpusilla* Grun.
 " *viridula* Ktz.
 " *Clausii* Gr.
Amphipleura pellucida Ktz., также β-мезосапроб.
Pleurosigma attenuatum (Ktz.) W. Sm.
 " *acuminatum* (Grun.) Ktz.
Gomphonema acuminatum Ehr.
 " *capitatum* Ehr.
 " *constrictum* Ehr.
 " *angustatum* Ktz.
Cymbella Ehrenbergii Ktz.
 " *cistula* (Hempr.) Kirchn.
 " *lanceolata* (Ehr.) Kirchn.
 " *prostratum* Ralf.
 " *ventricosum* Ktz.
Amphora ovalis Ktz.
Epithemia turgida (Ehr.) Ktz.
 " *sorex* Ktz.
 " *zebra* (Ehr.) Ktz.
Rhopalodia gibba (Ktz.) Müll.
Bacillaria paradoxa Gmell.
Nitzschia sigmoidea (Ehr.) W. Sm., также β-мезосапроб.
 " *linearis* (Ag.) W. Sm.
 " *vermicularis* (Ktz.) Grun.
 " *vitrea* Norm.
Cymatopleura elliptica (Bréb.) W. Sm.
 " *solea* (Bréb.) W. Sm., также β-мезосапроб.
Surirelia biseriata Bréb.
 " *splendida* Ktz., также β-мезосапроб.
Conjugatae.
Closterium lunula Ehr.
 " *dianae* Ehr.
 " *Ehrenbergii* Meneg.

- Closterium setaceum* Ehr.
" *areolatum* Wood.
Penium navicula Bréb.
Staurastrum tetracerum Ralf.
" *gracile* Ralf.
" *dejectum*.
Spigoryra irregularis Naeg.
" *nitida* (Dill.) Linck.
" *gracilis* Ktz.
Mougeotia genullexa (Dillw.) Ag.
" *parvula* Hass.
Zygnema stellinum (Vauch.) Ag., также β -мезосапроб.

Protococcales.

- Chlamydomonas angulosa* Dill.
" *intermedia* Chod.
" *longistigma* Dill.
" *pisiformis* Dill.
" *variabilis* Dang.
Gonium pectorale O. F. M., также β -мезосапроб.
Eudorina elegans Ehr.
Pleudorina illinoissensis Kofoid. }
Pandorina morum Bory. } при массовом раз-
Volvox globator L. } витии β -мезосапробы.
" *aureus* Ehr. }
Carteria ohtusa Dill.
Lobomonas Francei Danj.
Pteromonas alata (Cohn.) Seligo.
Phacotus lenticularis St.
Tetraspora gelatinosa (Vauch.) Desv.
" *explanata* Ag.
Dimorphococcus lunatus A. Br.
Rhaphidium polymorphum Ktz., при высокой продукции β -мезо-
сапроб.
Schroederia setigera Lemm., также β -мезосапроб.
Richteriella botryoides (Schm.) Lemm., при высокой продукции β -ме-
зосапроб.
Golenkinia radiata Chod.
Protococcus botryoides (Ktz.) Kirch.
Pediastrum duplex Meyen.
" *Kawraiskyi* Schm.
" *tetras* (Ehr.) Ralf.
" *rotula* (Ehr.) A. Br.
Actinastrum Hantzschii Lagerh., при высокой продукции β -мезо-
сапроб.
Coelastrum microporum Naeg.
" *reticulatum* (Dang.) Senn.
Sphaerocystis Schroeteri Chod.
Hydrodictyon utriculatum (L.) Lag., также β -мезосапроб.
Botryococcus Braunii Ktz., при слабой продукции.

Confervales:

- Ulothrix variabilis* Ktz.
" *subtilis* var. *variabilis* (Ktz.) Kirchn., см. список β -мезоса-
пробов.
" *zonata* (Web. et Mohr.) Ktz., гл. обр. встречается в этой зоне.

- Draparnaldia glomerata* (Vauch.) Ag.
" *plumosa* (Vaucb.) Ag.
Chaetophora elegans (Roth.) Ag.
Bulbochaete setigera Ag.
Coleochaete pulvinata A. Br.
Rhizoclonium hieroglyphicum (Ag.) Ktz.
Cladophora glomerata Ktz.
Conferva depauperata (Wille) Balach., также β -мезосапроб.
Binuclearia tatrana Wittr.

Florideae:

- Thorea ramosissima* Bory.
Lemanea fluviatilis Ag.
" *torulosa* (C. Ag.) Sirod.
Chantransia chalybea Fries., факультативно β -мезосапроб.
Batrachospermum moniliforme Both., гл. обр., встречается в этой зоне.

Bryophyta:

- Fontinalis antipyretica* L., факультативно β -мезосапроб.
Amblystegium riparum Schimp.

Pteridophyta:

- Salvinia natans* All.
Isoetes lacustris L.

Monocotyledoneae:

- Potamogeton pectinatus* L., также β -мезосапроб.
" *natans* L., заходит в β -мезосапробную и даже в α -мезосапробную зону.
" *crispus* L., также β -мезосапроб.
" *lucens* L.
" *perfoliatus* L. } иногда β -мезосапробы.
Lemna trisulca L., гл. обр. встречается в этой зоне.

Dicotyledoneae:

- Ranunculus confervoides* Fr.
" *divaricatus* Schrk.
Nuphar luteum Sm.
Nimphaea alba L.
Callitriche vernalis Ktz., гл. обр., встречается в этой зоне.
Животные.

Rhizopoda.

- Amoeba proteus* Leidy = *A. princeps* Ehr.
Diffugia globulosa Duj.
" *pyriformis* Perty. } иногда β -мезосапробы.
" *urceolata* Cart.
" *acuminata* Ehr.
" *corona* Wall., иногда β -мезосапроб.
" *hydrostatica* Zach.
" *linnetica* Lev.
Lecquereusia spiralis (Ehr.).
Euglipha globosa (Cart.).
Cyphoderia ampulla (Ehr.) Leidy.
Cyphidium aureolum Ehr.
Microgromia socialis Hert. et Less., также β -мезосапроб.

Heliozoa.

Rhaphidiophrys pallida F. E. Seh., также β -мезосапроб.
Acanthocystis turfacea Cart., иногда β -мезосапроб.

Elagellata.

Dimorpha alternans Klebs. }
Bicoeca lacustris J. Cl. } склонны к β -мезосапробному об-
" *oculata* Zach. } разу жизни.
Diplosiga frequentissima Zach. }

Ciliata.

Holophrya ovum Ehr., иногда также β -мезосапроб.
Rhabdostyla ovum Kent.
Lacrymaria olor Ehr.
Trachelius elephantinus Svec.
Dileptus trachelioides Zach.
Ophryoglena atra Lieb.
Frontonia acuminata (Ehr.) = *Ophryoglena acuminata et atra* Ehr.
Strombidium adhaerens Schew. = *Str. sulcatum* Cl. et L.
" *turbo* Cl. et L., иногда β -мезосапроб.
Codonella lacustris Entz., также β -мезосапроб.
Oxytricha ferruginea St.
Stylonychia pustulata Ehr., часто β -мезосапроб.
" *histrion* (O. F. M.).
Vorticella nebidifera Ehr.
Carchesium polypinum Ehr., также β -мезосапроб.
Ophrydium versatile Ehr.

Suctoria.

Staurophrya elegans Zach.

Hydroidea.

Cordylophora lacustris Allm., живет, гл. обр., в солоноватой воде.
Hydra vulgaris Pall. = *H. grisea* L.
" *oligactis* Pall. = *H. fusca* L., заходит также в β мезосапроб-
ную зону.
" *polypus* L.
" *viridis* L.

Vermes.

Haplotaxis gordioides (G. L. Hart.) = *Phreoglystes menkeanus* Hoffm.
Chaetogaster diaphanus (Gruith.), иногда β -мезосапроб.
Gordius aquationis Duj.
Polycelis cornuta O. Schm.
Planaria gonoccephala Dug.
Vortex pictus O. Schm., также β -мезосапроб.

Rotatoria et Gastrotricha.

Philodina aculeata Ehr., также β -мезосапроб.
Floscularia cornuta Dob.
Melicerta mehcerta Ehr.
Asplanchna brightwelli Gosse, также β -мезосапроб.
Ascomorpha ecaudis Perty, также β -мезосапроб.
Triarthra breviseta Gosse.
Rattulus capucinus Wierz. et Zach., также β -мезосапроб.
Diurella stylata Eyf.
Mytilina brevispina Ehr.

Euchlanis dilatata Ehr., также β -мезосапроб.
Pompholyx complanata Gosse.
Anuraeopsis hypelasma Gosse, также β -мезосапроб.
Notholca foliacea Ehr., также β -мезосапроб.
" **longispina** Kell.
" *scapha* Gosse.
Ploeosoma hudsoni Imh., также β -мезосапроб.
" *truncatum* Lev., также β -мезосапроб.
Gastropus stylifer Imhof., иногда также β -мезосапроб.
Anapus ovalis Bergen. } также β -мезосапроб.
" *testudo* Laut. }
Schizocerca diversicornis Dod. } также β -мезосапробы.
Pedalion mirum Huds. }
Ichthyidium podura O. F. M.
Chaetonotus maximus Ehr., также β -мезосапроб.
" *larus* O. F. M., иногда β -мезосапроб.

Bryozoa.

Criststella mucedo Cuv., часто β -мезосапроб.
Fredericella sultana (Blum.) Gerv.
Paludicella ehrenbergi van Ben.

Mollusca.

Limnaea stagnalis (L.) Lam.
" *palustris* Müll. } также β -мезосапробы.
" *peregra* Müll. }
Amphipeplea glutinosa Müll.
Physa fontinalis (L.) Drap. }
" *acuta* Drap. } также β -мезосапробы.
Aplexa hypnorum L. }
Planorbis corneus (L.) Pfeiff. }
" *marginatus* Drap.
" *carinatus* Müll.
Ancylus fluviatilis Müll. } также β -мезосапробы.
" *lacustris* L. }
Anodonta mutabilis Cless, также β -мезосапроб. Некоторые варианты очень выносливы.
Margaritana margaritifera L.
Unio pictorum L., часто вынослива.
" *batavus* Lam.
Pisidium amnicum Müll.
" *fossarinum* Cless.

Dreissensia polymorpha Pallas, особенно типична для этой зоны.

Crustacea.

Astacus fluviatilis Fabr. = *Potamobius astacus* L.
Gammarus pulex (L.) De Geer., также β -мезосапроб.
Niphargus putearus C. L. Koch.
Cyclops viridis Jur., также β -мезосапроб.
" *albidus* Jur.
" *serrulatus* Fischer, также β -мезосапроб.
" *bicuspidatus* Claus.
" *fuscus* Jur.
" *oithonoides* Sars.
Diaptomus gracilis Sars.
" *graciloides* Lill.
" *laciniatus* Lill.

Eurytemora velox (Lill.).

Canthocamptus minutus Claus.

Cipris virens (Jur.)

"} также β -мезосапробы.

" *incongruens* (Ramd.) }

" *fuscata* Jur также β -мезосапроб.

Sida cristallina (O. F. M.).

Diaphanosoma brachyurum (Liév.).

" *leuchtenbergianum* S. Fisch.

Holopedium gibberum Zadd.

Daphne longispina var. *hyalina* f. *typica* (Leyd.).

" " " " *galeata* Sars.

" " " *cucullata* Sars.

" " " f. *kahlbergiensis* Schoed.

Scapholeberis mucronata (O. F. M.).

Simocephalus vetulus (O. F. M.) Schoed., иногда заходит в

α - β -мезосапробную зону.

Ceriodaphnia reticulata (Jur.), также β -мезосапроб.

Bosmina longirostris (O. F. M.)

"} также β -мезосапробы.

" " *cornuta* Jur. }

" " *coregoni* Baird., также β -мезосапроб.

" " *gibbera* Schoed.

Acroperus harpae Baird.

Alona quadrangularis (Leyd.)

"} также β -мезосапробы.

" *guttata* Sars.

" *costata* Sars.

Bythotrephes longimanus Leyd.

Leptodora kindti (Focke).

Argyronotidae.

Argyroneta aquatica Cl.

Hydrachnidae.

Atax crassipes O. F. M.

Neumania spinipes Müll.

Curvipes nodatus Müll.

" *rufus* C. L. Koch.

Hygrobates nigro-maculatus Leb.

Limnochares hoiosericea Latr.

Orthoptera. Личинки.

Libellula depressa L.

Aeschna grandis L.

Calopteryx virgo L., также β -мезосапроб.

Agrion puella L.

Ephemera vulgata L.

Polymytarcis (*Paaiingenia*) *virgo* Ol.

Prosopistoma foliaceum Fourc.

Heptagenia (*Ecdyurus*) *fluminum* Pict.

Cloë diptera L., склонен к β -мезосапробному образу жизни.

Perla bicaudata L.

" *nubecula* Newm.

Taeniopteryx trifasciata Pict.

Nemura variegata Oliv.

Neuroptera.

Phryganea striata L., личинка.

Phryganea grandis L., личинка встречается также в β -мезосапробной зоне.

Brachycentrus subnubilis Curt., также β -мезосапроб.

Leptocerus annulicornis St.

Rhyacophila vulgaris Pict.

Hydroptila sparsa Curt.

Hemiptera.

Hydrometra lacustris L.

"} для оценки вод имеют мало значения.

" rufoscutellata Cuv.

Limnobates stargnorum Cuv.

Nepa cinerea L., довольно чувствительна к недостатку кислорода.

Ranatra linearis L., также β -мезосапроб.

Aphelocheirus aestivalis Fabr.

Corixa striata L., чувствительна к недостатку кислорода.

Notonecta glauca L., несколько менее чувствительна, чем предыдущая форма.

Diptera.

Corethra plumicornis Fabr., личинки очень выносливы.

Coleoptera.

Dytiscus marginalis L., личинки и жуки. Может, как и другие хищники, преследуя добычу переходить в мезосапробную зону.

Acilius suicatus L., личинки и жуки.

Colymbetes fuscus L., личинки и жуки.

Agabus bipustulatus L., личинки и жуки.

Gyrinus natator L., личинки и жуки; для оценки вод мало пригодны.

Hidrnphilus piceus L., личинки и жуки.

Pisces.

***Acipenser ruthenus* L.**, типичный олигосапроб.

***Salmo trutta motpha fario* L.**

Rutilus rutilus L.

"} временно мигрируют в β -мезосапробную зону.

***Phoxinus phoxinus* (L.)**, типичный олигосапроб.

Scardinius erythrophthalmus L.

Aspius aspius (L.)

"} временно мигрируют в β -мезосапробную зону.

Gobio gobio (L.)

Blicca björkna (L.)

Abramis brama (L.)

" sapa (Pall.)

" ballerus (L.)

Silurus glanis (L.)

Esox lucius L.

Lucioperca lucioperca (L.)

Perca fluviatilis L.

Pigotus pungitius L.

Lota lota (L.)

Acerina cernua L.

"} временно мигрируют в β -мезосапробную зону.

Amphibia.

Triton cristatus Laur.

" taeniatus Schneid.

ЛИТЕРАТУРА.

Список основных работ по теоретической и прикладной гидробиологии.

I. Руководство общего характера.

Alm, G.—Bodenfauna und Biologie d. Fische d. Yxtasees. Stockholm 1922.

Alsterberg, G.—Die Nahrungszirkulation einiger Binnensee typen.—Archiv f. Hydrobiol. Bd. XV. Stuttgart. 1924.

Бенниг, А. А.—К изучению придонной жизни р. Волги. Саратов. 1924.

Birge and Juday.—The Inland-Lakes of Wisconsin.—Wisconsin Geol. and Natural History Survey. Bull. n XXII. 1911.

Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus d. Limnologie u. ihren Nachbargebieten. Herausgegeben von Prof. Dr. A. Thienemann. Stuttgart. Die Binnengedässer Mitteleuropas. Das Leben im Fluss. Die Binnengewässer Russlands и др. Начал выходить из печати в 1926 г.

Худяков, Н. Н.—Сельско-хозяйственная микробиология. Москва. 1926.

Dahl, F.—Oekologische Tiergeographie. Teil I u. II. Jena. 1921, 1923.

Ekman, S.—Bodenfauna des Vättern Internationale Revue d. gesamt. Hydrobiologie u. Hydrographie. Bd. VII. 1915.

Forel, F. A.—Le Leman. 4 Bde. Lausanne, 1892—1904.

Франсе, Р.—Мир малых существ пресной воды. Москва, 1913.

Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas. Herausgegeben Dr. Demoll u. Dr. Maier. Das Wasser u. seine Bewohner. Die Fische. Systematik und Biologie и др. Stuttgart. Начал выходить из печати в 1924 г.

Hentschel, E.—Grundzüge der Hydrobiologie. Jena, 1923.

Геншель, Эр.—Жизнь пресных вод. Пер. с нем. Москва, 1914.

Гендерсон, Л. Ж.—Среда жизни. Москва. 1924.

Lampert, K.—Das Leben der Binnengewässer. 3. Auflage. Leipzig, 1925.

Ламперт, К. Жизнь пресных вод. Спб. 1900.

Липин, А. Н.—Пресные воды и их жизнь. Москва, 1926.

Lauterborn, R.—Die geographische und biologische Gliederung d. Reinstroms Sitzber. d. Heidelbg. Akad. Wiss. 1916—1918.

Oltmanns, F.—Morphologie u. Biologie der Algen. 2. Auflage. B-de I, II, u. III. Jena. 1922, 1923.

Омельянский, В. Л.—Основы микробиологии. 5-ое изд. Лгр. 1924.

Pütter, A.—Die Ernährung der Wassertiere und Stoffhaushalt der Gewässer. Jena, 1909.

Petersen, C. G. Joh.—Voluattion of the Sea. I Animal Lofe of the Sea-Botton its food and quantity, 1911. II. The Animal Communities of the Sea-Botton and their Importance for Marine Zoogeography, 1918. Rep. of the Danish. Biol. Stat. XX, XXI.

Рылов, В. М.—Жизнь пресных вод. Планктон. Лгр., 1924.

Schäperclaus, W.—Untersuchungen über den Stoffwechsel, insbesondere die Atmung niederer Wassertiere—Zeitschrift f. Fischerei. Bd. 23. 1925.

Seligo, A.—Tiere u. Pflanzen d. Seeplanktons. Stuttgart. 1908.

Steinmann, P.—Praktikum der Susswasserbiologie. 1. Die Organismen des fließenden Wassers. Berlin, 1915.

Steuer, A.—Planktonkunde. Leipzig u. Berlin, 1910.

Свиренко, В. О.—Микрофлора стоячих водоемов. Ч. 1, 2 и 3. Харьков, Екатеринослав, 1922.

Ward, H. B. And Whipple G. Ch.—Fresh—water Biologie, 1918.

Воронков, Н. В.—Планктон пресных вод. Москва, 1913.

II. Периодические издания.

Archiv für Hydrobiologie. Herausgegeben von Prof. Dr. A. Thienemann. Stuttgart. Выходит с 1906 г.

Известия Росийского Гидрологического Института. Выходит с 1921 г. Лгр.

Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie. Herausgeb. Prof. Dr. R. Woltereck. Leipzig. Выходит с 1908 г.

Русский Архив Протистологии. Выходит с 1922 г. Москва.

Русский Гидробиологический Журнал. Саратов. Выходит с 1921 г.

Verhandlungen der Internat. Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie.

auf d. 1. Mitgl. Versamm. 1922. Stuttgart, 1923.

” ” 2. ” ” 1923 ” 1924.

” ” 3. ” ” 1925 ” 1926.

Работы Волжской Биологической станции в Саратове. Выходят с 1900 г.

Работы Окской Биологической станции в г. Муроме, Влад. губ. Выходят с 1921 г.

Труды Ихтиологической Лаборатории в г. Астрахани. Выходят с 1908 г.

Труды Косинской Биологической станции (под Москвой). Выходят с 1913 г.

Труды Гидробиологической станции на Глубоком озере (под Москвой). Выходят с 1900 г.

Труды Днепровской Биологической станции в Киеве. Киев, 1914, 1915.

III. Методологические работы по санитарной гидробиологии.

Артари, А.—Руководящие принципы оценки воды по ее флоре. Москва, 1913.

Долгов, Г. И.—Изменения и дополнения к списку сапробных организмов Кольквитца и Марссона.—Русск. Гидроб. Журн., т. V. Саратов, 1926.

Helfer, H.—Geschichte d. biologischen Wasseranalyse.—Arch. f. Hydrob. Bd. XI. Stuttgart, 1917.

Hentschel, E.—Abwasserbiologie. Abderhaldens Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden. Wien—Berlin, 1923.

Kolkwitz, R.—Pflanzenphysiologie. 2. Auflage. Jena. 1922.

Kolkwitz, R., und Marsson, M.—Grundsätze f. die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora u. Fauna. Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsan. f. Wasserversorg. u. Abwässbeseit. Heft I. Berlin, 1902.

Kolkwitz, R. und Marsson, M.—Oekologie der pflanzlichen Saprobien. Berich. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. XXVI a. Heft 7. 1908.

Kolkwitz, R. und Marsson, M.—Oekologie der tierischen Saprobien.—Int. Revue d. ges. Hydrob. u. Hydragraph. Bd. 2. 1909.

Lauterborn, R.—Die sapropelisehe Lebewelt. Verh. nat.-hist. Ver. Heidelberg. XHI. 1916.

Lauterborn, R.—Die Verunreinigung unserer Gewässer und die Biologische Methode ihrer Untersuchung. Ludwigshafen, 1915.

Mez, C.—Mikroskopische Wasseranalyse. Berlin. 1908.

2-ой Отчет Комиссии по производству опытов биологической очистки сточных вод на полях орошения г. Москвы. Ряд статей Я. Я. Никитинского по вопросам биологического исследования воды. Москва, 1907 и 1909.

Отчет Комиссии по очистке сточных вод, состоящ. при Канализац. Отд. Моск. Гор. Упр. Статьи С. Н. Строгонова и В. А. Лазарева по методике контрольных исследований на полях орошения. Москва. 1913.

Thienemann, A. Wesen, Art und Grenzen d. biologischen Wasseranalyse. Zeit. f. Untersuch. d. Nahrungs. u. Genussmittel. Bd. 27, 1914.

Whipple, G. Ch.—The Microscopy of drinking water. New-York, 1914.

Wilhelmi, J.—Kompendium d. biolog. Beurteilung d. Wassers. Jena.

Вислоух, С. М.—К вопросу о применимости показательных организмов Кольквитца и Марссона в России. Журн. Микробиологии, т. III. Птр., 1916.

Вислоух, С. М.—Биологический анализ воды (из Златогоров. „Основы микробиологии“). Птр., 1916.

IV. Работы по исследованию водоемов в целях санитарно-гидробиологической их оценки.

Arbeiten aus d. Kaiserlichen Gesundheitsamte—Berlin. Ряд статей Marsson'a, Läuterborn'a.

Болохонцев, Е. Н.—Ботанико-биологическое исследование воды Ладожского озера.—Комиссия по изысканиям и исследованиям Ладож. озера и ключевых источников.—Ладожское озеро, как источник водоснабжения Петербурга. Спб, 1911.

Hentschel, E.—Biologische Untersuchungen über den tierischen und pflanzlichen Bewuchs im Hamburger Hafen. Mitt. aus dem Zool. Mus. Hamburg, 1916.

Hentschel, E.—Ergebnisse der biologischen Untersuchungen über die Verunreinigung der Elbe bei Hamburg, Mitteil. aus dem Zool. Museum. Hamburg, 1917.

Климова, С. Д. и Строгонов, С. Н.—Гидробиологические исследования в бассейне р. Пехорки.—Отчет Комиссии по очистке сточных вод Канализ. Отд. Моск. Ком. Хоз. Москва, 1922.

Лепнева, С. Г.—Биологическое исследование р. Которосли. Труды Ярослав. Вст. Истор. Об-ва. Том III. 1922.

Mitteilungen aus d. Landesanstalt für Wasserhygiene. Berlin. Выходит с 1902 г. Ряд методологических статей и исследований Кольквитца, Марссона и др. авторов.

Никитинский, Я.—Отчет по биологическому обследованию р. Москвы и ее больших притоков между г. Звенигородом и Рублевской Насосной Станцией.—Моск. Гор. Упр. Москва, 1912.

Никитинский, Я. Я.—Биологическое обследование р. Москвы на протяжении от д. Рублева до с. Коловец осенью 1907 г. 2-й Отчет Комиссии по производству опытов биолог. очистки сточн. вод на полях орошения г. Москвы. Отд. I, т. III. Моск. Гор. Упр. Москва, 1909.

Отчет Временного Комитета по изысканию мер к охране водоемов Московского Промышленного Района от загрязнения сточными водами и отбросами фабрик и заводов за 1913 г. Статьи по биологическим исследованиям р.р. Уводи, Вязьмы, Москвы, Тьмаки и очистных сооружений. Москва, 1914.

То же за 1914 г. Статьи по биол. исслед. р.р. Серой, Икши, Сетуни, Москвы и очистных сооружений. Москва, 1915 г.

То же за 1915 г. Биологические исследования рек Яузы, Клязьмы и очистных установок. Москва, 1917 г.

Richardson, R. E.—Changes in the Bottom and Shore Fauna of the Middle Illinois River.—Bull. of the St. of Illin. Dep. of Registr and Educ., Vol XIV, 1921.

Строгонов, Крапивин, Величкин, Лазарев, Климова—Отчет по химическим и биологическим исследованиям в бассейне р. Пехорки. Часть I.—Отчет Комиссии по очистке сточных вод при Канал. Отд. Моск. Гор. Упр. Кн. II, т. IV. Москва, 1913.

Строгонов, С. Н.—Планктонное исследование в применении к наблюдениям на р. Москве. Отчет Комиссии по очистке ст. вод сост. при Канализ. Отд. Моск. Гор. Упр. Кн. II, т. III и IV. Москва, 1913.

Сведения Земской Санитарно-Врачебной Организации Моск. губ. Сопещение по вопросам санитарной охраны рек, питающих Москворецкий водопровод. Москва 1914, 1915, 1916.—Работы В. А. Лазарева и В. И. Долгова. Биол. обслед. р.р. Истры, Студенец, Бешенки, Нудолы, Москвы и др.

Скориков, А. С.—Зоологические исследования Ладожской воды, как питьевой.—Комисс. по изыск. и исслед. Ладож. озера и ключев. источников.—Ладожское озеро, как источник водоснабжения г. С.-Петербурга. Спб. 1911.

Steinmann, P. und Surbeck, G.—Die Wirkung organischer Verunreinigung auf die Fauna schweizerischer Gewässer. Bern. 1918.

Труды Центрального Комитета Водоохранения. Материалы по исследованию сточных вод кожевенных заводов. Ч. I. Статья Я. Я. Никитинского. О влиянии сточных вод кожевенных заводов на водоемы. Москва, 1927 г.

Вислоух, С. М.—Краткий отчет о биологических исследованиях Невской губы.—Материалы по исслед. воды Невск. губы в санитарном отношении.—Изд. Гор. Исполн. Комиссии по сооруж. канализ. и переустройству водоснабж. г. Петербурга, 1913.

V. Методы гидробиологических исследований.

Abderhaldens Handbuch d. biologischen Arbeitsmethoden. Статьи: Thienemann'a, Naumann'a, Heitschel'я, Lundquist'a, Gams'a, Lohmann'a и др. 1923—1927. Berlin—Wien.

Apstein, C.—Das Süßwasserplankton. Methode und Resultate d. quantitat. Untersuchung. Kiel u. Leipzig, 1900.

Dahl, Fr.—Kurze Anleitung zum Wissenschaftlichen Sammeln und zum Konservieren von Tieren. Jena, 1914.

- Гринберг, Р.—О методике лова и количественного учета планктона. Отч. Врем. Ком-та по охране вод от загрязнения за 1914 г. Москва, 1915.
- Kolkwitz, R.—Plankton und Seston. Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. 30. 1912.
- Franz, V.—Konservierungsmethoden für Zoologische Präparate Methodische Sammeln von Tieren. Abderhaldens Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden. Lief 71. Berlin—Wien, 1922.
- Ласточкин, Д. А.—Стоячие водоемы. Озера и пруды. Руководство для школьн. экск. Иваново-Вознесенск, 1925 г.
- Lohmann, H.—Über d. Nannoplankton u. d. Zentrifugierung kleinster Wasserproben in d Gewinnung desselben in lebendem Zustande. Int. Revue f. ges. Hydrob., Bd. IV, 1911.
- Naumann, E.—See und Teich. Plankton und Neuston. Tiefe. Abderhaldens Handbuch d. biolog. Arbeitsmeth. Berlin und Wien, 1923.
- Огнев, С. П.—Форография живой природы. Москва—Ленинград, 1926.
- Pascher, A.—Versuche sur Methode d. Zentrifugierens bei Gewinnung d. Planktons. Int. Revue d'ges. Hydrob. 1922.
- Prowazek, S.—Микроскопическая техника исследования Protozoa. Москва. 1925.
- Рылов, В. М.—Краткое руководство к исследованию пресноводного планктона. Саратов, 1926.
- Steiner, G.—Untersuchungsverfahren und Hilfsmittel zur Erforschung der Lebewelt der Gewässer. Stuttgart, 1919.
- Ulbrich, Eb.—Präparations—Konservierungs- und Frischhaltugs methoden. Abderhaldens Handbuch d. biolog. Arbeitsmethoden. Berlin—Wien, 1924.
- Wilhelmi, J.—Plankton und Tripton.—Arch. f. Hydrob. Bd. 11. Stuttgart, 1916.

VI. Монографии и руководства к определению организмов водной флоры.

- Арнольди, В. М.—Введение в изучение низших организмов. Москва, 1925.
- Федченко и Флоров.—Водяные растения Средней России. Москва, 1900.
- Kolkwitz, Fahn und Minhen-Kryptogamen-Flora der Mark Brandenburg, Pi'ze. Leipzig, 1909.
- Lemmermann, E.—Algen I (Schizophyceen, Flagellaten, Peridineen) Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Bd. III. Leipzig, 1910.
- Meister, F.—Die Kieselalgen d. Schweiz. Bern. 1912.
- Pflanzenforschung. Herausgegeben von Prof. Dr. Kolkwitz. Jena. 1922—1927. Серия выпусков по отдельным группам растений.
- Die Süßwasserflora Deutschlands, Oesterreiches u. d. Schweiz. Herausgegeben von A. Pascher. Heft 1—16. Jena, 1913—1927.
- Сырейщков, Д. П.—Иллюстрированная флора Московской губ. Часть I, II, III, IV. Москва. 1907, 1910, 1914.
- Seikora, R.—Taschenbuch d. wichtigsten deutschen Wasserpflanzen. Neudam, 1914.
- Van Heurck.—Traité des Diatomées. Auvers. 1899.
- West (and Carter). A monograph of the British Desmidiaceae. Vol. I, II, III, IV, V. London, 1904, 1905, 1908, 1911, 1923.

VII. Монографии и руководства к определению организмов водной фауны.

- Ahn, G.—Monographie d. schwedischen Süßwasserstracoden Zool. Beitr. aus Uppsala Bd. IV.
- Blochmann, F.—Die mikroskopische Tierwelt d. Süßwassers. Hamburg, 1895.
- Bütschli, O.—Protozoen.—Bronns Klassen u. Ordnungen d. Tierreiches. 1880—1889.
- Geyer, D.—Unsere Land und Süßwassermollusken. Stuttgart, 1927.
- Harring, H. K.—Synopsis of the Rotatoria.—United St. Nat. Mus. Bull. 81, 1913.
- Hudson and Gosse.—The Rotifera or wheel animalcules. Vol. I, II, III. London, 1886.
- Жадин, В. П.—Наши пресноводные моллюски. Муром, 1926.
- Leidy, J.—Fresh-water Rhizopods of North America. United States Geological Survey of the Territories. Washington, 1879.
- Michaelsen, W.—Oligochaeta. „Das Tierreich.“ 10. Lfg. Berlin. 1900.
- Penard, M. E.—Etudes sur les Rhizopodes d'eau douce. Geneve, 1890.
- Рылов, В. М.—Свободно живущие веслоногие ракообразные.—Пресноводная фауна Европейской России. Москва, 1922.
- Schmeil, O.—Deutschlands freilebende Süßwasser Copepoden, Teil II u. III. Zoologica. Stuttgart, 1892, 1893, 1896.
- Die Süßwasserfauna Deutschlands. Herausgegeben v. A. Brauer. Hefts 1—19. Jena, 1909—1912.
- Stebbing, T. R.—Amphipoda. I. Gammaridea. Tierreich. 21. Lief. Berlin.
- Шевяков, В. Т.—Организация и систематика Infusoria Aspiroticha. Акад. Наук. Спб., 1896.
- Ульмер, Г.—Пресноводные насекомые. Пер. с нем. Москва. 1918.

ЧАСТЬ ПЯТАЯ

ГИДРОМЕТРИЯ.

(Простейшие методы определения расхода воды в потоке).

ВВЕДЕНИЕ.

В громадном большинстве случаев, при решении разного рода вопросов водно-санитарного дела совершенно неизбежным является знакомство с гидрометрическими свойствами изучаемых водоемов. Их знание является необходимым не только с санитарно-технической точки зрения в смысле достаточности водоема для устройства водопроводных или канализационных сооружений того или иного размера, но оно должно являться также и исходным моментом для оценки всех данных обследования водоема, каким бы методом оно не производилось. Само собой понятно, что необходимо более или менее точно знать запас воды в водоеме, на котором будет основываться устройство водоснабжения или определяться отношение между количеством воды в водоеме с количеством сточных вод, в него спускаемых, т.е. разведение, которое получают сточные воды, попав в водоем.

Не менее ясно также, что сделать правильные выводы из результатов химического, бактериологического и биологического исследования водоема можно только, имея точные сведения о водном режиме водоема в момент исследования. Совершенно очевидно, что данные, полученные в период паводка и в период засушливый, должны интерпретироваться совершенно различно.

Таким образом, гидрометрическое обследование водоема, хотя бы и краткое, ориентировочного характера, является совершенно необходимой базой для санитарной оценки водоема.

Это положение, к сожалению, до сих пор мало учитывается практикой, что нередко нацело обесценивает собранные данные.

Наибольшее значение при изучении водоема имеют следующие гидрометрические элементы.

1. Объем воды в стоячем водоеме.
2. Расход воды в текущем водоеме (река, ручей, водосток).
3. Распределение глубины в водоеме.
4. Типовые скорости течения (на перекатах и в плесах).

Определения.

1. Скоростью течения в какой-либо точке живого сечения потока, называется путь, проходимый элементарной частицей воды в единицу времени—1 сек.

2. Живым сечением потока называется площадь, занятая водой в поперечном сечении реки перпендикулярном направлению течения

3. Расходом потока называется об'ем воды, протекающий в единицу времени—1 сек. через данное живое сечение. Зависимость между приведенными величинами выражается так:

$$Q = VF,$$

где V — средняя скорость всего сечения

F — площадь живого сечения и

Q — расход.

Задача по определению расхода воды в данном месте потока сводится, следовательно, к определению двух величин:

1 — средней площади живого сечения и

2 — средней скорости для всего живого сечения.

Приборы.

Первая из них определяется непосредственными промерами глубин в избранном месте потока. Приборами для этой цели являются для неглубоких рек футшток или наметка—шест длиной до 8 м. с нанесенными на нем делениями, и для глубоких водоемов—лот. Во избежание получения ошибочных данных при работе футштоком, вследствие погружения его в грунт дна водоема, нижняя часть футштока снабжена бабшмаком. Особенно важно это в случаях рек с илистым дном. При глубинах больших 6—8 м., или наличии больших скоростей, применение футштока становится затруднительным; в таких случаях рекомендуется применять лот—груз, подвешенный на просмоленной веревке, цепи или тросе, снабженных соответственными делениями. Вторая величина формулы расхода—средняя скорость потока, непосредственно определена быть не может. Она выводится арифметическим путем, в зависимости от тех скоростей, кои могут быть измерены непосредственно в потоке.

В практике обычно определяются скорости течения потока в данном живом сечении или только на поверхности его, в одном или нескольких пунктах, или на глубине в различных пунктах по ширине или глубине, или и то и другое вместе, и по полученным скоростям определяется уже средняя скорость данного живого сечения.

Для определения скорости в определенном пункте живого сечения существует много различных приборов, работающих на разных принципах: 1) поплавки—работают в допущении, что они двигаются по поверхности потока со скоростью равной скорости самой воды; 2) динамометры—измеряют давление двигающейся воды в потоке; 3) вертушки—вращение их лопастей пропорциональны действительной скорости потока; 4) батометры—учитывают скорость по об'ему проходящей в них воды.

I. Определение расхода воды поплавками.

Там, где не требуется особой точности в определении расхода потока, наиболее удобным по доступности способом, является способ определения поплавками. В качестве поплавков употребляют, чаще всего, деревянные кружки или любой небольшой предмет, плавающий на поверхности.

Очень удобны для этой цели также бутылки, загруженные настолько, что на поверхности видна только головка. Такой поплавок, в отличие от деревянного кружка, мало чувствителен к ветру, что имеет весьма существенное значение. Загрузка бутылки производится или песком или водой и сверху закрывается пробкой.

В целях наиболее удачного разрешения задачи по определению скоростей в потоке поплавками, особенно важным является выбор места, где это измерение производится. Избираемый участок должен удовлетворять следующим требованиям.

1. Участок должен быть по возможности прямолинейным с правильным однообразным руслом. Живое сечение должно быть неизменно на протяжении не меньше двойной-тройной ширины реки при средних реках. В таком случае продольные скорости потока равномерны.

2. На участке не должно быть мелей и перекатов, а также он не должен находиться в подпоре, создаваемом искусственными сооружениями, мостами, плотинами и т. д.

3. Следует избегать выбора участка в очень широких и длинных открытых для ветра местах.

Кроме того, если поток узкий и мелкий и обладает большими скоростями, необходимо участок для определения скоростей выбирать в тех местах, где поток расширяется и становится глубже. Если скорости в потоке вообще незначительны, поток широк и глубокий, то участок следует выбирать в суженных местах. Для проверки удачного выбора участка пускают пробные поплавки и определяют время прохождения ими двух равных частей, выбранного участка. Оно должно быть одинаково. Расхождение допускается не свыше 10%.

После выбора участка, удовлетворяющего основным требованиям, приступают к определению величин, входящих в формулу расхода. Тот или иной метод определения применяется в зависимости от желаемой степени точности результата и фактической возможности.

а) Упрощенный способ. Если в силу каких-либо причин, провести работу точным способом не представляется возможным, или результат может быть допущен с пониженной точностью, то применяется один из двух упрощенных приемов:

1—определение расхода по трем измеренным поверхностным скоростям и

2—определение расхода по измеренной наибольшей поверхностной скорости.

Разбивка отвор. Площадь живого сечения и в том и в другом случае определяется одинаково. На выбранном участке разбивается два сечения перпендикулярных направлению течения потока, называемых створами.

Створы отмечают вешками, поставленными на обоих берегах потока. Расстояние между ними может быть измерено непосредственно мерной лентой по берегам. Для малых рек оно достаточно 25—30 м., а для больших может быть доведено до 80—100 м. Вообще же расстояние между створами определяется в зависимости от требуемой точности результата.

б) Точный способ. Там, где расход должен быть определен с большой точностью, в выбранном сечении разбивается три створа: 1—верхний, 2—средний и 3—нижний. Иногда делается и 4-ый пусковой створ в 5—20 м. выше верхнего (чем больше скорость, тем меньше это расстояние). Это делается для того, чтобы пущенные поплавки к моменту подхода к верхнему створу приобрели уже скорость равную скорости потока. Расстояние между крайними, 1-м и 3-м створами, берется или таким же, как в первом случае, или определяется по формуле

$$S = \frac{V^2 \cdot dt}{dV}$$

где S — расстояние между створами, dV — допускаемая в данном случае ошибка в определении скоростей и dt — сумма ошибок в отсчете времени. Например, скорость желательнее измерить с точностью до 1%, отсчет времени производится по часам, суммарная ошибка может быть в 1 сек., тогда

$$S = 100 V \text{ или } S = 100 t$$

т.е. расстояние между створами должна быть таково, чтобы поплавок проходил его не меньше чем в 100 сек. С понижением требуемой точности определения V и повышением точности определения времени — t , S уменьшается.

Промеры глубин Для получения точного представления о площади живого сечения потока, необходимо сделать промеры глубины по установленным створам. Число таких промерных вертикалей зависит от ширины и характера русла реки. Если русло неправильное, то вертикалей должно быть больше, чтобы точнее уловить конфигурацию его, и меньше при правильном русле. Получение точной величины площади сечения весьма существенно, т. к. она в формулу определения расхода входит множителем.

В случае определения приближенной величины расхода достаточно трех промеров (если, разумеется, участок для определения расхода выбран надлежащим образом). Промеры делаются в самом глубоком месте и ближе к берегам. Для удобства определения расстояния между вертикалями через русло реки в месте створа натягивается, при нешироких реках, тросе или просмоленная веревка и иногда проволока, с отмеченными на них тем или иным путем делениями. Если нельзя сделать этого на всех трех створах, в олучае точного определения расхода, то желательнее хотя бы на главном (среднем). При работах на широких руслах расстояния между вертикалями, а также и ширину реки приходится определять или весьма приближенно, по определенной на месте скорости передвижения лодки и затраченному на это времени, или точно угломерным инструментом.

Во втором случае — точного определения расхода, число промерных вертикалей берется значительно больше.

Существующие нормы расстояний между вертикалями сводятся к следующему:

Ширина реки	Расстояние между вертикалями
до 5 м.	0,5 м.
от 6 до 10 м.	1 м.
от 10 до 40 м.	2 м.
от 40 до 100 м.	4 м.
свыше 100 м.	10—20 м.

Расстояние между вертикалями удобнее для дальнейшей работы брать одинаковым, что возможно только при правильных руслах. но в целях точности результата, они должны быть расположены в точках перегиба линии дна. Промеры на каждой вертикали делаются не менее двух раз. За истинную величину принимается средняя величина

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2},$$

где h_1 и h_2 — глубины вертикалей по 1-му и 2-му промерам.

Вычисление площади. Полученные таким образом данные дают возможность вычислить площадь поперечного сечения реки. Вычисление производится или аналитически, когда конечные точки вертикалей соединяются на чертеже прямыми линиями, или графически, когда конечные точки соединены плавной кривой, что дает более точный результат. В первом случае все сечение разбито на ряд трапеций и у берегов—треугольников. Суммируя площади отдельных трапеций и треугольников, получаем полную площадь живого сечения. Во втором случае площадь живого сечения определяется специальным измерителем планиметром.

Определение скорости. Определение второй величины формулы расхода— V —производится, как упоминалось, через посредство (в нашем случае измерение скоростей поплавками) поверхностных скоростей. Определение последних производится следующим образом. В первом случае определения скоростей в 3-х пунктах по ширине реки пускаются поплавки ближе к правому и левому берегам и по средние русла. Отмечается по секундомеру время прохождения поплавками межстворного расстояния и скорость определяется по формуле

$$V = \frac{S}{t}$$

где S —расстояние между створами, а t —время прохождения в секундах. Затем из полученных трех скоростей—у берегов и по середине, определяется средняя поверхностная скорость. В виду того, что в потоке скорости не распределяются равномерно, а наблюдается довольно пестрая картина скоростей, с наибольшей скоростью ближе к поверхности и стрежню реки и замедленными у дна и берегов, полученная средняя поверхностная скорость будет преувеличена. Для того чтобы привести ее к величине, равной средней скорости всего живого сечения потока, вводится поправочный коэффициент „ K “ равный обычно 0,84—0,85, и для больших рек 0,90, тогда действительный расход $Q = KVF$.

Величина коэффициента K колеблется в широких пределах и к выбору ее следует подходить весьма осторожно. По империческим формулам разных авторов величина эта определяется от 0,67 (по Вагнеру) до 0,63 (по Ламейеру). Некоторые авторы связывают этот коэффициент с глубиной вертикали H . По Хагену:

$$K = \frac{1 + 0,3907 \sqrt{H}}{1 + 0,5860 \sqrt{H}}, \text{ для малых и средних рек и } K = 1 - 0,85 \sqrt{H}$$

для больших рек.

Более точные результаты дают формулы, учитывающие кроме глубины и уклон поверхности воды, как, напр., формула, предложенная проф. Глушковым, где $K = 1 - \frac{4,56 \sqrt{H_i}}{V_{\text{п}}}$. у, где H —глубина вертикали i —поверхностный уклон реки, $V_{\text{п}}$ —поверхностная скорость, определенная поплавками и u —коэффициент, зависящий от глубины нахождения наибольшей скорости; в нашем случае u —равно единице. Эта формула дает наиболее близкий к действительности результат.

Во втором случае определения расхода по наибольшей поверхностной скорости—измеряется только наибольшая поверхностная скорость данного участка.

Работа производится так. В разных местах стрежня реки бросаются один за другим поплавки общим числом 10—15 штук (можно работать и с одним поплавком, повторяя аналогичное число раз). Из всех пущенных поплавков выбирают 2 с наименьшей продолжительностью прохода между створами и по их полусумме определяют наибольшую поверхностную скорость. Расходимость между продолжительностями хода выбранных поплавков не должна превышать их полусумму больше чем на 10%.

Для перехода от полученной наибольшей поверхностной скорости к средней для всего данного живого сечения применяется коэффициент „K'“. Величина его для рек шириною до 20 м. и глубиной до 1 м., колеблется от 0,43 до 0,67.

Расход вычисляется, как и в предыдущем случае, т.е.

$$Q = K' VF$$

Для уточнения результата величина поправочного коэффициент K' вычисляется по имперической формуле Прони $K' = \frac{V_0 + 2,354}{V_0 + 3,129}$, где V_0 — наибольшая поверхностная скорость в метрах. Ниже приведена таблица значения K' в зависимости от наибольшей поверхностной скорости

V_0 — наиб. поверхн. скор.	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
K'	0,764	0,778	0,791	0,802	0,812

Невошедшие сюда промежуточные величины наибольших поверхностных скоростей, определяются интерполяцией. Ниже приведены величины K' в зависимости от средней глубины потока

$h_c = \frac{F}{b}$, где b — ширина потока в месте створа и F — площадь жи-

вого сечения; и в зависимости от гидравлического радиуса $R = \frac{F}{P}$, где P — смоченный периметр сечения. Для узких и глубоких русел надо вычислять R , а для мелких широких русел достаточно брать h_c . т. к. величина h_c очень мало отличается в таких случаях от R .

h_c	K'	h_c	K'	R	K'	R	K'
0,05	0,576	0,30	0,750	0,10	0,879	0,60	0,894
0,10	0,651	0,35	0,759	0,20	0,886	0,70	0,894
0,15	0,692	0,40	0,767	0,30	0,890	0,80	0,894
0,20	0,716	0,50	0,783	0,40	0,890	0,90	0,895
0,25	0,736	—	—	0,50	0,893	1,00	0,895

Примечание. h_c — выражено в саженях. R — выражено в метрах.

Если по местным условиям нельзя было найти участок реки, удовлетворяющий основным требованиям в смысле постоянства сечения

русла то необходимо делать безусловно 3 сечения; формула расхода примет тогда вид:

$$Q = V \left(\frac{F_1 + 2F_2 + F_3}{4} \right),$$

где Q —действительный расход потока,—полученная тем или иным путем средняя скорость для всего живого сечения потока, а F_1 , F_2 и F_3 —площади живых сечений верхнего, среднего и нижнего створов.

б) Точный способ определения скорости. В том случае, когда помощью поплавков желают получить результат, удовлетворяющий повышенным требованиям точности, измерения поверхностных скоростей делают уже не в трех точках по ширине реки, а в значительно большем количестве. Разбивка створов, измерение глубин и вычисление площадей делаются по указанным ранее способам, а измерение скоростей производится так.

У пускового створа бросаются на поверхность воды, того или иного рода, занумерованные поплавки. Если ширина реки небольшая, то пуск поплавков производится с берега, в противном случае—с лодки. Расстояние между пускаемыми поплавками зависит от требуемой степени точности конечного результата. По ширине реки желательно распределять их равномерно, увеличивая несколько число поплавков в местах самого быстрого течения и у берегов. Моменты прохода каждого поплавка через разбитые створы точно отмечаются секундомером, также отмечаются и расстояния от берега, где отдельные поплавки проходят створ. Это делается или по натянутому троссу в главном сечении и на глаз в верхнем и нижнем (если тросс не натягивается), или каким-либо угломерным инструментом помощью засечек. Если некоторые поплавки в пути, в силу каких-либо причин, задержались, то в дальнейшем вычисление они уже не включаются.

Пущенные с одного и того же пункта пускового створа повторные поплавки, пересекают створ не в одном месте, т. к. струи потока не параллельны. В силу этого все точки пересечения поплавками створов, близко расположенные друг к другу, необходимо соединять в отдельные группы. Продолжительность хода отдельных групп пущенных поплавков не должна отличаться от средней для данного интервала больше чем на 10%. В противном случае следует просмотреть среднюю продолжительность хода для соседних групп и иногда оканчивается возможным отнести ее к одной из этих групп или выделить в промежуточную группу. Затем определяют среднее арифметическое расстояние из всех расстояний от берега для каждой группы. Полученные точки являются местами нахождения так называемых скоростных вертикалей. Последние, как и промерные вертикали, делят живое сечение на ряд трапеций и треугольников. Средняя поверхностная скорость для данной группы определяется в результате деления расстояния между крайними отворами на среднюю арифметическую продолжительность хода для этой группы.

$$V = \frac{Ln}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

где L —расстояние между крайними створами, t_1, t_2, \dots, t_n —продолжительность прохода отдельными поплавками этого расстояния и n —число поплавков данной группы. Эта скорость приурочивается к соответствующей вертикали среднего сечения.

Определение расхода. Так как скоростные вертикали чаще всего не совпадают с промерными, а лежат между ними, то глу-

бина их определяется по интерполяции от соседних промерных вертикалей. Вычисление расхода дальше ведется двумя способами.

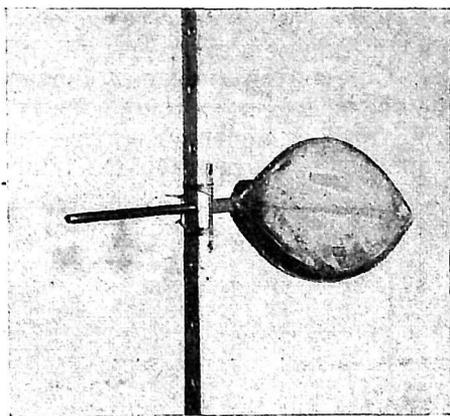
Первый способ, при сравнительно небольших усложнениях в вычислении дает результат ближе к действительному. Сводится он к следующему. По полученным поверхностным скоростям, на каждой скоростной вертикали вычисляется средняя для данной вертикали скорость, путем введения поправочного коэффициента K ¹⁾. Полусумма средних скоростей двух смежных вертикалей умножается на площадь живого сечения, заключенную между этими вертикалями. В результате получают так называемые частичные расходы, сумма их дает искомый действительный расход.

Второй способ заключается в том, что по полученным поверхностным скоростям определяются фиктивные—преувеличенные—частичные расходы между смежными вертикалями и результат—полный фактивный расход—умножается на переходный коэффициент K , равный обычно 0,90.

Приведенный способ дает менее точный результат, чем первый.

II. Определение расхода воды батометром тахиметром.

Для точного выяснения картины распределения скоростей в данном живом сечении потока в целях определения средней скорости в потоке и вычисления расхода, служит, помимо приведенных выше приспособлений, целый ряд инструментов, дающих ту или иную точность результата. Наиболее портативным, дешевым и в то же время точным, особенно при малых скоростях в потоке является батометр-тахиметр проф. Глушкова. Он представляет собою резиновую камеру (камеру футбольного мяча), снабженную металлической трубкой (см. рис.). Через эту трубку, в погруженный в воду батометр, поступает вода. По количеству воды, измеренному непосредственно после выемки батометра мерным цилиндром и времени наполнения (время отсчитывается по секундомеру) определяется количество проходящей в батометр воды в одну секунду, а на основании этой величины, уже по тарировочной кривой, отыскивается соответственная этому скорости движения воды в данном пункте течения. (Тарировка производится заранее в специальных бассейнах лабораторией или соответственным учреждением при различных скоростях, а к прибору прилагается упомянутая кривая, как результат тарировки). Чаще всего делается к одному резиновому баллону две трубочки разных диаметров ($d = 6$ мм. $d = 4$ мм.) Меньшим диаметром работают при наличии больших скоростей в потоке и обратно. Порядок работ остается тем же, что и при



Батометр — тахиметр.

¹⁾ См. определение K .

поплавках. Сначала выбирается участок, затем разбивают только одностворное сечение и производят по этому сечению промер глубин, согласно указанных правил. Так как от числа произведенных измерений скорости зависит точность конечного результата, то число скоростных вертикалей желательнее иметь возможно большим. Обычно оно зависит от ширины реки, но с тем расчетом, чтобы все измерения скоростей прозвести в один день. При грубых определениях, как минимальное число, можно брать три вертикали—стрезень и ближе к берегам.

Число произведенных на каждой вертикали измерений зависит, как и число вертикалей от степени требуемой точности результата.

Иногда для ускорения работы, в ущерб точности результата, измерение скоростей производится в одном пункте вертикалей. Таким пунктом является точка, расположенная на глубине 0,6 Н от поверхности.

Полученная в этом пункте скорость по величине очень близко подходит к величине средней скорости по всей вертикали.

Последнее обстоятельство весьма ценно для практиков, как требующее минимум времени для своего выполнения и дающее весьма близкий к действительности результат.

Определение расхода ведется обычно. Вычисляются площади трапеций, заключенных между соседними скоростными вертикалями и площади треугольников между крайними вертикалями и берегами. Полученные величины умножаются на среднюю арифметическую величину измеренных средних скоростей этих вертикалей. В результате получаются частичные расходы, дающие в сумме действительный расход потока в данном сечении.

Если величина расхода определяется с большей точностью чем в приведенном выше случае, то работа по определению всех элементов расхода соответственно уточняется. Увеличивается прежде всего число скоростных вертикалей в живом сечении русла. Для этого существует ниже следующая зависимость между числом скоростных вертикалей (N) и шириной реки L.

Ширина реки L	N	L	N	L	N
до 2 м	4	20—60	10	150—250	10
от 2 до 10	5	60—100	10	250—600	12
от 10 до 20	8	100—150	10	свыше	15

При правильном профиле сечения реки скоростные вертикали распределяются равномерно по ширине реки, но лучше располагать несколько чаще у берегов и у стрезня.

Кроме того увеличивается число точек измерения скоростей по вертикалям, соответственно этому возрастает и точность конечного результата. В практике обычно встречаются три случая, дающие три степени точности. Чаще всего встречается определения скорости в трех пунктах вертикали, располагающиеся так: 0,8 Н от поверхности, 0,6 Н и 0,2 Н, и значительно реже измерения производятся для требований с повышенной точностью в пяти пунктах: у дна, 0,8 Н, 0,6

III. Определение расхода воды гидрометрическим шестом.

Кроме указанного способа определения непосредственно средней скорости по вертикали на 0,6 Н помощью батометра или вертушек, существует для этой цели еще целый ряд приспособлений. Главный из них гидрометрический шест и поплавков-интегратор. Глубинные и двойные поплавки, как дающие менее точные результаты, употребляются редко. Гидрометрический шест представляет собой деревянный шест с грузом на конце или полую железную трубку загруженную к концу. Работа им производится с соблюдением общих правил выбора места, разбивки створов и т. д.

В намеченном пункте шест опускается в воду на глубину 0,9 глубины русла. Последнее достигается регулированием груза, а наблюдение ведется по надводной части, головке шеста. Время прохождения шестом створ отмечается секундомером. По времени и пройденному расстоянию вычисляется скорость движения шеста, которая является несколько увеличенной против действительной средней скорости потока. Для перехода к последней в полученный результат вводится поправка по формуле Френсиса

$$K = 1,000 - 0,116 \sqrt{1 - \frac{1}{N} - 0,01}$$

где Н — глубина воды, l — длина шеста находящаяся в воде.

K — наблюдаемая скорость.

IV. Определение расхода воды поплавком-интегратором.

Поплавков-интегратор представляет собою небольшое шаровидное тело удельного веса меньше воды. Если такое тело опустить на дно потока, то оно будет стремиться подняться на поверхность вертикально, но существующие в потоке скорости несут его вниз по течению на некоторую величину. Эта величина и характеризует собою среднюю скорость потока.

Работа производится в условиях аналогичным всем предыдущим. В намеченном месте на плав кладется рейка, каким либо способом поплавок погружается на дно, с тем условием, что он может по желанию опускаться или удерживаться на дне. Момент пуска его отмечается по секундомеру. Также отмечается и время всплытия его на поверхность и величина сноса. Последняя определяется по лежащей на поверхности рейке.

Дальнейшая работа по вычислению расхода ведется обычным способом. Поплавков-интегратор дает результаты менее точные чем гидрометрический шест, благодаря трудности отсчета величины сноса и времени всплытия поплавка, т. к. последнее выражается, в виду небольших глубин рек, в десятых долях секунды.

V. Определение расхода воды непосредственным обмером.

Указанные выше методы определения расходов применимы исключительно для больших рек. В тех же случаях, когда необходимо определять расход небольших ручьев, канав, ключей и т. д., сutoчный

расход которых не превышает 300 куб. метров (3,5 литра в сек.); наиболее удобным способом является способ непосредственного обмера помощью какого либо сосуда, чаще всего ведра. Протекающая струя воды в ручье, канаве и т. д. перехватывается помощью запруды (земляной, деревянной или какой либо другой) и отводится лотком к мерному сосуду. Секундомером отмечается время наполнения его, а об'ем или измеряется заранее или, если берется нормальное ведро, принимается 12,3 литра. По времени наполнения и об'ему сосуда вычисляется расход данного потока:

$$Q = \frac{q}{t}$$

где Q расход (искомый) потока в секунду, q — об'ем мерного сосуда и t — время наполнения его в секундах. При этом необходимо отметить, что измерение следует начинать только после того, как выше запруды установится постоянная высота горизонта воды. Точность приведенного способа определения расхода воды может быть доведена по желанию до весьма высокой степени, путем увеличения об'ема мерного сосуда, а следовательно и продолжительности его наполнения, что очень важно, т. к. главная ошибка является следствием неточного отсчета времени.

Для любой желаемой степени точности определения Q , об'ем мерного сосуда вычисляется по формуле.

$$q = \frac{Q^2 dt}{pQ},$$

где dt — суммарная ошибка отсчета времени (неправильная отметка моментов начала и конца наполнения, неточность в отсчете по секундомеру или часам, а также и ошибка в определении об'ема q), обычно dt — принимается равным 1 сек.; dQ — допускаемая степень точности в %%. Пример: желательно определить расход канавы с точностью до 1-го %, тогда об'ем мерного сосуда должен быть равным:

$$q = \frac{Q^2 \cdot 1}{0,01 Q} = 100Q$$

т.е. сосуд должен быть такого об'ема, чтобы он наполнялся не менее чем в 100 сек. На практике применяется и другой метод достижения точности при неимении большого мерного сосуда путем повторности измерений имеющимся малым сосудом и из полученных результатов берется среднее значение.

Кроме указанного простого приспособления для непосредственного измерения расходов малых потоков существуют и специальные более сложные дающие возможность вычислить расход на основании гидравлических формул. Сюда относятся водяные дюймы, гидрометрическое ведро и другие, применяющиеся в зависимости от местных условий.

VI. Определение расхода воды помощью водослива.

Определение расхода помощью водослива. Если величина расхода ручья больше приведенной выше, то применение мерного сосуда или водяного дюйма становится затруднительным. В таких случаях прибегают к устройству так называемых водосливов, т.е. заставляют всю воду потока проходить под некоторым на-

пором через точно определяемые отверстия в установленный поперек сечения ручья вертикальной стенке. Видов водосливов много. В практике стремятся пользоваться двумя видами: 1-ый—прямоугольным водосливом с боковым сжатием струи, когда ширина отверстия стенки (b) меньше ширины русла потока B , или 2-ой—прямоугольным водосливом без бокового сжатия, когда ширина порога водослива равна ширине потока.

И в первом и во втором случае гребень порога должен быть заостренным, горизонтальным и находиться выше уровня воды ниже лежащей части потока, не менее 15 см. При напорах 3—6 см. высота порога над дном канала должна быть $4h - 5h$. В случае бокового сжатия должны быть заострены и боковые стенки. Кроме указанного при постройке водосливов необходимо соблюдать следующие условия. Запруда должна быть вертикальной стенкой расположенной перпендикулярно направлению течения и настолько плотной, чтобы совершенно устранить просачивание воды помимо водосливного отверстия. Пространство между нижней (несмоченной) стороной стенки и вытекающей струей должно свободно сообщаться с атмосферой, чтобы устранить образование воздушного мешка.

При одинаковых общих условиях точность результата выше у водосливов без бокового сжатия, а потому к нему всегда следует стремиться.

Секундный расход через водослив определяется по формуле

$$Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh} = \frac{2}{3} \mu b h^{3/2} \sqrt{2g},$$

где b —ширина порога водослива (она делается с таким расчетом, чтобы напор h был по возможности равным не менее 10-ти сант.), h —свободный напор, равный высоте слоя воды над порогом водослива (измерение h производится на расстоянии 2 метра от порога, где еще не происходит понижения поверхности уровня), g —ускорение силы тяжести равное 9,81 метра в сек., μ —опытный коэффициент зависящий от ширины порога, толщины стенок водослива и т. д. колеблющийся от 0,60 до 0,75. Обычно μ принимается равным 0,63. Эта же величина берется и в случае применения водослива с боковым сжатием. Можно определять μ для этого случая и по формулам, но по опытам Френсиса разница между коэффициентами того и другого рода водосливов не превышает 0,5%.

И в первом и во втором случае исчисления не принята в расчет скорость в потоке перед водосливом, в предположении что ее величина, вследствие создаваемого водосливом подпора незначительна. В противном случае необходимо вводить соответственные поправки и формула расхода принимает вид

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[\left(h + \frac{V^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{V^2}{2g} \right)^{3/2} \right]$$

где V —скорость притекания выше водослива.

VII. Определение объема воды в стоячих водоемах.

Задача по определению объема воды в стоячем водоеме сводится к определению двух составляющих его величин—площади зеркала водоема и средней глубины его.

Площадь определяется по материалам геодезической съемки или в случае возможности непосредственным обмером. Определение глу-

бин производится помощью ранее указанных приспособлений. Для приближенного вычисления объема достаточно разбить два перпендикулярных друг к другу поперечника и по ним произвести определение глубин. Из полученных величин находятся средние значения и объем водоема вычисляется так:

$$Q = Fh,$$

где F —площадь зеркала водоема, а h —средняя глубина. Число промерных вертикалей зависит от характера рельефа дна водоема. Чаще всего встречаются водоемы с правильным чашеобразным дном и число промерных вертикалей может быть сведено к минимуму.

В случае необходимости более точного определения объема водоема, разбивается сеть лучше взаимно перпендикулярных поперечников и промеры глубин делаются в точках пересечения их. По полученным данным вычерчиваются горизонтали дна через 0,5—2 метра по высоте в зависимости от рельефа дна и размеров водоема. Искомый объем водоема определяется так:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 \dots q_n,$$

где $q_1, q_2, q_3 \dots q_n$ —сумма отдельных объемов заключенных между двумя соседними горизонталями. Объем каждого такого слагаемого равен

$$q = \left(\frac{f_1 + f_2}{2} \right) h',$$

где f_1, f_2 —площади заключенные между соседними горизонталями, а h' принятое расстояние по вертикали при нанесении горизонталей, т.-е. 0,5—2 метра. Площади очерченные горизонталями вычисляются планиметром.

- Литература: Инструкция для измерения воды поплавками Г. Ч. Отдела Земельных улучшений.
В. И. Владычанский—Гидрометрия. Ташкент 1922.
С. И. Коллунайло—Гидрометрия. Москва. 1918.
Ф. Е. Максименко—Курс гидравлики Москва. 1914.
С. М. Соловьев—Курс нижней геодезии. Москва. 1914.

ПРИЛОЖЕНИЯ

НОРМЫ ПИТЬЕВЫХ ВОД ¹⁾.

(количества миллиграмм в 1 литре).

Название норм.	Сухой остаток.	Жесткость.	Органические вещества.	Хлор.	Сернистая кислота.	Азотная кислота.	Азотистая кислота.	Аммиак солевой.	Аммиак альбу мион.
Рейхгардта	100—500	180	0,5—2,5	2—8	2—63	4	—	—	—
Брюссельского конгресса	500	200	2,5	8	60	2	—	0,5	—
Фишера	—	170—200	2—4	36	80	27	0	0	—
Comité consultatif de France	—	8,40—11,2	2	40	5—30	—	—	—	—
Швейцарских химиков	500	—	2,5	20	—	20	0	0,02	—
Тимана и Гертнера	500	180—200	1,5—4,5	20—30	80—100	5—15	0	0	—
Паркса	858	—	1,1	87	111,5	—	0	0	—
Шведарский Союзный Совет 1909.	500	—	1,5	20	—	20	0	0	—
Клюта 1911 г.	500	180	3,0	30	60	30	0	1,0	—
Флюгге 1912 г.	500	190	2	30	100	15	слоды	слоды	—
Французск.-земледельческое о-во 1912г.	500	—	2	40	—	—	0	0	—
Эрисмана	500—600	180—200	2—3	20—30	80	30—40	слоды	слоды	—
Вуткевича для Екатеринославск. губ.	2000	600	6—7	200—300	—	—	—	—	—

Артезианские воды Москвы по данным И. Р. Хецрова и Л. А. Михайловской ²⁾.
(среднео из 203 анализов).

Труды Московского Санитарного Института 1926 г. Выпуск I.

Верхнекаменноугольный горизонт	231	10,7 ⁰	1,6	9,4	14,9	0,04	слоды.	от 0,2 до 0,5 в среднем.	От слодов до 0,2
Среднекаменноугольный горизонт	319	14,8 ⁰	1,2	7,3	32,7	0,5	"		
Нижнекаменноугольный горизонт	457	17,2 ⁰	0,67	9,0	145,8	0—1,0	"		

¹⁾ из работы И. Р. Хецрова—«Санитарная оценка и охрана артезианских вод». Доклад XIV Всесоюзному санитарно-техническому Съезду в г. Харькове в 1927 г.

²⁾ Указанные средние данные, приближаясь к действительному составу артезианских вод г. Москвы не могут иметь абсолютного значения, так как при вычислении средних арифметических цифр хотя бы и из значительного числа анализов всегда при оценке воды надо иметь в виду максимальные и минимальные величины в отдельных анализах, которые совершенно нивелируются средним арифметическим показателем.

Положение о нормах чистоты сточных вод, допускаемых к спуску в водоемы с территорий городов, фабрик и населенных мест.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ.

Цель издания и территория действия норм.

С целью предупредить опасное в санитарном отношении загрязнение спуском сточных вод водоемов, служащих источниками разнообразного водопользования для нужд населения, Народным Комиссариатом Здравоохранения устанавливаются нижеследующие требования к составу спускаемых сточных вод—„Общие нормы“, которые вводятся в действие на всей территории РСФСР.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ.

Время действия норм и порядок их изменения или отступления от них.

§ 1. Сточные воды не должны иметь фекального, гнилостного или иного определенного запаха и не должны гнить при хранении их в закрытом сосуде как в целом, так и в разбавленном виде.

Примечание к § 1. Требование незагниваемости спускаемых сточных вод может быть опущено в случае благоприятных местных условий, но при проектировании и постройке новых очистительных сооружений должна быть принята во внимание возможность устройства необходимых дополнительных приспособлений для биологической очистки (поля орошения окислители и др. устройства).

§ 2. Сточные воды не должны содержать взвешенных веществ более шестидесяти миллиграмм на литр.

Примечание к § 2. Временно, на 5 лет (с 1922 по 1927 г.), норма взвешенных веществ в 60 миллиграмм повышается до 80 миллиграмм в случае подходящих местных условий, гарантирующих санитарную безопасность в смысле загрязнения водоема. Временно на тот же срок допускается спуск сточных вод после выделения на решетках или в отстойниках одних только грубых примесей. Частичное отступление от нормы возможно также во время паводков и для поверхностных вод.

§ 3. Сточные воды не должны иметь какой-либо явственно видимой искусственной окраски, сохраняющейся при разведении дистил-

лированной водой в 30 раз в толщине слоя в 10 сантиметров и не-
свойственной естественно окрашенным водам (болотным, торфяным).

§ 4. Сточные воды не должны содержать ни в растворе, ни во взвешенных веществах никаких ядовитых и вредно действующих на человека, домашних животных или на рыб веществ в количествах, оказывающих ядовитое или вредное действие.

§ 5. Сточные воды не должны иметь резко выраженной кислой или щелочной реакции.

§ 6. Сточные воды не должны иметь ни в момент поступления в водоем, ни после выемки пробы, при стоянии в сосуде, пленок, состоящих из жиров и масел животных, растительных и минеральных, при чем ирризация за пленку не считается.

Примечание к §§ 2, 3, 4, 5 и 6. В воде, подлежащей спуску, указанными §§ допускается, кроме некоторого количества взвешенных веществ (§ 2), остатки красящих веществ (§ 3), следы масла (§ 6), некоторое количество кислот и щелочей (§ 5), а также и других вредно действующих и ядовитых веществ (§ 4).

Нормирование условий спуска в этих отношениях определяется местными условиями, возлагается на местные органы санитарно-технического надзора и должно быть связано с постоянным наблюдением над влиянием спуска в водоем.

§ 7. Сточные воды заразных отделений больниц и всех учреждений, могущих своими сточными водами создавать опасность массового распространения кишечных инфекций, должны быть дезинфицированы на месте до поступления их в водоем или в общую массу сточных вод данного учреждения. Промышленные заведения: кожевенные заводы, шерстомойни, тряпкомойни и т. п. должны быть заранее обеспечены соответствующими приспособлениями для обезвреживания (дезинфекции) их сточных вод по первому требованию санитарного надзора.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ.

Общие нормы для сточных вод, допускаемых к пуску в водоемы с территорий городов, фабрик и других населенных мест.

Установленные общие нормы издаются временно на срок в 10 лет или впредь до установления местных норм, основанных на изучении водоемов общего пользования—их мощности, химического состава, флоры и фауны, санитарного и бытового значения. Отступления от общих норм, указанные в примечаниях к § 1 и 2, а также возможные отклонения от §§ 3, 4, 5 и 6 допустимы в исключительных случаях на срок не свыше 5 лет и каждый раз с утверждения Санитарно-технического Совета по охране водоемов при НКЗ, на основании исчерпывающих материалов, представляемых в Совет местными органами санитарного надзора.

На случай возможного, на основании наблюдений за состоянием водоемов, изменения повышения норм, разрешение спуска должно быть обусловлено возможностью устройства по требованию санитарного надзора дополнительных сооружений для предотвращения ухудшения состояния водоема, для чего заранее должно быть предусмотрено место их устройства и обеспечены нужные земельные площади.

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ.

Надзор за выполнением норм.

Издание местных обязательных постановлений по вопросу санитарной охраны водоемов от загрязнения сточными водами, наблюдение за их выполнением, за соблюдением норм и за состоянием водоема, возбуждение судебного преследования за их несоблюдение и рассмотрение всех дел, касающихся этой части общественной гигиены, возлагается на органы санитарного надзора Губздравотделов, которые в этом отношении действуют по указаниям Санитарно-Эпидемиологического Отдела НКЗ.

Указания, касающиеся порядка ведения дел по санитарной охране водоемов и применения норм, а также относительно исследования водоемов и организации контрольных наблюдений (условия набора проб и метода определения) заключаются в особых инструкциях, издаваемых Санитарно-Техническим Советом.

26/X—1923 г.

Утверждается: *Н. Семашко.*

Заведующий Санитарно-Эпидемиологическим отделом *А. Сытин.*

Председатель Комиссии по охране водоемов *Иванюцкий.*

Секретарь Комиссии по охране водоемов *Строганов.*

Карты обследования ВОДОИСТОЧНИКОВ. РЕКА, РЕЧКА, РУЧЕЙ.

Уезд.....*Волость*.....*Селение*.....*Слобода*.....

1 Название и № по по- рядку	2 Местополо- жение реки, речки	3 РАЗМЕРЫ			4 Река судо- ходная, сплавная или нет; имеется бичевник или нет	5 Пересы- хает ле- том, про- мерзает зимой или нет	6 Имеются- ли по ре- ке выходы ключей или нет	7 Имеются-ли на реке запруды		8 Загрязняется река или нет; если загряз- няется, то чем	9 Имеются- ли к реке удобные под'езды	10 Водопользова- ние из реки, речки, ручья
		Ширина момент обследов. в сажен.	Ширина в поло- водье в сажен.	Глубина				Матери- риалы запруды	Время запружи- вания			

О З Е Р О

Уезд.....*Волость*.....*Селение*.....*Слобода*.....

1 Название озера; № по по- рядку	2 Местоположе- ние озера	3 РАЗМЕРЫ			4 Реки, ручьи, впадающие в озеро и вытека- ющие из него	5 Промер- зает-ли летом		6 Пересы- хает-ли летом		7 Загряз- няется-ли озеро и чем	8 Имеются-ли к озеру удобные под'езды	9 Имеется в озере рыба или нет	10 Водопользова- ние из озера
		Длина саж.	Ширина саж.	Приб- лиз. площ. в десят.		Да	Нет	Да	Нет				

П Р У Д

Уезд.....*Волость*.....*Селение*.....*Слобода*.....

1 Название или № по поряд- ку	2 Размеры			3 Местоположе- ние	4 Как образован пруд		5 Какой водой пи- тается пруд	6 Пересы- хает летом		7 Промер- зает зимой		8 Загрязняется или нет; если загрязняется, то чем	9 Есть ры- ба или нет		10 Имеются под'езды или нет		11 Водопользова- ние из пруда		
	Длина в саж.	Шири- на в саж.	Глубина		Вырыт искус- ственно	Образован запрудой		Да	Нет	Да	Нет		Да	Нет	Да	Нет		Да	Нет

Колодец групповой или общественный №

Уезд волость селение
 Улица № дома слобода

1.	Местоположение колодца.	1. Внутри селения: на улице, площади, дворе; в саду, в огороде против дома (фамилия, имя и отчество домохозяина) 2. Вно селения, на расстоянии от ближайших дворов саж. наиб. отдален. " саж. 3. На ровном месте, на возвышенном, на склопо, в низине, в овраге. 4. На берегу реки, в расстоянии от нее саж. арш. 5. Относительная высота колодца над мостом выхода ближайших ключей 6. Относительная высота колодца над ближайшим открытым водоемом 7. Описание (по распросам (пройденных прорытых пород и их последовательность и мощность, начиная от устья колодца, с возможно точными указаниями водоносного горизонта (песок мелкий, крупный, хрящ, плитняк, известняк) и того слоя, который составляет дно колодца)
2.	Тип колодца. Сруболой. Бетонный, кирпичный, фильтрационный.	1. Материал сруба: сосна, ольха, береза, дуб 2. Размер сруба: длина арш. верш.; ширина арш. верш. 3. Толщина бревен сруба верш. 4. Высота сруба над уровнем земли арш. верш. 5. Глубина колодца от поверхн. земли до дна саж. арш. верш. " " " " воды саж. арш. верш. 6. Круглый или квадратный. 7. Раарморя в свету длина арш. верш.; ширина арш. верш. 8. Толщина стенок верш. 9. Высота стенок над уровнем земли арш. верш. 10. Глубина колодца от поверхн. земли до дна саж. арш. верш. " " " " воды саж. арш. верш. Железн. 11. Диаметр начальных труб дюйм.

3.	Как колодец содержится.	1. Имеется скат (замощенный, незамощовный) или нет. 2. Закрывается колодец крышкой или нет. 3. Застаивается около колодца вода, или нет 4. Поят около колодца скот, или нет. 5. Стирают около колодца белье, или нет. 6. Загрязняется вода стоками с улиц, площадей, дворов и др. мест или нет. 7. Устройство ближайших к колодцу помойных ям, ретирадов, свалок нечистот, смогровых канализационных колодцев, поглощающих ям. Взаимное их расположение с колоднем по уклонам почвы, направление верховых вод и т. п. 8. Как защищаетя насос от замерзания: кутается соломой, обивается навозом, строится будка.
4.	Запасы воды в колодце.	1. Легко вычерпывается вода при обычном разборе ее, или нет 2. Вычерпывается при усиленном разборе ее или нет. 3. Пропадает вода в колодце совсем, или нет; если пропадает то в какие месяцы года 4. Замечается увеличение воды в колодце от дождей или нет
5.	Водопользование из колодца.	1. Как добывается вода из колодца: насосом, воротом, колесом, журавлем, багром. 2. Вода из колодца разбирается бадьей: общественной или собственной. 3. Имеются ли к колодцу удобные под'езды с бочкой или нет. 4. Для каких целей население пользуется водой из колодца: для питья и варки пищи, хозяйственных целей, промышленных целей, водопоя скота, тушения пожаров. 5. Достаточно колодец дает воды для населения или нет. 6. Если недостаточно, то недостает воды круглый год, или только в известное время, какое именно—зимой, летом, весной, осенью. 7. Пользуются водой круглый год, или часть года (зима, лето, весна, осень). 8. Число дворов и жителей, пользующихся колодцем 9. Средний суточный расход воды 10. Качество воды по отзывам населения 11. Если совсем или временно не пользуются 1. Вследствие неадабности (имеется другой источник). водой, то почему. 2. " недостатка воды в колодце. 3. " завалившегося сруба. 4. " трудности под'ема воды. 5. " неудовлетворительных качеств: дурной запах, дурной вкус, мутность, большая жесткость. 12. Пользование водой платное или нет.
6.	Средств., на кот. выстр. колодец.	1. При содействии местных исполкомов (выдана ссуда или безвозвратное пособие). 2. На средства частных лиц или учреждений 3. На средства сельского общества или группы домохозяев и сколько
		ОСОБЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ:

Родник, ключ №.....

Название (если имеется).....

Уезд..... волость..... селение.....

Улица..... слобода.....

1. Местоположение родника, ключа.	1. На середине селения, на краю селения	
	2. Вне селения, на расстоянии	от ближайших дворов..... саж.
		от наиболее отдаленных дворов..... саж.
	3. На берегу реки, речки, ручья.	
	4. На склоне или дне оврага	ниже селения.
выше селения.		
5. Относительная высота родника над ближайшим открытым водоемом.		
2. Тип обделки родника, ключа.	1. Обделан родник, ключ или нет.	
	2. Бетонная, кирпичная камера; деревянный сруб, бочка	длина..... арш..... вер., ширина..... арш..... верш. глубина..... арш..... вер., если круглый диаметр..... арш..... верш.
		толщина стенок камеры..... арш..... верш.
		высота стенок камеры..... арш..... верш.
		камера, закрытая, открытая.
имеется насос, тарап или нет.		
3. Запасы воды в роднике, ключа.	1. Характер вытекания воды: сочится, бьет, ключом, течет медленной струей.	
	2. Родник, ключ постоянный, непостоянный.	

3. Запасы воды в роднике, ключа.	3. Увеличивается при выпадении дождей, или нет.	
	4. Уменьшается или иссякает совершенно, когда—зимой, весной, летом, осенью.	
4. Как содержится родник, ключа.	1. Как распределяется излишек воды	заставляется около родника.
		стекает в овраг, речку, питает пруд.
	2. Имеются приспособления для отвода избытка воды от родника, ключа или нет.	
	3. Загнивает застоявшаяся около родника вода или нет.	
	4. Поят около родника скот или нет.	
	5. Полощат около родника белье или нет.	
6. Загрязняется родник стоками с улиц, площадей, дворов, полей, промышленных заведений, или нет		
5. Водопользование из родника, ключа	1. Имеются удобные спуски или нет	для под'езда с бочками.
		для ручного разбора воды.
	2. Для каких целей население пользуется водой	для питья и парки пищи.
		для хозяйственных и промышленных целей.
		для водопоя скота, тушения пожара.
	3. Достаточно дает родник, ключ воды для населения, или нет.	
4. Если недостаточно, то в течение	круглого года.	
	части года (какой: зима, весна, осень, лето)	
5. Если селение не пользуется водой, то почему	вследствие ненужности (имеется другой водоем)	
	недостатка воды в роднике, ключе.	
	неудовлетворительного качества воды: (дурной запах, дурной вкус, мутная, большая жесткость).	

ОСОБЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ:

КАРТА №.....

для обследования источника водоснабжения.

(Вопросы, отмеченные знаком X, для ответа не обязательны).

Район гор. Москвы.....Комиссариат.....
(название, адрес и телефон).....
Участок санит. врача (фамилия, адрес и телефон).....

I. Месторасположение источника.

Улица, переулок, площадь..... № дома.....
(Сообщение по трамваю из центра №№, до какой остановки).....

II. Местонахождение источника.

а) На улице, площади, на дворе, в огороде, в саду, на пустыре, за чертой населенного пункта и т. н.
б) Имеются ли по близости, и если имеются—расстояние (в шагах или верстах): жилой дом, нежилое владение (какое); скотный двор, помойная яма (примитивная или бетонная), поглощающий колодец; мусорная, нечистотная или навозная свалка, канализационный смотровой колодец; поля орошения; канава или водосток; какие-либо учреждения или устройства, останавливающие на себе внимание с санитарной точки зрения. Указать взаимное расположение их с источником по уклонам почвы, направлению верховых вод и другим подобным признакам, а также, имеет ли владение городскую канализацию и водопровод

в) Месторасположение источника: возвышенное, низкое, на уклоне и т. п.

г) Обделка поверхности почвы: а) непосредственно около колодца и б) в окружности (замощение чем, обдерновка, затоптанный грунт, лужи и т. п.)

III. Основные гидрогеологические сведения.

а) Описание (по расспросам) пройденных прорытых пород и их последовательность и мощность, начиная от устья колодца, с возможно точными указаниями водоносного горизонта (песок мелкий, крупный, хрящ, плитняк, известняк) и того слоя который составляет дно колодца

б) Глубина источника в метрах до дна

в) Глубина источника до поверхности воды

В случае невозможности измерить, собираются данные путем опроса, на что и указывается здесь

г) Высотная отметка над уровнем моря, или по отношению к реперу, какому

IV. Основные гидротехнические сведения.

1. Тип источника (колодец шахтный, трубчатый, смешанный, ключ, родник и т. п.)

2. Когда сооружен

3. Родник или колодец шахтный

а) Конструкция (деревянный, бетонный, каменный и т. п.)

х) б) Материал стенок (сосна, ель, ольха, осина и т. д., кирпич на цементе, бетонные кольца и т. п.)

в) Размер шахты—в сечении (длина, ширина, если она круглая—диаметр в метрах)

г) Высота стенки над поверхностью земли

д) Перекрытие—есть, нет, его конструкция (доски, обычные, двойные бетонные крыши и т. п.)

4. Если колодец трубчатый: а) тип его (буровой, вбивной); б) диаметр начальных труб

5. Надстройка—есть, нет; назначение ее и конструкция

6. Водоподъемные сооружения: есть ли общественная бадья, насос (его конструкция), механические приспособления—ворот, лебедка, конный привод, ветрянка, механический двигатель (какой), расстояние от источника, способ трансмиссии

7. Есть ли от колодца водопровод. Если есть, куда подается вода, величина и конструкция водонапорного бака (деревянный, железный и т. п.), где помещается, расстояние от источника; район водоснабжения. Есть ли водоразбор у колодца

V. Содержание источника и санитарное его состояние.

а) Прочность и состояние стенок, перекрытия и водоподъемных сооружений

б) Состояние почвы около колодца (размывы, застои воды, уклоны, допускающие сток воды к срубам, и т. п.)

в) Не происходит ли около источника водопоя или стирки белья (какие есть для того приспособления и в каком расстоянии)

г) Способ утепления на зиму (солома, навоз и пр.)

д) Не замечается ли признаков случайного загрязнения брошенными в колодец посторонними предметами

VI. Водопользование.

а) Для каких целей пользуются источником (питьевых, хозяйственных, для водопоя, противопожарных, смешанных—каких)

б) Число домов и жителей, пользующихся источником

в) Когда пользуются: зимой, весной, летом, осенью, круглый год

- г) Достаточность и удовлетворительность воды по отзывам населения.....
- д) На чей счет содержится источник
- е) Существует ли плата за воду и какая.....
- ж) Расход воды в сутки в ведрах.....

VII. Оценка водоема на основании внешнего осмотра.

VIII. Взятие пробы воды год 1920, месяц.

- 1. Кем взята проба.....
 - а) Хлмич. день и час
 - б) Бактериологич. день и час
 - в) Биологическ. день и час
- 2. Состояние погоды: а) в день взятия пробы и б) за предыдущие 3 дня
- 3. Место взятия пробы (непосредственно из источника, из водопроводного крана и т. п.).....
- 4. Способ взятия пробы (отметить отступления от инструкции). Сколько времени производилась предварительная откачка, спускание из крана, сколько ведер отчерпано
- 5. Количество взятой воды
- 6. Физические свойства в момент взятия (температура, мутность, запах)
- 7. Какая посуда, укупорка, способ доставки
- 8. В какую лабораторию отправлена проба
- 9. Когда получена проба в лаборатории (отмечается лабораторией).....

IX. Данные анализа.

X. Заключение лаборатории.

XI. Постановление комиссии.

XII. Особые замечания.

Подписи:

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	<i>Стр</i>
От Президиума Постоянного Бюро Всесоюзных водопроводных и санитарно-технических Съездов	3
Предисловие	5
Introduction	7
Часть первая. Общие основы для гигиенической оценки питьевых и сточных вод	9
Питьевые воды	19
Сточные воды	19
Часть вторая. Химические методы исследования	30
Питьевые воды	30
I. Программа исследований	30
II. Выражение результатов анализа	31
III. Выемка проб для химического анализа	32
IV. Исследование на месте	34
V. Методы исследования	40
1. Цвет	40
2. Запах	40
3. Вкус	41
4. Прозрачность	41
5. Муть и осадок	42
6. Изменения при стоянии	42
7. Реакция	42
8. Углекислота: а) свободная, б) гидрокарбонатная, в) карбонатная недостающая, г) общая	52
9. Агрессивная углекислота	55
10. Щелочность титримая	58
11. Кислотность титримая	58
12. Жесткость: а) общая, б) карбонатная, в) устранимая, г) постоянная	58
13. Взвешенные вещества общ. при 105°	60
14. Плотный остаток: а) высушенный при 110° С, б) прокаленный	61
15. Окись кальция	61
16. Окись магния	61
17. Окись натрия и окись калия	62
18. Железо: а) общее количество, б) окисное, в) закисное	62
19. Окись алюминия	66
20. Марганец	66
21. Свинец, медь, цинк, олово	67
22. Серная кислота (сульфаты)	71
23. Хлористоводородная кислота (хлориды)	72
24. Азот нитратов (азотная кислота)	73
25. Азот нитритов (азотистая кислота)	74

26. Азот аммонийный (аммиак)	75
27. Азот альбуминоидный (альбуминоидный аммиак)	76
28. Азот органический	77
29. Азот общий	77
30. Сероводород (сульфиды)	77
31. Кремниекислота	78
32. Фосфорная кислота (фосфаты)	78
33. Окисляемость: а) в кислой среде, б) в щелочной среде	79
34. Потребление кислорода (5-суточная английск. проба)	79
35. Растворенный кислород	80

VI. Оценка результатов физико-химического исследования	84
--	----

Приложение. VII. Химический анализ при коагулировании и хлорировании	92
--	----

Сточные воды.

I. Программа исследований	95
---------------------------	----

1. Хозяйственные воды (схема)	95
2. Промышленные воды	97
3. Илы и осадки	97

II. Выемка проб	97
-----------------	----

III. Исследование на месте	98
----------------------------	----

VI. Методы исследования	98
-------------------------	----

1. Цвет	98
2. Запах	99
3. Прозрачность	99
4. Муть и осадок	99
5. Изменения при стоянии	99
6. Реакция	99
7. Щелочность титримная	101
8. Кислотность титримная	101
9. Взвешенные вещества: а) весовым способом, б) объемным способом, в) неосаждающиеся извести и коллоиды	101
10. Плотный остаток	102
11. Железо	102
12. Свинец, медь, цинк, олово	102
13. Хром	102
14. Мышьяк	103
15. Серная кислота (сульфаты)	104
16. Хлорноводородная кислота (хлориды)	104
17. Азот нитратов	104
18. Азот нитритов	106
19. Азот аммонийный	107
20. Азот альбуминоидный	108
21. Азот органический	109
22. Азот общий	110
23. Углерод органический: а) воды, б) взвешенных веществ	110
24. Сероводород (сульфиды)	111
25. Фосфорная кислота	111
26. Окисляемость: а) в кислой среде и б) в щелочной среде	112
27. Потребляемость кислорода: а) 5-суточная английская проба, б) относительная стабильность, в) биохимическая потребность в кислороде	112
28. Сернистая кислота (сульфиты)	116
29. Хлор активный	117
30. Цинкостые соединения	118
31. Роданистые соединения	119
32. Фенолы и крезолы	119
33. Жиры и мыла	120
34. Клетчатка	120
35. Крахмал	121

Часть третья. Бактериологические методы исследования	122
--	-----

Выемка проб	122
-------------	-----

Транспорт проб	123
----------------	-----

Стерилизация посуды	123
Посев для счета колоний	124
Методика приготовления питательной желатины и питательного агара	125
Методы Эйкмана и Бульера с последующей идентификацией	126
Определения фекального загрязнения воды	126
Учет bact. Coli по американскому стандартному методу	128
Общие замечания о составе группы coli aerogenes и о методах ее выделения	129
Описание производства определений	130
Конкретные случаи применения „предварительного“, „частично подтверждающего“ и „полного“ определения	132
Разведение и учет результатов	132
Отделение типичных фекальных членов группы Coli-aerogenes от нетипичных	134
Посуда	134
Материалы	135
Приготовление питательных сред	135
Среды для дифференциации фекальных и нефекальных членов группы Coli-aerogenes	137

Часть четвертая. Гидробиологические методы исследования 142

Введение 142

Отдел первый.

Основные положения биологического исследования водоемов 143

Отдел второй.

I. Общие свойства биологического исследования и условия его применения на пранине 145

II. Основы биологического исследования 148

1. Цели биологического исследования 148
2. Условия развития водных организмов 149
3. Система сапробиости 149
4. Водные биоценозы 152
5. Естественное загрязнение водоема 162
6. Вторичное загрязнение 162
7. Время производства биологических исследований 163
8. Нормальная биологическая картина водоема 164
9. Водный режим водоема 164

Методы биологического исследования водоемов 164

I. Исследование бентоса 165

1. Качественное исследование бентоса 165
2. Количественное исследование бентоса 168

II. Исследование планктона 170

1. Качественное исследование планктона 170
2. Количественное исследование планктона 173
 - а) Количественное исследование сетного планктона 173
 - в) Камерный планктон 175
 - с) Центробежный планктон 176
 - д) Осадочный планктон 177
 - е) Методы изучения вертикального распределения планктона 177
 - ф) Обработка количественных проб планктона 179

III. Предварительная обработка проб на месте 180

IV. Изучение водной высшей флоры и рыб 181

V. Фиксирование и этикировка проб 182

VI. Фотография 183

VII. Обработка биологических материалов в лаборатории 183

VIII. Определение некоторых физико-химических свойств воды 186

IX. Выработка плана исследования 187

Отдел третий.

Список савробных организмов	189
I. Полисапробы	190
II. α — мезоапробы	191
III. β — мезоапробы	195
IV. Олигосапробы	203
Приложение—Литература	212

Часть пятая. Гидрометрия 218

Введение	218
Определения	218
Приборы	219
I. Определение расхода воды поплавками	219
II. Определение расхода воды батометром-тахиметром	225
III. Определение расхода воды гидрометрическим шестом	228
IV. Определение расхода воды поплавком-интегратором	228
V. Определение расхода воды непосредственным обмером	228
VI. Определение расхода воды помощью водослива	229
VII. Определение объема воды в стоячих водоемах	230

ПРИЛОЖЕНИЕ.

1. Нормы питьевых вод	235
2. Положение Паркомздрава о нормах чистоты сточных вод, допускаемых к спуску в водоемы с территорий городов, фабрик и населенных мест	236
3. Карты обследования водонсточников	239

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ.

<i>Страница:</i>	<i>Строка:</i>	<i>Напечатано:</i>	<i>Следует читать:</i>
6	15	сверху	пропущено: Долгов Г. И.—био-лог
6	15	„ Дьяконов	Дьяконов
8	4	„ spéciales	spéciale
8	35	„ hygiénidue	hygiénique
10	21	„ температура	температура
18	28	„ незараженности	незараженности
35	13	снизу готовится	готовится
36, 37, 38, 39	—	—	В таблицах количественного содержания N_2O_3 , N_2O_5 , NH_3 , H_2S и Fe под словом меньше кавычек не должно быть.
43	21	снизу on	оп'
44	4	„ индикотеры	индикаторы
45	4	сверху индинаторы	индикаторы
46	26	снизу PH	pH
47	4	„ 1-а	1-а
47	2	„ 1-а	1-а
47	1	„ 1-а	1-а
47	1	„ PH	pH
49	15	сверху 1-а	1-а
49	15	„ 1-Fe'	1-Fe
51	11	„ по	то
59	18	снизу 1.000 с. с.	1000 с. с.
64	4	„ перекислого	перекисью
131	10	сверху газообразование необходимо	газообразование. необходимо
131	31	„ по виду, на	по виду на
131	32	„ аерогенес отвиваю	аерогенес, отвиваются
132	1	„ предварительного	предварительного
134	25	„ выращенной	выращенной
„	42	„ 37° С считается	37° С, считается
138	17	снизу Bromthymoll'ом	Bromthymolblau
139	31	„ чашкив	чашки в'
„	18	„ coliaerogems	coli-aerogenes
„	33	„ coliaerogems	coli-aerogenes
140	26	„ 10 нужно	10, нужно
136	19	„ Liebig'a	Liebig'a
„	25	„ Liebig'a	Liebig'a
147	13	„ водоема	водоема
166	2	снизу мелкого	мягкого
175	10	„ покрывной	покровной

II

Страница:	Строка:	Напечатано:	Следует читать:	
176	19	сверху	умноженное	деленное
188	23	.	Zogolea	Zoogloea
190	25 и 26	сверху	Thospirollum Sanquineum (Ehrb.) Win. Spirochaetae plicatilis (Ehrb.)—помещены ошибочно в этой группе (см. α-мезосанробы).	
191	6	"	pussilus	pusillus
191	12	"	putrina O. F. M.	Vorticolla putrina O. F. M.
191	20	"	с мезосанробными	с α—мезосанробными
191	22	снизу	Schröf.	Schröt.
191	20	"	Spirochaete	Spirochaeta
192	3	сверху	Cryptoglena	Cryptoglena
192	21	"	Phycomicetes	Phycomicetes
192	27	.	aquaeductuum	aquaeductum
192	5	снизу	guttala	guttula
192	14	"	Sol.	Sol
194	26	сверху	в мезосанробном	в β—мезосанробном
195	18	"	D ptera	Diptera
195	25	"	Coenia	Caenia
196	11	снизу	pediculuss	pediculus
196	22	"	astraca	astraea
196	23	"	pusillus	pusilus
197	4	сверху	Roicoshenia	Roicosphenia
198	6	.	Hilderbrandia	Hildenbrandia
198	18	.	paliustris Greif	palustris Greef.
198	20	"	bilmbosum	bilimbosum
198	15	снизу	invertens	invertans
199	23	сверху	niemoccensis	niemeccensis
201	17	"	Scarinium	Scaridium
201	23	снизу	Neleus	Noteus
202	25	сверху	Canthocampus	Canthocamplus
203	13	"	Nemacheilns	Nemacheilus
203	3	снизу	Glaucotrix	Glaucothrix
204	15	сверху	мезосанроб	β—мезосанроб
204	16	"	"	"
204	21	"	aeruginosum	aeruginosum
206	7	"	Spigoryra	Spirogyra
209	7	"	Ploeosoma	Ploesoma
209	10	снизу	putearus	puteanus
211	17	.	erythroptalmus	erythroptthalmus
211	20	"	cephales	cephalus
211	26	"	Hidrnphilus	Hydrophilus
211	31	"	Soicatus	Sulcatus
212	8	сверху	Binnensee typen	Binnenseotypen
212	10	"	Венниг А. А.	Венниг А. Л.
212	14	.	Einzeldarstellungen	Einzeldarstellungen
212	16	"	Binnengedässer	Binnengewässer
213	8	"	Свиренко, В. О.	Свиренко, Д. О.
213	10	"	And	and
214	21	.	Art	Wert
214	23	"	Whipplöe	Whipple
216	5	снизу	Scicora, R.—Tacheabuch	Schicora, R.—Taschenbuch
216	12	"	Scweiz	Schweiz
216	16	"	Minhen	Minden

III

<i>Страница:</i>	<i>Строка:</i>	<i>Напечатано:</i>	<i>Следует читать:</i>
221	13	сверху глубины	глубин
222	13	" случае измерение	случае, измерения
222	15	снизу 0,63	0,93
222	13	" $K = 1 - 0,85 \sqrt{H}$	$K = 1 - 0,085 \sqrt{H}$
222	8	" вертикали	вертикали, в саженях
223	3	сверху повторяя	повторяя пуск
223	15	" коэффициент	коэффициента
223	Таблица		

R	K'	R	K'
0,10	0,879	0,60	0,894
0,20	0,886	0,70	0,894
0,30	0,890	0,80	0,894
0,40	0,890	0,90	0,895
0,5	0,893	1,00	0,895

R	K'	R	K'
0,10	0,564	0,60	0,745
0,20	0,644	0,70	0,755
0,30	0,686	0,80	0,763
0,40	0,700	0,90	0,771
0,50	0,730	1,00	0,777

224	4	сверху потока	потока, v
224	7	снизу t_n	t_n
225	14	сверху фактивный	фиктивный
226	4	снизу определения	определение
226	3	" располагающиеся	располагающихся
227	17	сверху 3,5	3 — 5
227	23	" по данной	на данной
227	9	снизу батометр	батометр
228	3	сверху Главный	Главные
228	20	" K—наблюденная скорость	K—поправочный коэффициент
228	21	" скорость.	Тогда: $Q = KVF'$
228	14	снизу опускаться	отпускаться
230	1	сверху определяемые отверстия в установленный	определяемое отверстие в установленной
230	3	" 1-ый	1 —
230	5	" 2-ой	2 —
230	20	снизу равнее	равное
231	20	сверху слагав мого	слагаемого
249	19	снизу карбонатная недостающая	карбонатная (недостающая)

228 18 сверху

Напечатано:

$$K = 1,000 - 0,116 \sqrt{1 - \frac{1}{H} - 0,01}$$

Следует читать:

$$K = 1,000 - 0,116 \left[\sqrt{1 - \frac{1}{H} - 0,1} \right]$$