

. Ф. АВЕРЬЯНОВ,

В. В. ШАБАНОВ

001.2:631.6

## **Общая схема исследований методов мелиорации среды обитания растений\***

В настоящее время вопросы исследования комплексных проблем приобретают все большее и большее значение. Постановка и решение таких проблем стали возможны благодаря установлению количественных закономерностей по частным вопросам и распространению новых теоретических идей (в частности, кибернетических) и методов, позволяющих схематизировать многие природные процессы и использовать математический аппарат и теорию, разработанную для одних областей знаний, в других областях.

Комплексность исследований всегда была характерной особенностью мелиоративной науки. В настоящее время в связи с быстрым развитием общества и усложнением задач, которые призвана решать мелиорация, такие исследования должны проводиться значительно шире и глубже.

До недавнего времени под мелиорацией понималось в основном коренное улучшение водного режима, то есть создание оптимальных водных условий для растений.

---

\* Статья в сокращенном варианте была опубликована в сборнике “Проблемы мелиорации Полесья”, ч. 1, Минск, 1970.

Основываясь на таких фундаментальных законах биологии, как законы незаменимости и равносильности действия факторов внешней среды на растение, можно полагать, что создание оптимального светового, пищевого и теплового режимов так же необходимо, как и создание оптимального водного режима.

Растение, как и любая устойчивая биологическая система, обладает способностью к саморегулированию. Однако диапазон саморегулирования по водному, пищевому и тепловому режимам бывает значительно уже, чем диапазон изменения тех же режимов в природных условиях. Исходя из этого, можно наметить два пути приведения в соответствие требований растений и условий внешней среды.

Первый путь – это направленная селекция для получения растений с широким диапазоном саморегулирования. Но, по-видимому, растения с узким диапазоном саморегулирования более продуктивны, чем растения с более широким диапазоном.

Второй путь – создание искусственных оптимальных условий внешней среды по всем факторам, важным для растения, то есть сельскохозяйственная мелиорация.

В настоящее время мелиорацию можно рассматривать как науку о коренном улучшении (оптимизации) всех жизненно важных для растения факторов внешней среды. В техническом отношении мелиорация – это комплекс мероприятий, позволяющих существенно увеличивать продуктивность растений посредством воздействий на среду, окружающую их, воздействий, оптимизирующих условия внешней среды с точки зрения требований растений.

---

Задача регулирования всех факторов внешней среды пока технически невыполнима. Но задача оптимального регулирования водного, пищевого и теплового режимов не только может быть поставлена, но и в значительной мере решена в ближайшие годы – в том случае, если будут разработаны соответствующие методы регулирования. В настоящее время разработка таких методов ведется в ряде организаций Минводхоза и МСХ СССР.

Для решения поставленной задачи, прежде всего, необходимо найти количественное выражение для требований растения к условиям внешней среды и для самих этих условий. Сопоставление требований и условий позволит произвести расчет необходимых мелиоративных воздействий и исполнительных устройств по каждому из регулируемых факторов.

И, наконец, осуществляется синтез устройств, регулирующих отдельные факторы внешней среды, в единую систему оптимального регулирования водного, теплового и пищевого режимов. Описанное выше можно выразить в виде схемы, на которой будет видна связь между отдельными моментами исследований (см. *рис.*).

Как видно из этой схемы, исследования должны проводиться в несколько этапов.

На первом этапе должны исследоваться требования растений к условиям внешней среды по следующим факторам: водному, тепловому, минерального и газового питания, солнечной радиации, микробиологической деятельности. Под требованиями растений в данном случае понимается количественное соотношение, показывающее изменение продуктивности растений в зависимости от условий окружающей среды. Для целей регулирования необходимо, чтобы требования растений были выражены в виде

аналитической зависимости или непрерывной кривой, отражающей, насколько оптимальны те или иные внешние условия для растений. В настоящее время существует ряд количественных зависимостей такого типа, однако, все они представляют собой эмпирические кривые с ограниченной областью применения. Поэтому основной задачей первого этапа можно считать создание теоретической модели взаимодействия растения и среды.

На втором этапе исследований необходимо изучить условия внешней среды и результаты этого изучения выразить количественно. Для этого необходимо решить вопрос о форме математического описания условий внешней среды. Описания можно разделить на детерминированные и вероятностные.

Известно, что метеорологические процессы, которые определяют условия внешней для растения среды, обусловлены солнечной деятельностью, являющейся случайной во времени. Поэтому при описании внешних условий адекватным будет вероятностное описание. Из множества внешних факторов представляется целесообразным выбрать некоторые: водный, минерального и газового питания, тепловой и радиационный.

После проведения исследований по первым двум этапам нужно сделать некоторое обобщение, которое можно представить в виде вычислений показателя потребности мелиорации. В этом показателе отражается та информация, которая содержалась в требованиях растений и условиях внешней среды, то есть вероятность оптимальных или неоптимальных условий для растения в данном географическом районе, который характеризуется определенными условиями внешней среды.

Вычисление вероятности оптимальных или неоптимальных условий является содержанием третьего этапа исследований. В

зависимости от того, какие исходные материалы использовались для характеристики внешней среды, показатель потребности мелиорации будет отражать или общие географические закономерности, если он вычислен на основе мезоклиматических данных, или микроклиматические закономерности, характеризующие мелиорируемый участок.

Следует отметить, что обоснование потребности в мелиорациях может быть как однофакторным (*этап III*), так и многофакторным (*этап III-a*). В этом случае вычисляется вероятность неоптимальных водно-тепловых или неоптимальных совместных водных, тепловых и радиационных условий.

Этапы исследования методов мелиоративного регулирования: I – изучение требований растений к условиям внешней среды; II – изучение условий внешней среды и их изменений во время вегетации; III – однофакторное биоклиматическое обоснование необходимости мелиораций; III-a – многофакторное биоклиматическое обоснование необходимости мелиораций; IV – определение максимального диапазона регулирования; V – вычисление необходимого для создания оптимальных условий прогнозируемого воздействия по отдельным факторам; VI – расчет регулирующих систем, минимизирующих управляющие воздействия за время  $\tau_{кр}$  с точностью  $=\delta\phi$ ; VII – разработка системы оптимального регулирования по одному, двум, трем и т. д. факторам; VIII – количественная классификация мелиоративных объектов и систем регулирования; IX – разработка методов машинного проектирования мелиоративных объектов.

Четвертым этапом исследований является определение максимального диапазона регулирования внешних условий, то есть того диапазона, в котором находятся все возможные (при заданной

обеспеченности регулирования) отклонения внешних природных условий от оптимальных для растений. Максимальный диапазон регулирования определяет экстремальную способность регулирующей системы и используется при ее проектировании.

В оперативном регулировании особую роль играет управляющее воздействие, вычисляемое на пятом этапе с некоторым опережением как разность между требованиями растений и прогнозируемой величиной внешних факторов. Поэтому основными задачами исследований на этом этапе являются: разработка методов прогноза управляемых величин и расчет управляющего воздействия для каждого фактора с учетом их взаимовлияния.

Исследования на шестом этапе должны решить ряд вопросов, связанных с технической реализацией управления водным, тепловым и пищевым режимами. Расчет регулирующих систем может быть осуществлен только в случае, если известны закономерности движения воды, пищи и тепла от исполнительного элемента к растению. Изучение этих закономерностей и явится основной задачей исследований на шестом этапе. После этого должна быть оценена инерционность различных типов регулирующих устройств и с ее учетом решен вопрос о размещении регуляторов на мелиорируемом поле.

Регулирование одного фактора может быть осуществлено многими путями, однако далеко не все из них оптимальны. Поэтому следующей задачей является оптимизация как однофакторных, так и многофакторных регуляторов – седьмой этап исследований. На этом этапе должны быть определены критерии оптимальности и выбраны наиболее удобные для решения данных задач математические методы оптимизации. Оптимальные однофакторные системы могут быть неоптимальными при работе в условиях воздействия

комплекса факторов, поэтому следует искать и многопараметрические критерии оптимальности, многие из которых, очевидно, будут иметь экономическую структуру. Это обстоятельство делает необходимым изучение технико-экономических показателей систем и экономических связей.

Расчет мелиоративной регулирующей системы можно считать окончанным с завершением седьмого этапа. Однако было бы расточительством не использовать информацию, полученную при разработке системы регулирования на одном объекте, для аналогичных разработок на других объектах. Механическое перенесение результатов в этом случае допустимо лишь при идентичности основных свойств рассматриваемых объектов, которая может быть установлена путем количественной оценки их сходства. Таким образом, необходима разработка количественной многопараметрической классификации мелиоративных объектов.

Этому вопросу целесообразно посвятить восьмой этап исследований. Здесь встретится ряд задач, еще не решенных в применении к объектам мелиорации (свертывание многопараметрической информации и представление ее в удобном для расчетов виде; определение классовых эталонов; выбор критериев принадлежности к классу и ряд других). Значительное место на этом этапе займет решение программно-вычислительных задач, так как классификацию по многим параметрам можно осуществить только на ЭВМ.

И, наконец, заключительный этап исследований состоит в разработке методов машинного проектирования, которое может быть осуществлено, например, путем поиска оптимального варианта регулирования для объекта данного класса.

Ввиду того, что проблема и отдельные ее задачи чрезвычайно сложны, целесообразно каждый вопрос разбивать на ряд самостоятельных задач, для решения которых можно использовать уже известные алгоритмы. Другими словами, целесообразно составлять структуру каждого вопроса, элементы которой могут изучаться различными методами. Однако наиболее полное изучение можно провести, используя метод моделирования в самом широком смысле — как некоторого логико-математического описания природных объектов (растение, почва, климат).

