

**Т. Т. ТАЗАБЕКОВ,**  
*кандидат сельскохозяйственных наук*

# **ПЛОДОРОДИЕ ГОРНЫХ И ПРЕДГОРНЫХ ПОЧВ**

Издательство «Кайнар»

Алма-Ата 1977

УДК 631.452

Тазабеков Тлепбай Тазабекович.

13 Плодородие горных и предгорных почв. Алма-Ата, «Кайнар», 1976.  
192 с.

В книге даны морфологическое описание и агрохимическая характеристика горных и предгорных почв Юго-Восточного Казахстана. На основе обобщения данных науки и передового опыта рассмотрено действие органических и минеральных удобрений и их сочетаний на питательный режим почв и урожай зерновых, технических, овощных и других культур, приведены дозы удобрений под урожай с учетом местных условий и рекомендации по повышению плодородия почв, экономическая эффективность применения удобрений в передовых хозяйствах республики.

Работа рассчитана на агрономов, почвоведов, агрохимиков, научных и практических работников сельского хозяйства, студентов высших учебных заведений.

631.4 Каз

Т  $\frac{40306-020}{403(07)-77}$  77-78

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В решениях XXV съезда КПСС повышение плодородия почв рассматривается как одно из неперенных условий дальнейшего прогресса в сельском хозяйстве, ибо при высоком уровне плодородия почвы выше и урожайность полей. А рост урожайности — важнейшая задача, поставленная партией перед работниками сельского хозяйства. Успешно борются за ее решение земледельцы Алма-Атинской области, предгорные районы которой отличаются благоприятными условиями и высокоплодородными почвами. За годы девятой пятилетки на государственные хлебоприемные пункты Алма-Атинская область сдала 1,3 млн. т зерна. За четыре года область выполнила пятилетний план по продаже государству хлеба, сахарной свеклы и овощей. Все это — итог осуществления большой программы по мелниорации почв. В хозяйствах области площади орошаемых земель возросли до 201,2 тыс. га. В результате пересмотра структуры посевных площадей и вовлечения в оборот малоценных земель зерновой клин расширен до 623 тыс. га. Колхозы и совхозы получили за это время много новой высокопроизводительной техники, что значительно повысило энерговооруженность сельскохозяйственного производства. В хозяйствах ведется большая работа по освоению научно обоснованных севооборотов, из года в год наблюдается тенденция к увеличению количества вносимых удобрений.

Высокая эффективность удобрений может быть достигнута при использовании агрохимических картограмм и данных исследований динамики питательных веществ

# ПОЧВЫ ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ

## КРАТКИЙ ОБЗОР УСЛОВИЙ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Климат северного склона хребта в целом умеренно теплый и влажный. Среднегодовая температура в предгорье ниже ( $6\div 9^\circ$ ), чем на равнине ( $7\div 10^\circ$ ), среднеиюльская равна  $21\div 25^\circ$ , а среднеянварская —  $6\text{—}14^\circ$ . Среднесуточная температура вегетационного периода  $18^\circ$ . Период с температурой выше  $10^\circ$  длится 183 дня, а безморозный — 180 дней (с 15/IV по 15/X). Среднегодовая влажность воздуха колеблется в пределах 55—69%. Среднегодовая сумма осадков в предгорье изменяется от 400 до 750 мм, из них 83% падает на теплый период, в том числе 43% — на весну. Зима умеренно теплая со среднесезонной температурой воздуха  $-10^\circ$  и толщиной снежного покрова 15—30 см. Весна дружная, снег сходит быстро. Лето очень теплое (среднесезонная температура  $22\div 26^\circ$ ). Осень теплая и сухая, наступает при падении среднесуточной температуры ниже  $10^\circ$ , бывают и ранние заморозки.

На северном склоне хребта выделяют два комплекса рельефа. Горный комплекс объединяет ледниково-высокогорный, средне- и низкогорный типы рельефа. Вдоль северного склона тянется широкая полоса предгорий (прилавки) с наклонными плоскими поверхностями. Она занимает 20% площади склона и ступенчато (террасовидно) спускается к предгорной равнине. Верхняя предгорная ступень развита в интервале высот среднегорья (2000—1200 м над ур. м.), имеет ширину 10—15 км и высоту уступа — 30—50 м. Нижняя предгорная ступень (1200—1000 м над ур. м.) с плоской поверхностью пере-

сечена промоинами и оврагами, ее ширина 3—7 км. На севере она переходит в предгорный шлейф, образованный в результате слияния конусов выноса горных рек. Ширина пояса конусов выноса — 8—10 км, ее абсолютная высота — 1000—700 м над ур. м., поверхность расчленена широкими логами и глубокими оврагами (до 20 м), придающими покато́й равнине волнистый вид. Севернее конусов выноса между высотами 700—400 м над ур. м. простирается предгорная аккумулятивная равнина.

На характеризуемой территории широко распространены четвертичные отложения, являющиеся продуктами выветривания и переотложения магматических и метаморфических пород (граниты, порфири́ты с туфами, сени́ты, диориты, габбро, андезиты, сланцы, песчанники и известняки), слагающих осевую часть хребта. Это ледниковые, аллювиальные, элювиально-делювиальные отложения и лёсс. Все они смешаны с выносами грязекаменных потоков гор (сели) и сверху прикрыты плащом современных поверхностных отложений (почвообразующие породы), объединенных в четыре комплекса: I — отложения предгорных ступеней, покрывающие верхние и нижние прилавки: лёсс и лёссовидные карбонатные суглинки (100 м); II — отложения конусов выноса: пролювиально-делювиальные, представленные валунно-гравийно-галечниками с песчано-глинистым заполнителем (до 10 м); III — отложения предгорной наклонной равнины: аллювиально-пролювиальные лёссовидные суглинки и супеси (1—5 м), подстилаемые гравийно-галечниками и песками (3—5 м).

Общий сток горных и предгорных рек Заплайского Алатау равен 2,7 млрд. м<sup>3</sup> (главные реки — Чилик, Тургенъ, Иссык, Талгар, Каскелен с притоками Большая и Малая Алматинки), в том числе вегетационный сток — 1,8 млрд. м<sup>3</sup>, из них 52% забирается на орошение полей. Строительство самотечного канала Чилик — Алма-Ата (170 км) позволит дополнительно оросить в предгорной полосе 115 тыс. га плодородных земель.

Запасы напорных и грунтовых вод четвертичных отложений предгорной равнины составляют 377 млрд. м<sup>3</sup>, которые позволят полить еще 80 тыс. га земель. Глубина грунтовых вод в конусах выноса — 8—18 м (пресные гидрокарбонатно-кальциевые), предгорной равнине —

3—8 м (гидрокарбонатно-сульфатные) и в сазовой полосе карасу лежат на глубине 2—3 м.

Растительность предгорья травянистая, представлена множеством видов. Она объединяется в пять формаций: серополынная на сероземах, полынно-типчаковая на светло-каштановых и ковыльно-типчаковая на темно-каштановых почвах, разнотравная степная и разнотравно-луговая на черноземах прилавокков. В предгорной сазовой полосе развита луговая интрозональная растительность.

Огромна роль растительности в накоплении минеральных веществ в почве. В предгорьях Северного Тянь-Шаня ежегодно поступают в почвы (серозем и чернозем) на 1 га соответственно 60—240 кг азота, примерно столько же калия и 7—30 кг фосфора. К тому же присутствие в составе золы травянистых растений железа, алюминия, кремния способствует биосинтезу глинистых вторичных минералов, формирующих поглощающий комплекс почвы.

### ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГОРНЫХ ПОЧВ

В горах в особых геобиоклиматических условиях развиты своеобразные почвы. Горные почвы имеют отличительные черты, специфические генетические и морфологические особенности в составе и свойствах.

Развитие и распространение почв на горах определяет комплекс факторов: изменение элементов климата и растительного покрова; разное распределение тепла, влаги и продуктов денудации горных пород, связанное с высотой местности, формой рельефа, крутизной и экспозицией склонов. На склонах северных экспозиций в благоприятных гидротермических условиях протекания биологических процессов формируются полнопрофильные мелкоземистые почвы и прослеживается полный ряд вертикальных почвенных зон, тогда как почвы, развитые в аридных условиях на склонах южных экспозиций, отличаются малой мощностью и скелетностью. Здесь ограничен и набор вертикальных почвенных зон. На террасовидных склонах и плоскогорьях развиты полнопрофильные зональные почвы автоморфного ряда. На крутых непрерывных склонах почвы маломощны, покатопро-

фильны, скелетны, по морфологическим признакам уклоняются от зональных почв, подвержены смыву. Почвенный покров несплошной, прерывистый, с обнажениями подстилающих пород. Сильносмывтые и хрящеватые почвы относятся к аazonально-литоморфным образованиям. Наличие скелетной фракции вызывает подток гравитационных и конденсацию парообразных вод, способствующих увеличению запаса доступной влаги в мелкоземистой части почвы. Продукты выветривания — обломки минералов и горных пород скелетной части — служат источником элементов питания растений. На разных высотах характер выветривания, химический состав и распределение продуктов выветривания (как растворимых, так и твердых) неодинаковы.

В распределении продуктов выветривания и почвообразования большую роль играют почвенно-грунтовые воды. Если поверхностные воды механически смывают и намывают почвенные массы на склонах, то сток внутрипочвенных вод вызывает тангенциальное — боковое — движение растворов, сопровождаемое выносом параллельно склону органо-минеральных продуктов выветривания и почвообразования.

Развитие почв на склонах в меньшей степени зависит от нисходящих токов воды, поскольку они направлены по наклонной линии; оно больше обязано боковому внутрипочвенному движению растворов (от верхних частей склонов к нижним), приводящему к перераспределению продуктов почвообразования по склону. В результате на склонах гор развиты два ряда почв: элювиальный на верхней и аккумулятивный — на нижней частях склона. В профиле почвы элювиального ряда сверху хорошо выражен горизонт накопления кремнекислоты, под которым плохо заметен горизонт обогащения полуторных окислов. В профиле почвы аккумулятивного ряда, наоборот, сверху не заметен элювиальный горизонт, а снизу хорошо выражен иллювиальный. Наряду с внутрипочвенным выносом (параллельно склону) полуторных окислов железа и алюминия возможно иллювирование глинистых частиц (ил, коллоиды), сопровождаемое утяжелением с глубиной механического состава почв.

Специфические условия для аккумуляции продуктов денудации и почвообразования складываются в предгорьях, представляющих в Северном Тянь-Шане сухие

дельты или конусы выноса горных рек, где происходит смыкание поверхностных инфильтрационных вод с подземными, стекающими со стороны гор, и формирование почвенно-грунтовых вод.

В литологическом строении пород конусов выноса и характере осаждения солей из почвенно-грунтовых вод предгорий обнаруживаются определенные закономерности. Они установлены для предгорного шлейфа Заилийского Алатау. В конусах выноса горных рек выявлена поясная дифференциация пород и типа засоления почвогрунтов. Крупные камни (валуны) откладываются на вершинах конусов; галечник и песок — в средней части; а мелкоземистые фракции, составляющие суглинки и глины, уносятся и осаждаются в нижней части, на периферии конусов выноса.

Так же развиваются и процессы перераспределения солей, приводящие к формированию ряда поясов соленакопления в предгорьях. Здесь собственно грунтовые воды переходят в почвенно-грунтовые, они взаимодействуют с почвами и изменяются под влиянием почвенных процессов. Соли, извлеченные из горных пород, по мере испарения вод постепенно насыщают оставшийся раствор. Достигнув предела растворимости, они затем переходят в осадок. В так называемой сазовой полосе Средней Азии и юга Казахстана на периферии конусов выноса в почвах в первую очередь осаждаются углекислый кальций (известь или мергель), образуя пояс карбонатного засоления. Вслед за ним выпадает в осадок углекислый магний. Далее по уклону местности из почвенно-грунтовых вод соли осаждаются в такой последовательности: гипс — сернокислые натрий и магний — хлористые натрий и магний.

В Южном Казахстане (С. И. Соколов) выделяется две области. Горная область представляет арену разрушения, разложения, растворения слагающих ее масс горных пород. Продукты разрушения (грубообломочные, растворенные поверхностными, почвенно-грунтовыми водами) выносятся и откладываются на предгорной наклонной равнине. Почвообразовательный процесс развит по элювиальному типу с промывным водным режимом. Элювиальному процессу противостоит процесс биологической аккумуляции. Однако развитие почв по элювиальному типу возможно на непрерывных склонах с



повышенными уклонами, тогда как на покатых склонах с выровненными участками увалов, плато и террас получили развитие автоморфные почвы с преобладанием процесса биологической аккумуляции, отличающиеся высоким естественным плодородием: среднегумусные черноземы прилавков и выщелоченные черноземы плосковершинных среднегорий Заилийского Алатау.

Предгорно-подгорная область представляет собой территорию транзита, или попеременного выноса и накопления мелкозема и грубообломочного материала. Почвы формируются наращиванием профиля за счет сносимого с гор материала, сопровождаемым привносом растворимых продуктов выветривания и почвообразования. В почвах складывается непромывной режим, обуславливающий карбонатность и частично засоленность почвогрунтов.

Территориальное распределение водно-растворимых солей в почвогрунтах Северного Тянь-Шаня также подчинено закону поясности. Из области первичного солеисточника с горно-лесными и горно-степными почвами продукты выветривания горных пород и минерализации растительных остатков в виде растворимых солей боковыми почвенными и поверхностными водами транзитно выносятся в предгорную равнину — область гидрогенного соленакопления с гидроморфными почвами. Здесь господствуют аккумуляция, активная циркуляция солей в результате обмена их между почвой и грунтовой водой и перемещение хорошо растворимых солей дальше по уклону от высоких предгорий до низовий рек.

Самую верхнюю ступень подгорных равнин с близкими грунтовыми водами занимает пояс кремнеземисто-содового соленакопления, где получают развитие осолодевшие сазово-луговые почвы. В их профиле накапливаются аморфный кремнезем и сода. В поясе известково-содового соленакопления развиты сазово-луговые и лугово-сероземные почвы, обогащенные карбонатами кальция и магния с содержанием аморфного кремнезема. По периферии конусов выноса рек и на нижней ступени подгорных равнин развиты гипсированные, хлоридно-сульфатные сазово-луговые солончаковатые почвы и солончаки, входящие в пояс сульфатного соленакопления. Пояс сульфатно-хлоридного соленакопления приурочен к пойме среднего течения Или. Почвы — солончаки (гипсирован-

ные, малокарбонатные), содержащие много хлористого натрия.

Таким образом, в почвах и грунтовых водах подгорных и предгорных равнин отмечаются признаки зональности. В почвах по мере удаления от подгорных равнин в низины увеличиваются размеры и изменяются типы соленакопления. В пространстве последовательно сменяется кремнеземисто-содовый пояс соленакопления мергелисто-содовым поясом, постепенно переходящим в пояса сульфатного и сульфатно-хлоридного типов засоления. Выделение таких поясов засоления практически важно для мелиоративного районирования, разработки способов мелiorации и улучшения условий мобилизации элементов плодородия почв, режимы которых складываются иначе при засолении почвогрунтов подгорных равнин.

В отличие от развития почв на склонах и подгорных равнинах с напорными грунтовыми водами и засолением почв условия почвообразования благоприятны на относительно выровненных плоских участках Заилійского Алатау, где развиты почвы степного, лугово-степного и лугового типов. Почвы степного ряда предгорий и гор (темнокаштановые и черноземы) формируются в хороших гидротермических условиях, под обильной растительностью и поэтому отличаются от равнинных аналогов повышенным содержанием гумуса в перегнойном горизонте А и резким его убыванием в переходном горизонте В. Подобное распределение гумуса придает почвам черты луговых. Периодически складывающийся промывной режим влаги, нисходящий ее ток и проницаемость лёссовых толщ способствуют выщелачиванию карбонатов и препятствуют развитию солонцеватости почв. Накопление гумуса в поверхностном горизонте и быстрое падение его с глубиной — провинциальная черта горно-степных почв Северного Тянь-Шаня, отличающая их от черноземов Кавказа. Ее нужно рассматривать как результат ритмичности биохимических процессов в почве, когда сравнительно короткий во времени биологически активный период (весна) чередуется с более продолжительным засушливым периодом покоя (лето, осень). Процессы гумификации и минерализации органического вещества активно протекают в основном весной и сопровождаются выщелачиванием некоторых продуктов почвообразования. Летом эти процессы затухают, минерализация орга-

нических веществ затрудняется, и они накапливаются в верхнем горизонте почвы в виде полуразложившейся массы побуревших негумифицированных корешков.

Несмотря на определенные генетические и внутритиповые различия, морфолого-генетическое строение горных и равнинных почв одинаково, у них сходен вид профиля, что дает основание проводить определенную параллель между почвами вертикальных и горизонтальных зон. Этого нельзя сказать о распространении почв в горных областях.

В отличие от почвенного покрова равнин в горах не наблюдается большого разнообразия типов почв, хотя и образуются весьма пестрые почвенные разновидности. В пределах одной зоны выражен лишь один тип почвообразования, отмечается неполнота зональных почвенных сочетаний, например, отсутствие солонцов в предгорно-степной каштановой и солодей в горно-степной черноземной зонах, болотных почв — в горно-лесной зоне. В горах имеются своеобразные почвенные сочетания, в частности, болотные почвы с черноземами.

В горных областях рельеф служит не только перераспределителем климата, растительности, продуктов выветривания и почвообразования, но и распределителем почвенного покрова в соответствии с высотой местности, ее формами, экспозицией и крутизной склонов, обуславливает пестроту почвообразующих пород. Ряд типов почв, развитый в специфических биоклиматических условиях гор, называется комбинацией вертикальных зон. Почвенные комбинации рассматриваются как аналоги горизонтальных зон, отличающиеся от последних пестротой, выклиниванием, смещением, обратным расположением (инверсией) и разорванностью отдельных почвенных поясов.

Из-за сложности горного рельефа, резкого влияния экспозиции и предгорного климата комбинации почв наблюдаются не повсеместно, в условиях гор они нарушаются. Между тундровой и подзолистой зонами развиты своеобразные эндемичные высокогорно-луговые почвы; в Северном и Западном Тянь-Шане — особые выщелоченные темно-каштановые, сероземные и коричневые почвы. Часто происходит выклинивание, или выпадение (интерференция), сероземов и темно-серых лесных почв в казахстанском Алтае, каштановых почв — между серо-

земной и черноземной зонами на северном склоне Джунгарского Алатау; бурых пустынных почв — между обыкновенными сероземами и светло-каштановыми почвами на северном склоне Заилийского Алатау; степных и лесостепных почв — в Западном Тянь-Шане.

Степи, расположенные на высоте более 3000 м над ур. м. в Алайской долине в Киргизии, и высокогорные пустыни между высотами 3500—5000 м над ур. м. на Памире — пример вертикальной инверсии (или обратного расположения) почвенных зон, выраженной резче в горных долинах с более или менее крутыми склонами.

Существует общепризнанное правило вертикальной зональности, согласно которому комбинации почвенно-географических поясов каждой местности прежде всего определяются местоположением подножья гор в климатическом отношении. Подтверждением этому служат типы вертикальной зональности, наблюдаемые в таких горных провинциях СССР, как Крым, Кавказ, Памир, Тянь-Шань и Алтай. Лишь в пределах горных хребтов Кавказа в зависимости от экспозиции склонов и климата предгорий установлено несколько типов — комбинаций — вертикальной зональности с явлениями миграции (смещения), или проникновения отдельной почвенной зоны в другую по горным долинам.

Повысотное смещение отдельных почвенных зон вертикального ряда наблюдается и в горных областях Казахстана. В подтверждение приводим высотные отметки верхних границ почвенных зон. Для типичных черноземов: 500 м — в Северо-Западном Алтае, 1000 м — в Калбинских горах и 1500 м — в Тарбагатайском хребте; для выщелоченных черноземов: 700 м — в Северо-Западном Алтае, 1500 м — в Джунгарском Алатау и 2000 м — в Заилийском Алатау; для темноцветных горно-лесных ненасыщенных почв: 1800 м — в Южном Алтае, 2300 м — в Джунгарском Алатау и 2700 м — в Заилийском Алатау; для светлых горно-луговых почв: 2600 м — в Южном Алтае и 3200 м — в Заилийском Алатау; снеговая линия (очень важная в определении структуры вертикальных зон) в Северо-Западном Алтае лежит на высоте 2000 м, в Южном Алтае — 2900 м и в Заилийском Алатау — 3400 м над ур. м. Смещение почвенных зон отмечается и в разных частях (по долготе) одного горного хребта. Нижняя граница черноземов на северном склоне Заилий-

ского Алатау находится в центральной, наиболее увлажненной части на абсолютных высотах 900—1100 м над ур. м., в западной части — 1500—1700 и в более засушливой восточной части — 1700—1900. Верхние границы типичных сероземов лежат соответственно на высотах 600, 800 и 1200 м над ур. м.

Приведенные данные повсеместной миграции зон, впервые установленной В. В. Докучаевым, вместе с явлениями интерференции и инверсии зон регионального характера подтверждают решающую роль в формировании структуры вертикальной зональности и повысотного положения отдельных почвенных зон климата предгорий конкретного горного хребта. Вертикальная зональность, как правило, начинается с почвы, развитой в предгорьях хребта, которая составляет начальный пояс горизонтально-вертикальной зональности. Типичные сероземы предгорий Тянь-Шаня одновременно являются частью горизонтальных и первой ступенью вертикальных зон.

Впервые на полноту ряда почвенных зон Тянь-Шаня как на результат совокупного влияния ряда климатов (начиная от аридного предгорий и кончая арктическим высокогорным) обратили внимание К. Д. Глинка и С. С. Неуструев.

На развитие почв и растительности, формирование ландшафтных поясов нашего региона влияют специфические климатические условия предгорий и пологость северного склона Заилийского Алатау, где происходит аккумуляция и осаждение северной холодной (арктической) и юго-западной жаркой (азиатской) воздушных масс. Здесь создаются свои влажные и относительно теплые условия климата, господствует свой гидротермический режим, что вызывает развитие особых ландшафтов и почв. Поэтому здесь полно и ясно представлены вертикальные почвенные зоны.

Почвоведрами предложен ряд высотных отметок структуры вертикальной зональности (рис. 1). На Приилийской равнине до 500 м над ур. м. расположена пустынная зона; от 500 до 800 м — подгорно-предгорная пустынно-степная зона с тремя поясами: 600—700 м — пояс светлых малокарбонатных (северных) сероземов, 700—750 м — обыкновенных малокарбонатных сероземов и 750—800 м — предгорных светло-каштановых почв; от 800 до 1500 м — предгорная степная зона с двумя поясами:

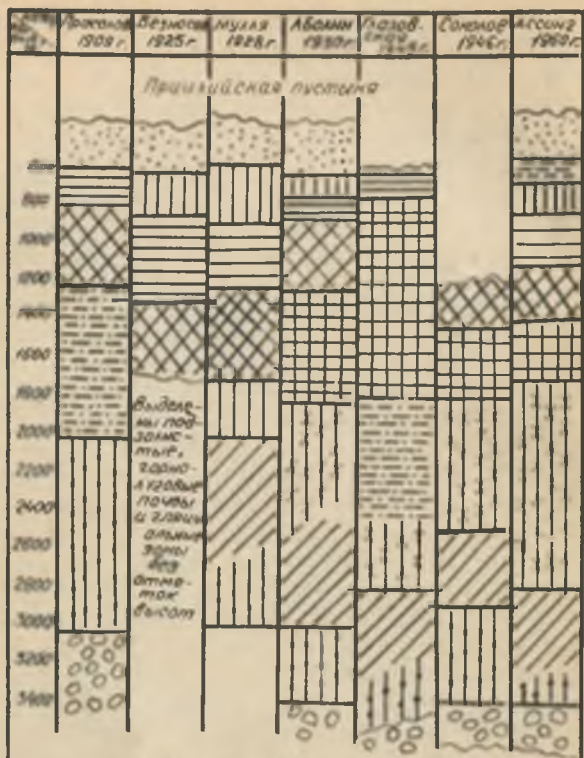


Рис. 1. Соотношение вертикальных поясов почв Заилийского Алатау:

1 — серозем (желтозем); 2 — серозем обыкновенный; 3 — светло каштановая; 4 — темно каштановая; 5 — чернозем обыкновенный; 6 — чернозем выщелоченный; 7 — черноземовидная горно-лесная оподзоленная; 8 — горно-луговая субальпийская; 10 — горно-луговая альпийская; 11 — скалы, ледники и снега

850—1000 м — темно-каштановых почв, 1200—1500 м — мало- и среднегумусных черноземов; от 1500 до 2000 м\* в среднегорье находится лугово-степная зона с выщелоченными и деградированными черноземами, темно-серыми

\* Абсолютная высота расположения зоны черноземов несколько занижена.

слабоподзоленными и горными лугово-лесными почвами, от 2000 до 2600 м — лугово-лесная зона с двумя поясами: 2000—2400 м — серых оподзоленных и темноцветных глубокоподзоленных почв под осиново-еловым лесом; 2400—2600 м — темноцветных глубокоподзоленных горно-лесных и горно-луговых почв под еловым лесом; 2600—3800 м — высокогорная луговая зона с горно-луговыми торфянистыми почвами субальпийских (2800—3200 м) и альпийских лугов и, наконец, выше 3800 м над ур. м., возвышаясь над всеми, развита высокогорная нивальная зона, где произрастают единичные представители криофильной приледниковой флоры.

Перечисленные зоны опоясывают территорию Алма-Атинской области площадью 11 млн. га, определяя соответствующие направления сельскохозяйственного использования почв. Верхняя граница земледельческой зоны лежит в Заилийском Алатау (2200—2500 м над ур. м.).

Заилийский Алатау — своеобразный регион по биоклиматическим условиям, поэтому здесь, как нигде, более полно представлены вертикальные почвенные зоны, выражены поясная дифференциация пород и засоления, явления выклинивания и миграции почвенных зон.

## ПОЧВЫ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Высокогорные субальпийские и альпийские луга с горно-луговыми почвами используются под летние пастбища (джайлау).

Среднегорная лугово-лесная зона покрыта смешанными и хвойными лесами. Под ними расположены серые оподзоленные, темноцветные глубокоподзоленные горно-лесные и черноземовидные горно-луговые почвы. Это зона лесного хозяйства, а луга используются как летние пастбища, в восточной части хребта развито среднегорное богарное земледелие.

Лугово-лесостепной зоне присущи тучные выщелоченные горные черноземы и горные темно-серые слабоподзоленные почвы. Они залегают под богатой луговой разнотравно-злаковой растительностью (ежа, коротконожка, герань, дягиль и др.), дикими плодовыми деревьями (яблоня, абрикос, боярышник), осинной и кустарниками (барбарис, жимолость).

Зона черноземов на северном склоне Заилийского Алатау расположена на абсолютных высотах 1000—2000 м над ур. м.—предгорных ступенях. Черноземы делятся на три пояса — малогумусные (66 тыс. га), среднегумусные (105 тыс. га) и многогумусные (131 тыс. га), которые сменяют друг друга снизу вверх по склону.

**Многогумусные черноземы** высоких прилавков, как видно из приведенных данных Института почвоведения АН КазССР, занимают почти половину площади всей черноземной зоны предгорий Заилийского Алатау. Среди них преобладают выщелоченные и оподзоленные разновидности (42%), развитые в лугово-степной зоне под разнотравно-злаковой растительностью в сочетании с дикими плодовыми деревьями, осинной и кустарниками.

Разрез 1 т м заложен в 1,5 км южнее пос. Ушконыр на горном опытном участке Казахского научно-исследовательского института картофельного и овощного хозяйства, расположенном в западной части Заилийского Алатау (рис. 2), на высоком увалисто-равнинном водоразделе рек Чемолган — Чимбулак (1800—2000 м над ур. м.), угодье — целина. Растительный покров составляют типчак, ковыль, пырей, ежа, костер, тимофеевка, тонконог, мятлик, васильки, эремурус, ферула, подмаренник, лигулярия, мальва, девясил. Проективное покрытие поверхности почвы — 80—90%. Биологический урожай колеблется от 5,8 до 6,5 т/га зеленой массы. Почва вскипает от соляной кислоты с 85 см.

**Морфологические признаки:**

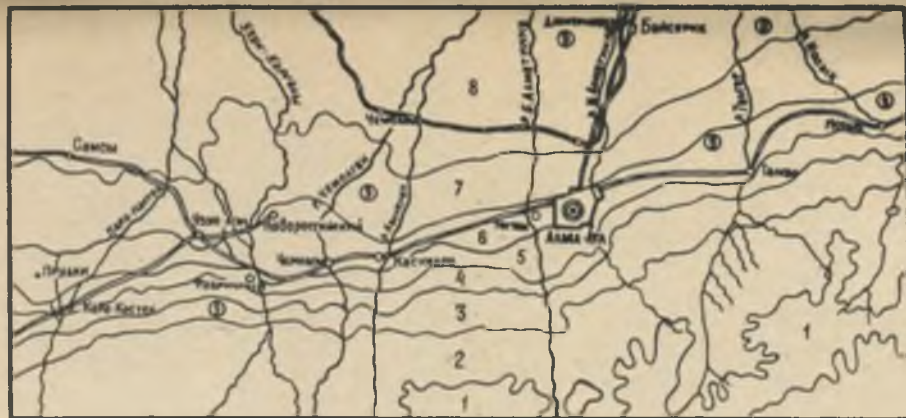
A 0—30 см — черный влажный средний суглинок, мелкокомковато-зернистый, рыхлый, сильно переплетен корнями, много ходов насекомых, переход постепенный;

B<sub>1</sub> 30—70 см — темно-серый влажный средний суглинок, зернисто-ореховатый, уплотненный, с 60 см — каменистые включения, корнями пронизан средне, с ходами насекомых;

B<sub>2</sub> 70—85 см — буровато-серый свежий тяжелый суглинок, зернисто-комковато-ореховатый, уплотненный, редко — камни и корни;

горизонт с 85—120 см — палевый увлажненный тяжелый суглинок — лёсс, глыбисто-комковато-плитчатый, плотный, тонкопористый, с карбонатными новообразованиями в виде белесых прожилок, стяжений и трубочек.





*Условные обозначения:*

- 1 - Ледники и скалы (абс. выс. выше 3600 м), 2 - Почвы высокогорной зоны (абс. выс. 1800-3600 м),  
 3 - Черноземы многогумусные (абс. выс. 1200-1800 м), 4 - Черноземы среднегумусные (абс. выс. 800-1400 м),  
 5 - Черноземы малогумусные (абс. выс. 800-900 м), 6 - Темно-каштановые почвы (абс. выс. 700-800 м),  
 7 - Светло-каштановые почвы (абс. выс. 600-700 м), 8 - Серые земли и прочие почвы пустыни (абс. выс. ниже 600 м),  
 (9) - Стационары по изучению динамики питательных веществ кафедры почвоведения КазСХИ (1957-1972 г.).

*Составил А. М. Дурасов*

Рис. 2. Схематическая карта поясов почв центральной части северного склона Зайлийского Алатау

Разрез 17 т заложен на выровненной вершине увалистого высокого прилавка «Агролесхоз», расположенного в среднем отрезке Малоалматинского ущелья (1500—1700 м над ур. м.). Угодье — целина. Растительность лугово-степная злаково-разнотравная, богатая видами: дикие яблоня, абрикос, шиповник, малина, ежа, костер, мятлик, крапива, морковник, молочай, борщевик, мальва и лопух. Почва вскипает с глубины 120 см.

Морфологические признаки:

A<sub>1</sub> 0—12 см — черный увлажненный средний суглинок, зернистый, рыхлый, задерненный, с капролитами дождевых червей, переход постепенный;

A<sub>2</sub> 12—35 см — черный увлажненный средний суглинок, комковато-пороховидный, уплотненный, с капролитами червей, переход постепенный;

B<sub>1</sub> 35—63 см — темно-серый с сизоватым оттенком увлажненный тяжелый суглинок, комковато-ореховатой структуры, уплотненный, пористый, с корнями растений и капролитами червей;

B<sub>2</sub> 63—85 см — сизовато-серый с буроватым оттенком увлажненный суглинок, комковатый, пористый, с ходами и капролитами червей, переход ясный по цвету;

B<sub>3</sub> 85—120 см — буровато-коричневый увлажненный глинистый, остроугольно-комковатый, уплотненный, слабoporистый, с капролитами червей, переход резкий по цвету;

горизонт С 120—150 см — свежая желтовато-палевая лёссовая глина, среднекомковато-призматической структуры, рыхлая, пористая, с карбонатными конкрециями.

Из морфологического описания видно, что горные выщелоченные черноземы имеют мощный перегнойный профиль (АВ-80—120 см), гумусовый горизонт А (до 35 см) — черного цвета, мелкокомковато-зернистой структуры, сильно переплетенный корнями растений, с капролитами червей. Иллювиальный горизонт В мощностью 55—85 см имеет темно-серый цвет, постепенно переходящий в буровато-серый, комковато-ореховатой структуры. В нижней части горизонта (80—115 см) проходит линия вскипания и заметны свежие новообразования карбонатов в виде белесых стяжений и прожилок.

*Физические и водно-физические свойства почв.* В перегнойном горизонте число макроагрегатов диаметром от 0,25 до 10 мм составляет 63—81%, остальная

часть приходится на микроструктурные агрегаты. Количество водопрочных микроагрегатов достигает 76% при коэффициенте структурности 95—99%. По механическому составу почвы относятся к разновидности средних и тяжелых суглинков. Характерно передвижение илистых частиц вниз по профилю почвы при максимуме их содержания в бескарбонатном подгумусовом горизонте (24—29%). Объемный вес (ОВ) почвы изменяется в пределах 0,96—1,45 г/см<sup>3</sup>, удельный вес (УВ) — в 2,16—2,4 раза, общая порозность (ОП) горизонта А достигает 56%. Запас влаги, соответствующий предельной полевой влагоемкости (ППВ), в верхнем метровом слое почвы в год определения равен 434 мм, из которых 287 мм (66%) составляли продуктивную и 147 мм (34%) — недоступную влагу. Водопроницаемость почвы за первый час превышает 320 мм.

В целом физические и водно-физические свойства многогумусных черноземов Заилийского Алатау весьма благоприятны для почвенных процессов и роста культурных растений.

*Химический состав почвы.* Данные анализа валового состава почв показывают накопление окиси кремния в верхнем горизонте ( $\text{SiO}_2=66\text{—}68\%$ ) и вынос полуторных окислов вниз по профилю почвы ( $\text{Fe}_2\text{O}_3=5,5\text{—}6,7\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3=15\text{—}19\%$  в слое 30—50 см), из-за чего отмечается оглиненность нижних горизонтов. Наряду с выщелачиванием продуктов почвообразования в верхнем слое почвы 0—20 см наблюдается биологическая аккумуляция органического вещества (гумуса до 13%) и зольных элементов ( $\text{Ca}=1,8\text{—}2,3$ ;  $\text{Mg}=3,14$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5=0,38\%$ ). Содержание гумуса резко снижается с глубины 50 см. В составе гумуса горизонта А преобладает гуминовая кислота при  $\text{С}_{\text{гк}}: \text{С}_{\text{фк}}=1,9\text{—}2,3$ . Содержание общего азота равно 0,8—0,2% при  $\text{C} : \text{N}=9\text{—}12$ , валового фосфора — 0,36—0,17% и калия — 2,6—2,9% (табл. 1). Сумма поглощенных оснований достигает 34—48 мг-экв/100 г почвы, представленная в основном кальцием. Почва вскипает с глубины 80 см, где окиси кальция содержится 19,2%, т. е. почти в 9 раз больше, чем в верхних слоях. Количество  $\text{CO}_2$  карбонатов в лёссе равно 5,9—10,5%.

Приведенные в таблице данные подтверждают высокое потенциальное плодородие выщелоченных черноземов Алма-Атинской области.

Морфологические признаки и химический состав почв Алма-Атинской области

Почвы	Можность гумусного профиля А+В, см	Глубина, см		рН	Содержание в АВ, %				Емкость поглощения ит-эквивалентности почв
		вскипание	заелеганне гипса		общего		валового		
					гумуса	азота	фосфора	калия	
Чернозем многогумусный выщелоченный	80—120	80—115	—	6,8—7,1	13,0—8,0	0,80—0,30	0,36—0,16	2,8—2,6	48—34
Чернозем среднегумусный	60—70	52—65	—	6,8—7,7	9,0—6,0	0,60—0,25	0,26—0,19	2,5—2,8	40—28
Темно-каштановые выщелоченные	70—140	80—120	—	7,1—7,5	4,2—3,7	0,18—0,15	0,16—0,15	1,5—1,3	29—14
Светло-каштановые карбонатные	25—35	С поверхности	32—45	7,7—8,0	3,0—2,3	0,19—0,12	0,24—0,12	3,0—2,0	18—12
Сероземы обыкновенные	22—27	То же	45—60	7,5—8,0	2,3—1,5	0,13—0,11	0,13—0,12	3,0—2,0	16—10
Лугово-сероземные	50—70	То же	100—150	7,5—8,2	5,2—3,1	0,24—0,14	0,10—0,12	2,8—2,2	21—13

Примечание. Средние данные Института почвоведения АН КазССР и кафедры почвоведения Казсельхозинститута.

**Черноземы среднегумусные** развиты в предгорно-степной зоне на ступенчатых выровненных увалах (прилавках) и их пологих склонах с абсолютными отметками 1000—1500 м над ур. м., под богатой разнотравно-злаковой растительностью с кустарниками. По содержанию гумуса и карбонатов они делятся на типичные со среднемоощным и выщелоченные с мощным гумусовым профилем (А+В) разности.

Разрез 8 пб заложен на покатом склоне увала, в старом саду первого отделения плодovinсовхоза «Иссык» Энбекшиказахского района, расположенного в 60 км восточнее Алма-Аты. Растительность междурадий: ежа сборная, мятлик луговой и клевер ползучий. Мощность гумусового профиля А+В=100 см, почва вскипает с 78 см.

Морфологические признаки:

А<sub>1</sub> 0—5 см — темно-серый сухой средний суглинок, хорошо задерненный, мелкокомковатый, рыхлый;

А<sub>2</sub> 5—22 см — черный свежий тяжелый суглинок, зернисто-комковатый, рыхлый, крупнопористый, с множеством ходов дождевых червей и корней растений;

А<sub>3</sub> 22—38 см — темно-серый увлажненный тяжелый суглинок, комковато-зернистой структуры, рыхлый, пористый, много ходов дождевых червей, переход заметный;

В<sub>1</sub> 38—60 см — темно-серый с коричневым оттенком влажный тяжелый суглинок, зернисто-ореховатый, слегка уплотненный, переход ясный;

В<sub>2</sub> 60—100 см — темно-бурый влажный тяжелый суглинок, с затеками гумуса, уплотненный, тонкопористый, лёссовидный;

ВС 100—121 см — серо-бурый влажный тяжелый суглинок, с темными пятнами и едва заметными карбонатными новообразованиями в виде псевдомицелия;

С 121—150 см — палево-желтый лёссовидный тяжелый суглинок, обильно содержит прожилки карбонатов.

Разрез 20 т заложен в 3 км восточнее Алма-Аты, в верхней части северного покатого склона горы Коктюбе. Рельеф низкогорно-холмисто-увалистый с мягкими округлыми формами (1000 м над ур. м.). Растительность представлена степной ковыльно-разнотравной ассоциацией, а к низу склона она переходит в ковыльно-типчакковую (ковыль, типчак, люцерна, морковь, полынь, звербой, сурепка, ярутка полевая, пастушья сумка, бобов-

ник, шиповник). Гумусовый профиль  $A + B = 58 - 65$  см, вскипание почвы наблюдается с 54 см.

Морфологические признаки:

$A_1$  0—10 см — серо-черный свежий средний суглинок, мелкокомковато-пороховидный, уплотненный, слабопористый, корнями пронизан средне, переход постепенный;

$A_1$  10—24 см — темно-серый увлажненный средний суглинок, комковатый, уплотненный, слабо пронизан корнями, переход заметный;

$B_1$  24—40 см — темно-коричневый увлажненный тяжелый суглинок, комковато-ореховатый, плотный, слабопористый;

$B_2$  40—58 см — светло-коричневый, влажный глинистый комковатый, плотный, тонкопористый, с редкими капролитами червей;

$C$  58—112 см — сверху бурая, снизу желтовато-палевая влажная глина, лёссовидная, плотная, плитовидная, обильно содержит карбонатные новообразования в виде плесени, налета и прожилок.

Из морфологического описания разреза 8 пб и ряда других разрезов в саду установлено заметное влияние системы содержания плодовых культур на почву при орошении. В почве старого сада с естественным задернением междурядий почти в 1,5—2 раза по сравнению с целиной увеличен перегнойный профиль ( $AB = 100$  см против 58 см), более развит собственно гумусовый горизонт ( $A = 38$  и 24 см). В почве сада комковато-зернистая и зернисто-комковатая структура горизонта  $A$  переходят в зернисто-ореховатую в горизонте  $B$  и соответственно рыхлое сложение — в уплотненное. Гумусовый горизонт черного цвета, сильно пронизан корнями, с ходами дождевых червей. Глубже 60 см имеются темные пятна с затеками гумуса. В целинной же почве комковато-пороховидная структура в горизонте  $A$  переходит в комковато-ореховатую в горизонте  $B$ , корнями пронизан средне, уплотненное сложение книзу сменяется на плотное, нет гумусовых затеков, капролиты дождевых червей заметны с 40 см.

*Физические и водно-физические свойства почв.*

Количество водопрочных агрегатов диаметром более 0,25 мм в слое 0—40 см почвы сада в результате задернения возросло с 63 до 77%, а агрегатов с диаметром 1—5 мм — в 2 раза. Причем в создании их активно уча-

ствуют дождевые черви, количество которых в почве сада на площади 1 м<sup>2</sup> достигает 213 экземпляров против 68 на целине. Обработка пласта естественных трав в междурядьях в течение 7 лет приводит к значительному снижению показателей водопроходной структуры. Для почв сада характерны малый объемный вес (0,98—1,27 г/см<sup>3</sup>), рыхлое сложение и высокие показатели порозности (50—60%), водопроницаемости (135 мм/ч), влагоемкости (340 мм) и значительный запас продуктивной влаги (212 мм в верхнем метровом слое).

*Химический состав почв.* Особых изменений в валовом химическом составе почвы и гумуса не замечено. Распределение полуторных окислов и окиси кальция по глубинам равномерное (содержание последней резко возрастает в лёссе — 80—100 см), а окиси алюминия — завышено в слое 10—40 см. По сравнению с выщелоченными многогумусными черноземами увеличено количество окисей калия и натрия. Содержание гумуса в горизонте А равно 9—6%. В почве сада гумус проникает довольно глубоко — 1,3% на глубине 75 см. В составе гумуса преобладает гуминовая кислота, связанная с кальцием, при Сгк: Сфк=1,5—2; с глубиной это отношение снижается. Количество общего азота равно 0,6—0,25% (С: N=11—12), валового фосфора — 0,26—0,19%, калия — 2,5—2,8%, кальция — 25% и рН — 6,8—7,7. Сумма поглощенных оснований снижается с глубиной от 40 до 28 мг·экв/100 г. Почва высоко обеспечена легкогидролизуемой фракцией азота (до 148 мг) и обменным калием (до 324 мг), в ней мало усвояемого фосфора — до 25 мг/кг, средне обеспечена медью (2—5 мг/кг) и марганцем (57—65 мг/кг), бедна цинком (0,1 мг/кг), кобальтом (0,5 мг/кг) и богата бором.

На среднегумусных черноземах развито поливное земледелие и садоводство, на богаре возделывают зерновые культуры и люцерну. В последнем случае отмечены разрушение структуры и снижение гумуса.

**Темно-каштановые почвы** развиты в предгорно-степной зоне, на конусах выноса горных рек, под злаково-разнотравной растительностью — пыреем, костром, мятликом, ежой сборной, тимофеевкой, мятой, донником, шалфеем, клевером, астрой, горчаком, солодкой и другими видами. Выделяют выщелоченные и карбонат-

ные разности: их площадь, включая эродированные земли, равна 447 тыс. га.

Разрез 3 т заложен на территории КазСХИ (850 м над ур. м.) рядом с теплицей.

Морфологические признаки:

A<sub>1</sub> 0—2 см — дернинка;

A<sub>2</sub> 2—26 см — серо-коричневый влажный средний суглинок, рыхлый, непрочнокомковатой структуры, среднекорешковатый, с редкими ходами червей, капролитов мало, до 15% щебня и хряща, переход ясный;

B<sub>1</sub> 26—46 см — темно-коричневый с серым оттенком слабоувлажненный средний суглинок, уплотненный, до 20% корней, непрочнокомковато-ореховатый, до 10% хряща, переход ясный;

B<sub>2</sub> 46—85 см — коричневатый с бурым оттенком тяжелый суглинок, уплотненный, непрочнокомковато-ореховатый, со щебнем, корней мало, переход по цвету постепенный;

BC 85 — 145 см — коричневато-бурый влажный тяжелый суглинок, плотный, непрочноглыбисто-крупноореховатый, тонкопористый, от соляной кислоты вскипает внизу горизонта, переход ясный по цвету;

Ск 145—200 см — буровато-палевый с желтым оттенком влажный тяжелый суглинок, тонкопористый, с единичными корнями, бурно вскипает, с карбонатными новообразованиями в виде мицелля.

Разрез 4 тн заложен на целине, в 400 м восточнее МТМ колхоза им. Мичурина Талгарского района рядом с бывшим опытным полем кафедры почвоведения КазСХИ.

Морфологические признаки:

A<sub>1</sub> 0—6 см — дернина темно-каштанового цвета, средний суглинок, комковато-зернистой структуры, рыхлый, переход ясный по плотности, вскипает от соляной кислоты;

A<sub>2</sub> 6—18 см — темнее предыдущего слоя увлажненный средний суглинок, зернисто-комковатый, уплотненный, с включением щебня и капролитов, вскипает от соляной кислоты, переход ясный по цвету;

B<sub>1</sub> 18—25 см — коричневый свежий средний суглинок, комковатый, с гумусовыми темными пятнами и новообразованиями карбонатов в виде мицелля, имеются корешки и капролиты. Переход заметный;



$B_2$  25—45 см — светлее предыдущего горизонта средний суглинок, комковатый, с гумусовыми пятнами, корешковат;

$B_3$  45—75 см — светло-коричневый средний суглинок, комковатый, с затеками гумуса и выцветами карбонатов, корешковат, щебнист;

$C_1$  75—90 см — палевый влажный тяжелый суглинок, комковатый, с гумусовыми пятнами и выцветами карбонатов;

$C_2$  90—158 см — палевый влажный тяжелый суглинок, крупнокомковатый, с редкими гумусовыми пятнами и выцветами карбонатов.

Разрез 3 тн заложен на опытном поле (800 м пад ур. м.) кафедры почвоведения в колхозе им. Минчурина Талгарского района.

Морфологические признаки:

$A_1$  0—10 см — темно-каштановый влажный средний суглинок, зернисто-комковатый, рыхлый, со средним количеством корней, переход заметный;

$A_2$  10—28 см — темнее предыдущего влажный средний суглинок, комковатый, уплотненный, корней мало, переход ясный по цвету затеков органического вещества;

$B_1$  28—62 см — каштановый влажный тяжелый суглинок, комковатый, уплотнен, корней мало, много затеков гумуса, переход резкий;

$B_2$  62—132 см — коричневатопалевый влажный тяжелый суглинок, комковатый, уплотнен, много карбонатного псевдомицелия, вскипает от соляной кислоты. На глубине 115—132 см — прослойка песка;

$C_1$  132—155 — сероватопалевый влажный тяжелый суглинок, непрочнокомковатый, обильно содержит карбонатный псевдомицелий;

$C_2$  155—190 см — палевый влажный лёссовидный суглинок, обильно встречаются карбонаты.

Описания разрезов подтверждают ранее высказанную М. А. Глазовской мысль о заметном изменении от поливов предгорной темно-каштановой карбонатной почвы. В результате длительного поливного земледелия сформировалась темно-каштановая выщелоченная почва, которая отличается мощными собственно гумусовым горизонтом ( $A=26—28$  см против 18 см на целине) и гумусовым профилем ( $AB=85—132$  см и 75 см), с темными пятнами и затеками перегноя в иллювиальном горизонте

(до 75 см). Глубоко опущены линия вскипания и карбонатный псевдомицелий (с 62 см), тогда как целинная почва вскипает с поверхности и карбонатные новообразования подтянуты в подгумусовый слой 18—25 см. Целинная темно-каштановая почва сверху имеет небольшую по мощности (6 см) дернину, уплотнена с 18 см, комковато-зернистой структуры, а у выщелоченной почвы зернисто-комковатая и комковато-ореховатая структура, уплотнена с 26 см. В профиле обеих разностей почв до 26 см отмечены капролиты червей.

*Физические и водно-физические свойства почв.* Механический состав изученных почв — средние и тяжелые суглинки, пылеватые; из-за передвижения пылевато-иловатых частиц вниз количество физической глины увеличено в слое 30—70 см. Сложение почв пашни рыхлое до глубины 40 см: ОВ равен 1—1,15 г/см<sup>3</sup> и ОП — 57—56%; почва уплотнена с 60 см — соответственно ОВ возрастает до 1,4—1,5 г/см<sup>3</sup>, а ОП снижается до 46%. Содержание водопрочных агрегатов в слое 0—25 см равно 47,7%, глубже оно снижается вдвое. Запас влаги, соответствующий ППВ, равен 296 мм, а продуктивной влаги содержится в верхнем метровом слое 191 мм/га.

*Химический состав почв* характеризуется постепенным увеличением с глубиной полуторных окислов железа и алюминия (хотя их содержание меньше в темно-каштановой почве, чем в выщелоченных черноземах), окисей серы, калия и кальция, глубоким выщелачиванием гумуса и минеральных веществ. Содержание гумуса в горизонте А равно 4,5—3,1, в групповом его составе преобладает вторая фракция гуминовой кислоты, связанная с кальцием, при Сгк: Сфк=2,1—1,6. Характерно увеличение его в слое глубже 40 см. Содержание общего азота равно 0,22—0,14% (при С : N=11,8—9,6), валового фосфора — 0,25—0,15%, калия — 3,1—3% и натрия — 2,7—2,4%. По сравнению с черноземами в этих почвах больше содержание окисей серы и магния.

Сумма поглощенных оснований несколько занижена (22—17 мг·экв/100 г) и сопряжена с количеством физической глины (частиц размером меньше 0,01 мм насчитывается 34—38%). Сумма водно-растворимых солей — не больше 0,1% при рН=7,5. Пределы колебаний усвояемых форм питательных веществ таковы: гидролизуемый азот — от 65 до 128 мг (на удобренном пару — 206 мг),

фосфор по Трюогу — 50—150 мг (на удобренных NP фонах — до 300 мг) и калий, извлеченный углеаммонийной вытяжкой по пашне, — 100—300 мг/кг. Из микроэлементов преобладают марганец и цинк.

Темно-каштановые выщелоченные почвы предгорий интенсивно используются для поливного садоводства. При различной системе содержания междурядий установлено, как и в черноземах, значительное изменение состава этих почв. Многолетнее задернение междурядий сада люцерной улучшает физические свойства и химический состав почв (содержание гумуса достигает 4%) и создает благоприятные условия роста и плодоношения яблонь. При поливе в предгорьях возделывают озимую пшеницу, овощи, картофель и табак, а на богаре — зерновые культуры по занятым парам и травы. При орошении посевов и посадок необходимо соблюдать нормы полива, так как водой могут вымываться и питательные вещества. Это подтверждается низким содержанием их валовых форм вследствие мобилизации в доступные соединения. Например, количество общего азота при длительной обработке снижается до 0,15% в отличие от 0,23% при задернении почв междурядий.

**Светло-каштановые карбонатные почвы** развиты на лёссе, в предгорной пустынно-степной зоне под эфемерно-идно-типчаково-полынной растительностью. Их площадь, включая сочетания лугово-каштановых почв, превышает 400 тыс. га.

Разрез 1 лс заложен в селекционном отделении Казахского научно-исследовательского института земледелия, южнее пос. Политотдел, на опытном поле (750 м над ур. м.) под поливной культурой кукурузы. Почва вскипает от соляной кислоты с поверхности по всему профилю.

Морфологические признаки:

А 0—27 см — пахотный слой светло-каштанового цвета влажный среднесуглинистый, рыхлый, пылевато-комковатой структуры, много корней, хорошо выражен переход;

В 27—54 см — неоднородно окрашенный средний суглинок, с гумусовыми затеками, которые видны не на всех стенках разреза до одинаковой глубины, влажный, средней плотности, структура неясная, имеются корни, переход постепенный;

BC 54—92 см — желтовато-грязно-палевого цвета средний суглинок, средней плотности, структура выражена слабо, в нижней части имеются новообразования карбонатов, бурно вскипает от соляной кислоты;

C 92—200 см — лёсс светло-палевого цвета, пористый, обильно содержит карбонаты.

Разрез 24 тн заложен на целине, на 1 км южнее озера близ аэропорта под польнно-злаковой растительностью с примесью разнотравья (полюнь, костер, конопля, солодка, шалфей и др.). Рядом, за защитной лесной полосой из карагача, посажена кукуруза.

Морфологические признаки:

A 0—18 см — темно-серый влажный средний суглинок, рыхлый, комковатый, пороховидный, слабо пронизан корнями;

B<sub>1</sub> 18—42 см — буровато-коричневый тяжелый суглинок, увлажнен, сильно уплотнен, комковато-ореховатой структуры, редко пронизан корнями;

B<sub>2</sub> 42—65 см — грязно-коричневый свежий тяжелый суглинок, средней плотности, комковатый;

C 65—105 см — светло-коричневый тяжелый суглинок, очень плотный, комки тонкопористые, с новообразованиями карбонатов в лёссе в виде плесени и прожилок.

Морфологические описания разрезов свидетельствуют о заметном увеличении мощности перегнойного горизонта (25—27 см, на целине — 18 см) почвы пашни и распыленности ее структуры. Мощность гумусового профиля A+B составляет соответственно 92 и 65 см. Из-за гумусовых затеков неоднородно окрашен горизонт B на пашне, он средней плотности и лишен комковато-ореховатой структуры. Глубже 92 см отмечены новообразования карбонатов.

*Физические и водно-физические свойства почв.* Для пашни характерно довольно рыхлое сложение ( $OB = 1,18—1,25 \text{ г/см}^3$ ) и повышенная общая скважность (54—50%) верхнего 50-сантиметрового слоя почвы. Механический состав почвы — средний суглинок. Ввиду большего содержания физической глины (до 41%) повышены ППВ — 25% (или 327 мм) и запас продуктивной влаги — 232 мм/га — в верхнем метровом слое почвы. Водопроницаемость почвы хорошая — 89 мм/ч.

*Химический состав почв* светло-каштановых в отличие от темно-каштановых выщелоченных характеризуется

меньшим содержанием окисей кремния, калия, натрия и большим — полутороокси алюминия, окисей кальция (в 2 раза), магния и фосфора; окиси серы обнаружены следы. Из микроэлементов преобладают марганец и цинк. Содержание гумуса и общего азота невысокое — соответственно 3—2 и 0,16—0,10%, сравнительно больше валового фосфора (0,26—0,37%), калия (2,4—1%) и натрия (0,2—1%). Сумма поглощенных оснований равна 18,2—13,3 мг·экв/100 г почвы; плотный остаток не превышает 0,1%; рН—7,7—8,0; CO<sub>2</sub> карбонатов—4%. Светло-каштановые почвы интенсивно используются для богарного (озимые и яровые зерновые, люцерна) и поливного земледелия (сахарная свекла, кукуруза, люцерна, овощи и виноград).

**Сероземы обыкновенные** развиты на лёссе, в предгорной пустынно-степной зоне под эфемероидно-злаково-полынной (белая полынь, костер, мятлик, мак) растительностью с примесью изеня, эбелека и осочки пустынной. Их площадь вместе с сочетаниями превышает 600 тыс. га.

Разрез 1 тч заложен вдоль Илийской трассы, в 2 км западнее пос. Дмитриевка (700 м над ур. м.). Участок — целина, вблизи размещены посеы пшеницы колхоза «40 лет Казахской ССР» Илийского района.

Морфологические признаки:

A<sub>1</sub> 0—4 см — темно-серая среднесуглинистая плотная корочка плитчато-чешуйчатой структуры, пронизана корнями;

A<sub>2</sub> 4—15 см — темно-серый средний суглинок, сухой, плотный, комковато-пороховидный;

B<sub>1</sub> 15—34 см — серый тяжелый суглинок, уплотненный, ореховато-комковатый;

B<sub>2</sub> 34—70 см — грязно-бурая свежая глина, средней плотности, глыбисто-комковатая, бурно вскипает;

C<sub>1</sub> 70—90 см — та же глина, увлажненная, средней плотности, глыбисто-плитовидная, карбонаты в виде нитей, переход заметный;

C<sub>2</sub> 90—160 см — палево-желтая глина, лёссовидная, влажная, уплотненная, плитчатая, много прожилок карбонатов.

*Физические и водно-физические свойства почв.* Механический состав почв — средние и тяжелые суглинки, содержание физической глины равно 38—40%, в том числе

ила — 13—16%; количество водопрочных агрегатов — 35—46%; ОВ — 1,34—1,41 г/см<sup>3</sup>; УВ — 2,58—2,60 при ОП 50—48%; ППВ равна 17—20%, влажность завядания — 6—7% и водопроницаемость — 52—50 мм/ч.

*Химический состав почв.* По сравнению со светло-каштановыми почвами количество окисей кремния, магния, фосфора, полуторных окислов алюминия занижено. Содержание полуторных окислов железа и окиси кальция одинаковое, с некоторым увеличением их с глубиной. Завышено количество окисей калия, натрия и серы. Гумус составляет 2%, общий азот — 0,11%; валовые формы меди — 27 мг/кг, цинка — 76, бора — 53, кобальта — 9 мг/кг. Сумма поглощенных оснований — 11—12 мг·эquiv/100 г, рН — 7,5—8,4. При орошении и внесении органо-минеральных удобрений на сероземах успешно возделывают те же сельскохозяйственные культуры, что и на светло-каштановых почвах.

**Лугово-сероземные почвы** занимают площадь более 650 тыс. га, развиты в средней и нижней частях предгорной равнины на лёссовидных суглинках, под злаково-полюнно-разнотравной растительностью (полюнь, эбелек, осочка, солодка, кермек, лебеда и солянка, в понижениях — чий, тростник) при глубине залегания зеркала грунтовых вод выше 3 м.

Разрез 3 лг заложен в 5 км севернее пос. Александровка на территории учхоза «Джанашарское» Энгбекшиказахского района, на целине. Почва вскипает с поверхности.

Морфологические признаки:

A<sub>1</sub> 0—5 см — темно-серый задерненный увлажненный тяжелый суглинок, плотный, зернисто-порошистый, переход ясный;

A<sub>2</sub> 5—30 см — темно-серый увлажненный тяжелый суглинок, уплотненный, комковато-пороховидный, пронизан корнями;

B 30—60 см — серый суглинок, увлажненный, уплотненный, комковатый;

C<sub>1</sub> 60—130 см — желтовато-серый увлажненный тяжелый суглинок, комковатый, с корнями;

C<sub>2</sub> 130—150 см — серый влажный тяжелый суглинок, плотный, глыбистый;

C<sub>3</sub> 150—190 см — палево-желтый влажный тяжелый суглинок, плотный, глыбистый.

Лугово-сероземные почвы отличаются значительной мощностью перегнойного профиля (АВ — 45—60 см), с признаками оглеения в нижней его части.

*Физические и водно-физические свойства почв.* Механический состав — тяжелый суглинок, липкий во влажном и плотный в сухом состоянии. Это обуславливает высокое тяговое сопротивление при обработке и глыбистую поверхность пашни. Сумма водопрочных агрегатов диаметром более 0,25 мм колеблется в пределах 70—79%, на пашне — 63—71%; агрономически ценных агрегатов диаметром 5—1 мм — соответственно 31—42% на целине и 25% на пашне. Коэффициент водопроницаемости — 54 мм/ч.

*Химический состав почв* лугово-сероземных отличается от обыкновенных сероземов меньшим количеством полуторных окислов железа (3,6—3,2%), оксидов кремния (59—50%), калия (2,3—0,8%) и натрия (1,4—0,5%), большим содержанием полуторных окислов алюминия с поверхности (16—14%), оксидов кальция (26—13%), магния (4—2,6%), марганца (0,3—0,1%) и фосфора (0,25—0,16%); отмечены следы серы. Гумуса содержится 5—3% при равномерном убывании с глубиной, общего азота — 0,21—0,12% (при Сгк : Сфк = 1, С : N = 10—7); емкость поглощения — 21—11 мг · экв/100 г. Почва карбонатная с поверхности, с большим количеством оксидов кальция в иллювиальном горизонте. Реакция почвы щелочная, рН — 7,5—8,2.

Почва обладает высокой биологической активностью — количество бактерий в перегнойном горизонте достигает 4 млн/г; обеспеченность азотом и калием достаточная. Поэтому предгорные лугово-сероземные почвы интенсивно используются в поливном земледелии, здесь выращивают высокие урожаи овощных культур, сахарной свеклы, кукурузы и озимой пшеницы. Однако во влажные годы возможно частично весеннее заболачивание этих почв, что может задерживать начало весенней посевной. А в сухие годы отмечается пятнистое засоление почв (от хлоридов и соды), вызывающее угнетение посевов и снижение продуктивности растений.

На основе описаний морфологических признаков, характеристик физических, водно-физических свойств и химического состава прослежены следующие изменения почв Заилийского Алатау в результате земледельческого освоения: неодинаковое содержание полуторных и нормальных окислов в профиле изученных подтипов почв; нисходящее передвижение ила и органико-минеральных веществ, утяжеление механического состава, новообразования гумуса и карбонатов в горизонте В; увеличение мощности перегнойного профиля А+В (от полива), количества водопрочных агрегатов (от задернения) и валового фосфора (от удобрений); на богаре снижение содержания питательных веществ (гумуса и азота), распыление структуры и уплотнение автоморфных почв (от обработок), пятнистое засоление гидроморфных почв.

Земледельческое использование горных и предгорных почв ведется интенсивно. Площади почв, пригодных для богарного и поливного земледелия, превышают 2,4 млн. га. Кроме того, имеются горно-луговые почвы высокогорных летних пастбищ — 858,8 тыс. га; горно-лесные оподзоленные и темноцветные почвы горных хвойных лесов, горных сенокосов и пастбищ — 447,7 тыс. га, темно-серые и горно-степные почвы лиственных лесов и плодово-ягодных кустарников, пригодные (на 20—30% всей площади) для бесполовного земледелия, садоводства и овощеводства, — 267 тыс. га.

Богатые земельные ресурсы области позволяют интенсивно развивать горное и предгорное садоводство, поливное и богарное земледелие, животноводство мясо-шерстного и молочного направлений. А рост индустриальной мощи нашей страны и достижения науки способствуют резкому увеличению технической оснащенности сельского хозяйства Алма-Атинской области, внедрению механизации производственных процессов в земледелии и животноводстве. Капитальные вложения в мелиорацию земель в 1966—1975 гг. в области составили 64,3 млн. руб., введено в оборот 25 тыс. га новых земель, реконструирована оросительная сеть на площади 92,8 тыс. га (рис. 3), осуществлена планировка земель на площади 22,1 тыс. га, обводнено около 2 млн. га пастбищ.





Рис. 3. Карта орошаемых земель Юго-Восточного Казахстана

Сочетание агротехнических, мелиоративных и организационных мероприятий дало возможность в 1970 г. получить в целом по области по 14,2 ц/га зерновых, а на орошаемых землях — по 22,6 ц/га. Возросла урожайность технических культур и овощей (табл. 2).

Колхозы им. Абая, им. Ленина Нарынкольского района, им. Калинина, ордена Ленина «Алма-Ата» Талгарского района получают до 60 ц/га озимой пшеницы; колхоз «40 лет Казахской ССР», совхоз «Каскеленский» Илийского района собирают по 400—450 ц/га сахарной свеклы; колхоз им. Мичуринна Талгарского района, сов-

Таблица 2

## Урожайность сельскохозяйственных культур в Алма-Атинской области, ц/га

Культура	Год				
	1958	1966	1970	1974*	1975
Кукуруза:					
на зерно	14,9	38,7	41,4	37,1	39,7
на силос	88	144	260	227	257
Сахарная свекла	281	324	336	369	378
Табак	8,9	15,1	17,5	13,5	17,2
Овощи	95	193	223	200	205
Картофель	50	94	131	62	109

\* Год засушливый.

хозы «Аксай», «Каменский» Каскеленского района выращивают по 275—280 ц овощей с гектара.

Даже в неблагоприятном 1975 г. совхозы «Октябрьский», «Джарсуйский» и учхоз «Джанашарское» Энбекшиказахского района получили до 600 ц/га зеленой массы и 60 ц/га зерна кукурузы. Однако урожайность производственных посевов высока не во всех хозяйствах области. До какого уровня можно поднять ее, показывают данные сортоучастков, расположенных в разных высотных почвенно-климатических зонах (табл. 3).

Мощными факторами повышения урожаев являются поливы и удобрения, которые сглаживают типовые различия почв. По особенностям природных условий, использованию почв и характеру решаемых задач по снабжению столицы республики и других промышленных центров продукцией сельского хозяйства в области сложилось несколько специализированных зон, функционально дополняющих друг друга.

Овощи и молоко поставляют Алма-Ате хозяйства Энбекшиказахского, Талгарского и Каскеленского районов. Они выращивают томаты, капусту, огурцы, редис, морковь, перец, баклажаны, лук и др.

В указанных (а также Чиликском) районах наряду с овощеводством развиты промышленное садоводство и виноградарство. В целом по области площадь садов, виноградников, ягодников и плодопитомников составляет

## Урожайность сельскохозяйственных культур на сортоучастках Юго-Восточного Казахстана

Культура и сорт	Урожай по годам, ц/га							Средние данные	
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	урожай, ц/га	доза внесенных удобрений, кг/га д. в.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

*Кегенский сортоучасток (среднегумусный горный чернозем)*

Озимая пшеница:										
Безостая 1	29,5	36,3	44,8	47,0	52,8	67,1	41,6	45,5	N <sub>160</sub> P <sub>172</sub>	
Днепровская 521	—	—	—	41,1	54,4	68,7	43,3	52,0	N <sub>80</sub> P <sub>103</sub>	
Яровой ячмень										
Нутанс 187	20,5	14,8	31,6	29,4	37,5	37,2	31,4	28,9	N <sub>80</sub> P <sub>120</sub> K <sub>74</sub>	

*Илийский сортоучасток (обыкновенный орошаемый серозем)*

Озимая пшеница:									
Безостая 1	67,9	64,5	72,4	76,2	74,8	60,0	60,5	68,0	N <sub>109</sub> P <sub>84</sub> K <sub>33</sub>
Днепровская 521	—	74,2	77,7	81,9	75,5	62,5	64,7	72,7	N <sub>109</sub> P <sub>84</sub> K <sub>33</sub>
Сахарная свекла:									
ВНИИС полугибрид	694	581	683	608	729	—	729	670	N <sub>124</sub> P <sub>16</sub> :K <sub>92</sub>
Киргизская о/с	575	537	582	560	638	642	641	596	N <sub>29</sub> P <sub>193</sub> K <sub>87</sub>
Кукуруза на зерно									
Майкопская 4	—	—	58,0	64,3	54,7	67,3	47,8	58,4	N <sub>181</sub> P <sub>118</sub> K <sub>54</sub>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Илийский богарный сортоучасток (светлый серозем)*

Озимая пшеница										
Безостая 1	12,7	16,3	9,4	23,6	—	18,3	33,3	19,0	N <sub>60</sub> P <sub>27</sub>	
Яровой ячмень										
Нутанс 970	—	11,4	17,4	18,5	28,2	13,3	29,3	20,0	N <sub>26</sub> P <sub>32</sub> P <sub>29</sub>	

*Талды-Курганский комплексный сортоучасток (светло-каштановая почва)*

Озимая пшеница:									
Днепровская 521	—	—	66,5	75,7	52,5	62,5	57,0	62,6	N <sub>110</sub> P <sub>120</sub> K <sub>30</sub>
Мироновская 808	66,5	58,9	60,5	70,1	44,8	55,2	76,5	61,6	N <sub>110</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>
Сахарная свекла									
Рамонская 1537	544	593	662	607	583	600	582	596	N <sub>163</sub> P <sub>180</sub> K <sub>100</sub>

*Саркандский сортоучасток (темно-каштановая почва)*

Озимая пшеница:									
Мироновская 808	45,6	40,3	49,7	58,0	—	68,1	49,5	58,0	N <sub>125</sub> P <sub>90</sub>
Днепровская 521	—	—	—	74,2	—	69,3	63,5	69,0	N <sub>175</sub> P <sub>100</sub>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Яровая пшеница:									
Казахстанская 126	29,6	21,3	31,6	24,3	19,5	40,6	24,9	27,4	N <sub>82</sub> P <sub>83</sub>
Саратовская 29	31,2	26,5	28,4	28,1	16,2	43,2	26,1	28,8	N <sub>82</sub> P <sub>83</sub>

*Алакульский сортоучасток (обыкновенный серозем)*

Озимая пшеница									
Мироновская 808	45,8	21,1	41,0	49,8	43,3	40,5	43,5	40,7	N <sub>70</sub> P <sub>84</sub> K <sub>62</sub>
Сахарная свекла									
Рамонская 1537	479	468	488	548	446	534	562	503	N <sub>213</sub> P <sub>156</sub> K <sub>86</sub>

32,4 тыс. га, то есть почти четверть их площадей в республике.

На поливе содержится: садов — 16,7 тыс. га, виноградников — 8,4, ягодников — 0,7 и плодopитомников — 0,1 тыс. га (данные Алма-Атинского отделения «Казгипрозема»). Основная часть плодовых насаждений расположена в предгорьях и низкогорном поясе северного склона Заилийского Алатау на абсолютных высотах 800—1500 м над ур. м. Сахарная свекла возделывается в Талгарском, Илийском, Каскеленском и Джамбулском районах. Основные районы производства табака — Чиликский, Энбекшиказахский и Талгарский.

Животноводство — ведущая отрасль в экономике области, его удельный вес в общем объеме валовой продукции сельского хозяйства равен 60%. К числу районов, в которых преобладает животноводство, относятся Нарынкольский, Уйгурский, Балхашский и Джамбулский.

В Балхашском и Уйгурском районах с 1967 г. развивается рисосеяние. В 1973 г. площади посевов риса только в двух совхозах Балхашского района («50 лет Октября» и «Бахбахтинский») составили 5300 га при средней урожайности 28,3 ц/га. В перспективе в Акдалинском массиве на базе Капчагайского водохранилища намечено довести площади под посевами риса до 10 тыс. га.

В реализации решений XXV съезда КПСС труженики села Алма-Атинской области обязались в десятой пятилетке резко увеличить производство зерна, картофеля, овощей, винограда, табака, плодов и ягод, мяса, молока, шерсти и яиц. Причем ни одна область республики не производит столько разнообразной продукции сельского хозяйства, как Алма-Атинская. Выполнение обязательств потребует максимальной мобилизации сил и средств, дальнейшего использования всех резервов (в частности земельных) и возможностей хозяйств.

## **ДИНАМИКА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ**

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Поставленная нашей партией задача по дальнейшему подъему эффективности земледелия в значительной мере зависит от рационального использования и увеличения плодородия почв. Последнее возможно лишь

при детальном изучении почвенных процессов, установлении закономерностей динамики элементов питания растений в почвах на фоне поливов, удобрений и под возделываемыми сельскохозяйственными культурами.

К исследованию этих проблем мы подошли с точки зрения интерпретации выявленных в процессе многолетних наблюдений закономерностей НРК в почвах Юго-Восточного Казахстана в сравнительно-региональном аспекте (Центрально-Черноземная область РСФСР, УССР, Молдавия, Северный Кавказ и Алтай — для черноземов; Северный Кавказ и Поволжье — для каштановых почв; Закавказье и Средняя Азия — для сероземов). Многие закономерности НРК в почвах названных провинций (на соответствующих агротехнических и агрохимических фонах) вполне приемлемы для оценки плодородия почв Заилийского Алатау.

Объектами сопоставляемого изучения для коллектива кафедры почвоведения КазСХИ были генетически идентичные целинные и пахотные варианты почв предгорий Алма-Атинской области, где почти отсутствует пестрота почвенного покрова. Стационарные площадки выбирались на однородных участках.

Наблюдения за водным и питательным режимами тематически выдержаны, проведение их было связано с решением прикладных задач практики поливного и богарного земледелия. На сероземных и каштановых почвах испытывалась эффективность звеньев и культур пропашного севооборота, числа поливов, доз, соотношения и способов внесения минеральных удобрений под полевые культуры, на черноземах — способы содержания междурядий сада на поливе и эффективность удобрений под богарные посадки картофеля. Разумеется, при различии подтипов почв и целей исследований не может быть единых схем закладки опытов и методик определений питательных веществ. В образцах почв опытных стационаров выполнены общие химические (в том числе валовые) анализы по генетическим горизонтам и режимные определения (3—5 раз за вегетацию) влаги, усвояемых форм азота, фосфора и калия по глубинам 0—10, 10—20, 20—40, 40—60, 60—80 и 80—100 см. Отбор образцов почв приурочивался к фазам роста опытных растений.

На территории совхоза «Иссык» (1000—1300 м над ур. м.) Эмбекшиказахского района в течение 5 лет изуча-

лось изменение физических, водно-физических свойств и химического состава среднегумусных и малогумусных черноземов под садами в зависимости от способов содержания междурядий культур. Варианты опыта: 25—30- и 70-летние сады с естественным задернением междурядий; 25—30-летний сад, в междурядьях которого 5 лет возделывалась земляника, сахарная свекла, картофель и люцерна; целина. Режимные исследования и учет урожая проводились на стационаре в пределах 6—10-модельных деревьев яблони. В приствольных кругах почва весной перекапывалась и вносились минеральные удобрения (по 1—2 ц/га суперфосфата, аммиачной селитры и хлористого калия). Сады поливались за вегетацию 5—7 раз с оросительной нормой 5000 м<sup>3</sup>/га.

На территории учебно-опытного хозяйства «Джана-шарское» (600—700 м над ур. м.) этого же района также в течение 5 лет изучалась динамика основных элементов плодородия лугово-сероземных почв под культурами экспериментального пропашного (6—8-польного) севооборота: сахарная свекла, озимая пшеница, кукуруза, горох, ячмень и вико-овес. Культуры — удобряемые и орошаемые, агротехника — общепринятая на опытах, направленная на получение высоких урожаев. Образцы на режимные определения отбирались перед поливом, после междурядных обработок, с четырех учетных площадок (по 200 м<sup>2</sup>) на каждом из 18 полей с 5 глубин и 5 раз за вегетацию.

В этом же хозяйстве и по такой же методике исследовались водно-физические свойства и водно-пищевой режим лугово-сероземной почвы под культурами сахарной свеклы, гороха, пшеницы и в саду.

На территории селекционного отделения Казахского института земледелия, расположенного в Каскеленском районе, 3 года изучались водный и пищевой режимы светло-каштановой почвы под кукурузой на фоне опытов по испытанию способов внесения удобрений и числа поливов. Размер делянок — 200 м<sup>2</sup>. Опыт заложен после озимой пшеницы в 4 повторностях на 36 делянках. Сроки 3 поливов — 20/VI, 10/VIII, 31/VIII; 6 поливов — 29/VI, 17/VII, 30/VII, 7/VIII, 20/VIII и 6/IX; способ полива — бороздковый при норме 500—600 м<sup>3</sup>/га. Удобрения вносили: дробно — под весновспашку (26/IV) в дозах N<sub>65</sub>P<sub>90</sub>K<sub>40</sub>; под предпосевную культивацию (30/IV) — N<sub>15</sub>P<sub>30</sub>K<sub>10</sub>; подкормка произведена 2/VI — N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>, при второй под-

кормке внесено  $N_{20}P_{30}K_{20}$ . Основное внесение: под весно-вспашку (26/IV) —  $N_{130}P_{180}K_{80}$ . Внесен навоз (26/IV) — 15 т/га и  $P_{30}$ ; даны две подкормки: 2/VI —  $N_{30}P_{30}K_{10}$  и 12/VI —  $N_{20}P_{30}K_{10}$ .

В урочище Ушконыр (1800—2000 м над ур. м.), на горном богарном участке Института картофельного и овощного хозяйства, находящегося в Каскеленском районе, 3 года изучалась динамика элементов плодородия выщелоченного чернозема. Площадь опыта — 0,4 га, каждой делянки — 100 м<sup>2</sup>, было 2—4 повторности и 12 вариантов: I — контроль (без удобрений), II —  $P_{90}$  (суперфосфат с 14%  $P_2O_5$ ), III —  $P_{90}N_{60}$  (аммиачная селитра с 34% азота), IV —  $P_{90}K_{45}$  (калий хлористый с 40%  $K_2O$ ), V —  $N_{60}P_{90}K_{45}$ ; VI —  $Pa_{90}$  (аммофос с 48%  $P_2O_5$  и 12% азота), VII —  $N_{60}P_{90}K_{45}$  + медь, VIII —  $N_{60}P_{90}K_{45}$  + марганец, IX —  $P_{90}$  + марганец, X —  $P_{90}$  + кобальт, XI — пар и XII — целина. Основное удобрение внесено под весеннюю перепашку зяби (12/V) в дозах: азот — 30, фосфор — 70, калий — 30 кг/га и локально при посадке (15/V) картофеля в посадочные борозды: азот — 30, фосфор — 20 и калий — 15 кг/га. Площадь питания растений — 70×35 см. Сорт Лорх. Агротехника общепринятая для горных условий, направленная на борьбу с сорняками, сохранение влаги в почве и получение высоких урожаев картофеля.

На землях колхоза им. Мичурина Талгарского района также 3 года изучались водный и питательный режимы орошаемых предгорных темно-каштановых почв. Стационарный полевой опыт с картофелем заложен для испытания разных доз и сочетаний минеральных удобрений на площади 0,5 га. Площадь учетной делянки равнялась 100 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. Опытам предшествовали культуры звена овощного севооборота: люцерна — огурцы — картофель. Варианты опыта: I —  $P_{60}$ , II —  $P_{90}$ , III —  $P_{120}$ , IV —  $N_{60}P_{90}$ , V —  $P_{90}K_{60}$ , VI —  $N_{60}K_{60}$ , VII —  $N_{60}P_{90}K_{60}$ , VIII — контроль, IX—X — пар, XI — богара и XII — целина.

Режимные анализы элементов плодородия почв выполнялись следующим образом: температура почв — колленчатыми термометрами и электротермометром-щупом; полевая влажность — высушиванием при 105° в электрическом сушильном шкафу в течение 5—6 ч; нитраты — в водной вытяжке из свежих образцов почв по Грандваль-



Ляжу; поглощенный аммоний — в солевой вытяжке с реактивом Несслера; усвояемый фосфор — в карбонатных почвах по Б. П. Мачигину, в бескарбонатных — по Труогу-Мейеру; обменный калий — в карбонатных почвах по В. П. Протасову, а бескарбонатных — по А. Г. Кирсанову с последующим замером на пламенном фотометре; легкого гидролизуемый азот — по И. В. Тюрину и М. М. Кононовой; нитрификационная способность — по Н. И. Болотиной и Е. А. Абрамовой. Повторность анализов и определений 3-кратная. Урожайные данные обработаны по Б. А. Доспехову. Анализы почв (более 15 тыс.) выполнены в лабораториях кафедры почвоведения и НИСа КазСХИ, часть общих анализов почв и растений, режимных определений заказана в институтах почвоведения АН КазССР, плодоводства и виноградарства, земледелия и проектного института «Казгипрозем» МСХ КазССР. Данные о химическом составе растений и по выносу ими НРК привлечены из литературы.

## ЧЕРНОЗЕМЫ

По словам В. В. Докучаева, чернозем — это вековечное, неистощимое русское богатство. Генезис, состав и свойства черноземов всесторонне освещены в работах известных почвоведов и агрохимиков (В. В. Докучаев, П. А. Костычев, Н. С. Авдонин, Л. И. Прасолов, И. В. Тюрин, В. А. Францесон и П. Е. Простаков, А. А. Лазарев, Е. А. Афанасьева, И. А. Крупенников и др.). Нашей задачей явилось исследование закономерностей мобилизации и изменения содержания основных питательных веществ в черноземах вообще и черноземах Заилийского Алатау в частности.

**Содержание гумуса и азота.** «Царем почв» назван чернозем из-за высокого потенциального плодородия — больших запасов гумуса и азота. Содержание гумуса в черноземах изменяется в широких пределах — от 5 до 15% в горизонте А, или 300—600 т/га в верхнем метровом слое. Запасы гумуса различаются по провинциям черноземов СССР: они повышены в Западном и Северном Предкавказье и Саратовской области (350—550 т/га) и несколько занижены на крайнем юго-западе и юго-востоке страны — в Молдавии и Казахстане (330—450 т/га). Причем выщелоченные черноземы отличаются от карбо-

натных повышенным содержанием гумуса и узким отношением С к N. Орошение способствует накоплению гумуса и мобилизации в нем гуминовой кислоты. На накопление гумуса влияет почвообразующая порода: больше его содержится в выщелоченных черноземах Саратовской области, сформированных на покровной глине (555 т/га), меньше — на делювиальной глине (392 т/га).

Установлены различия в запасах гумуса и по видам черноземов предгорий Заилийского Алатау. В верхнем метровом слое, по данным Казахского научно-исследовательского института плодоводства и виноградарства, они составляют в черноземах эродированных 150, малогумусных — 190—220, среднегумусных — 380 и многогумусных — 412 т/га. Соответственно занижены и запасы общего азота (табл. 4).

Таблица 4

**Запасы гумуса и общего азота в выщелоченных черноземах Заилийского Алатау, т/га**

Глубина, см	Чернозем мало-гумусный		Чернозем средне-гумусный		Чернозем много-гумусный	
	гумус	азот	гумус	азот	гумус	азот
0—20	128,7	8,8	153,9	7,4	209,1	9,8
20—40	75,3	6,4	59,6	3,0	86,9	3,9
40—100	—	—	130,4	6,9	115,9	6,2
0—100	—	—	343,9	17,3	411,9	19,9

Общего азота в гумусе черноземов равнин содержится 5%, а в горных черноземах Западного Предкавказья и Северного Тянь-Шаня больше — 6,5%. Запасы общего азота в слое 0—100 см черноземов повышены на равнинах европейской части СССР, включая и Саратовскую область (26 и 36 т/га), занижены — на Северном Кавказе и Тянь-Шане (17—24 т/га). И в данном случае выщелоченные черноземы содержат азота больше, чем карбонатные. Для черноземов Алтая и Заилийского Алатау характерна концентрация почти половины запасов гумуса и азота верхней метровой толщи в слое почвы 0—20 см и резкое их снижение в слое 20—40 см. Как показали наши подсчеты и литературные данные, в черноземах Алма-Атинской области по сравнению с равнинными северока-

захстанскими несколько ниже запасы азота (17—20 против 20—22 т/га), меньше отношение органического углерода к азоту (7—9 против 10—12 т/га за счет большего содержания его в гумусе), отношение углерода гуминовой кислоты к углероду фульвокислоты (1,4 против 2,8) и количество нерастворимого остатка.

**Режим усвояемых форм азота.** Доля легкогидролизуемого азота (минеральный и амидный) в общем азоте в черноземах небольшая, что доказывает устойчивость потенциального его резерва. Запасы гидролизуемого азота в слое 0—20 см выщелоченных черноземов Северо-Западного Алтая составляют 0,15—0,35 т/га (до 170 мг/кг), или 2,5% общего азота, а в верхнем метровом слое черноземов Северного Кавказа — 0,43—0,79 т/га. Доля легкогидролизуемого азота также неодинакова в черноземах разных провинций. Она низкая в целинных предгорных и горных выщелоченных многогумусных черноземах — 1,5—3% общего, или до 60—100 мг/кг, средняя — в обыкновенных и южных черноземах равнин — 3—5%, или 0,4—0,9 т/га, и вышесредняя — в горных выщелоченных среднегумусных черноземах под садами с задерненными междурядьями — 5—7%, или 200—300 мг/кг. Среди подтипов черноземов равнин наибольшая подвижность азота установлена у южного (13%), несколько меньшая — у обыкновенного (8,8—9,6%) и выщелоченного (5,9—6,8% общего) черноземов.

Гидролизуемый азот в черноземах подвержен значительным количественным изменениям. При недостаточном увлажнении почвы многолетние травы мало влияют на содержание азота, а при достаточном — бобовые травы заметно увеличивают его запасы в черноземах. Предшественники по способности обеспечения озимой пшеницы подвижным азотом располагаются в таком убывающем порядке: оборот пласта, пласт, полупар, старопашка. Содержание гидролизуемого азота в черноземах уменьшается от весны к осени; оно неодинаково под культурами севооборота: по пласту люцерны на фоне влагозарядкового полива — 113 мг/кг, в пару — 100, под озимой пшеницей после пара — 70—100, после зерновых — 45—55, под кукурузой — 50—115, под яровой пшеницей — 50—60, под картофелем — 35—55 и монокультурой зерновых — 34—44 мг/кг почвы.

В орошаемом предкавказском черноземе содержание

гидролизуемого азота так же уменьшается с весны к осени, как и в неорошаемом. При двухгодичном орошении в слое 0—20 см под яровой пшеницей весной было найдено 60, а осенью — 45 мг/кг гидролизуемого азота, под озимой пшеницей после зерновой культуры — 45 и 34, а по пласту — 115 и 52 мг/кг, в почве длительного орошения под ячменем — 55—31 мг/кг. В травопольном севообороте длительное орошение (15 лет) не оказывает заметного влияния на содержание гидролизуемого азота, снижение его происходит лишь непосредственно после полива (Н. И. Болотина). Обратная закономерность установлена в профиле южного чернозема. В начале вегетации кукурузы в 1 кг почвы содержалось 90—120 мг азота с постепенным уменьшением его количества к концу вегетации. После второго и третьего поливов его количество в почве и потребление растениями резко возрастали.

На мобилизацию азота оказывают положительное действие способы обработки почвы и удобрения. В выщелоченном черноземе равнин весной (6/IV) происходит значительное накопление гидролизуемого азота на фоне 3-кратного дискования (159 мг/кг) с постепенным уменьшением его количества к осени (на 26/IX — до 43 мг/кг). Меньше его накопление по отвальной вспашке. В мощном черноземе установлена эффективность длительного внесения навоза и полного (NPK) удобрения. В почве сада азота накапливается: на контроле — 104 мг/кг, по NPK — 125, навозу — 161, навозу + NPK — 199 мг/кг и еще больше — после совместного внесения навоза и суперфосфата.

В освоенных черноземах предгорий Заилийского Алатау повышено количество легкогидролизуемого азота (305 мг/кг, или 7,1% общего азота) по сравнению с целиной (119 мг/кг, или 3,3%); оно подвержено изменениям в зависимости от характера содержания междурядий сада и возделываемой культуры при орошении (табл. 5, П. С. Булахова). Подвижность азота возрастает при обработке почвы междурядий, особенно в слое почвы 20—60 см, где доля гидролизуемого азота, независимо от количества общего азота, достигает 5—7,5%.

Доля гидролизуемого азота возрастает с глубиной и в составе общего азота выщелоченного многогумусного чернозема, хотя в целом она незначительна (1—4%).

Особенно низка доля подвижного азота в слое 0—20 см (1—2%), где повышено содержание общего азота (0,7—0,8%). Следовательно, гидролизуемого азота в обрабатываемых многогумусных черноземах меньше (до 104 мг,) чем в среднегумусных, еще меньше — на целине (до 87 мг/кг). Из литературы известно заметное увеличение гидролизуемого азота на второй год после освоения целинных черноземов — до 170 против 72 мг/кг на целине. Различия в содержании подвижного азота между контролем и недавно удобренным NP вариантом

*Годы исследований*

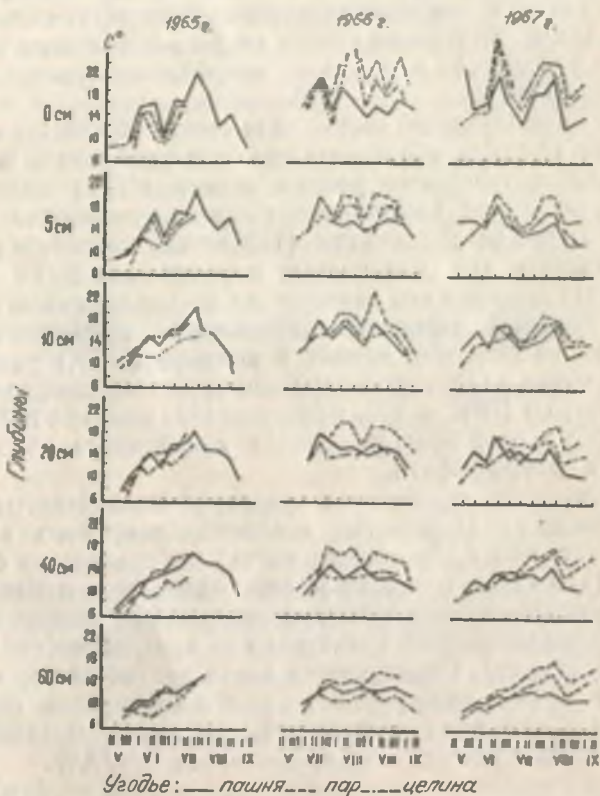


Рис. 4. Динамика температуры выщелоченного чернозема

незначительны. Сравнительно много гидролизуемого азота накапливается в пару (до 197 мг/кг), с глубиной почвы количество его снижается (до 78 кг/га) при одно-

Таблица 5

Динамика общего и гидролизуемого азота в почве в зависимости от способа содержания междурядий сада

Глубина, см	Чернозем малогумусный			Чернозем среднегумусный		
	1	2	3	1	2	3

*Длительное (более 25 лет) задернение междурядий*

0—10	0,385	168	4,3	0,470	299	6,4
10—20	0,315	150	4,7	0,435	196	4,5
20—40	0,250	140	5,6	0,280	140	5,0
40—60	0,170	91	5,4	0,200	128	5,4

*В междурядьях — просо и земляника в год определения*

0—10	0,325	168	5,2	0,430	305	7,1
10—20	0,315	168	5,3	0,435	224	5,1
20—40	0,230	126	5,5	0,305	204	6,7
40—60	0,170	112	6,6	0,170	128	7,5

*Целина*

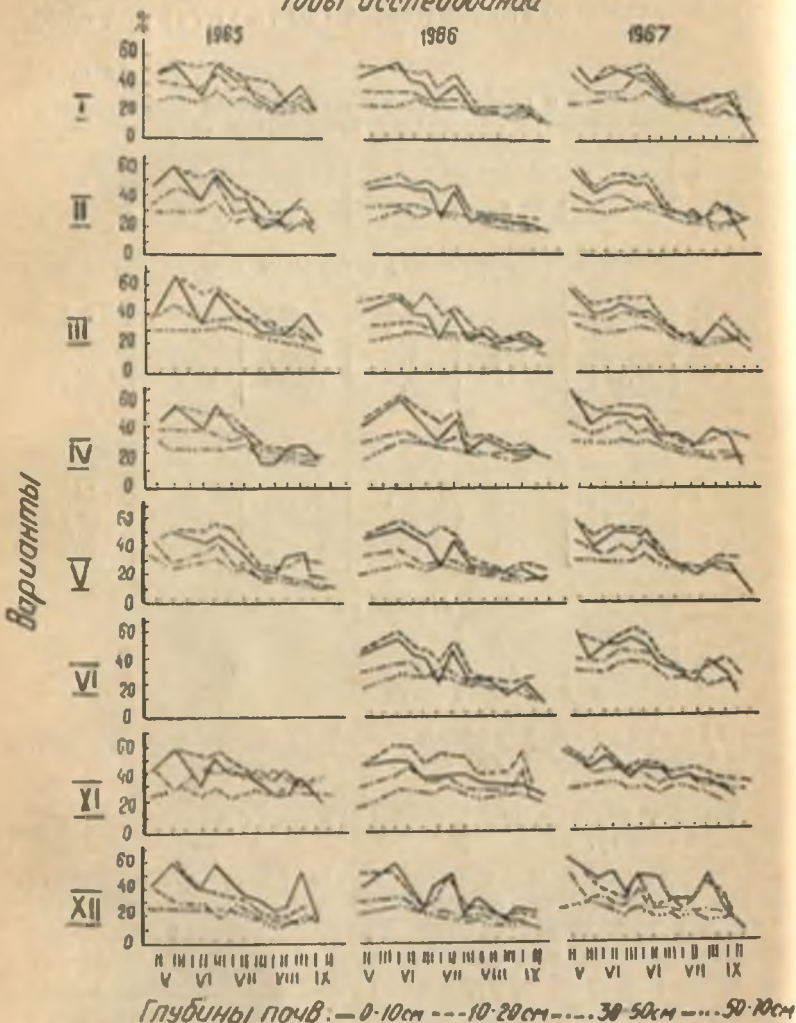
0—10	0,360	119	3,3
10—20	0,290	77	2,8
20—40	0,220	8	1,3

Примечание. 1 — общий азот, %; 2 — гидролизуемый азот. мг/кг почвы; 3 — % к общему азоту.

временном увеличении степени его подвижности (до 4% общего азота).

Мобилизация подвижных форм азота (гидролизуемого, аммонийного, нитратного) и других питательных веществ для выращивания высокого урожая растений возможна лишь при оптимальном гидротермическом режиме почвы (рис. 4, 5). Во все годы исследований отмечалось постепенное иссушение верхнего метрового слоя почвы, начиная с момента формирования вегетативных органов растений (323—393 мм в мае) и до самой уборки урожая (172—241 мм в сентябре). Особенно сильно оно протекало на фоне азотных удобрений до фазы цветения картофеля.

Годы исследований



Глубины почв: — 0-10 см --- 10-20 см ..... 30-50 см ---- 50-70 см

Рис. 5. Динамика полевой влажности в выщелоченном черноземе

В 1965 г. почва наиболее иссушенной оказалась в третьей декаде июля — период цветения растений (40% продуктивной влаги), когда температура почвы в глубинах 10 и 20 см достигала соответственно 20 и 18°. В результате этого резко снизился урожай клубней. А в 1966 и 1967 гг. повышенные температуры в этих глубинах почвы установились несколько раньше критического периода вегетации растений — соответственно во второй и третьей декадах июня. Тогда же в почве содержалось достаточное количество продуктивной влаги, обеспечившее высокий урожай клубней (М. М. Мамышов).

Нами изучена динамика подвижных форм азота в выщелоченном черноземе под картофелем — ведущей культурой в условиях среднегорья. Она на варианте без удобрений (контроль) в основном зависит от гидротермических условий и характера минерального питания растений. За исключением весны сухого 1965 г., подвижного азота в слое почвы 0—50 см содержалось 70—140 мг, глубже — 60—100 мг, в том числе минеральных форм — 30—80 мг на 1 кг почвы. Весной сухого (1965) и влажного (1967) годов исследований из запаса гидролизуемого азота (100—220 мг/кг) лишь половина (60—120 мг/кг) мобилизовалась в минеральные формы, в основном аммонийную. В результате в эти годы последняя форма азота преобладала (40—80 мг/кг) над нитратной (20—40 мг/кг). Летом и осенью наблюдалось усиление процесса накопления минерального азота, и его доля возрастала до 80—90% гидролизуемого. В 1966 г. с оптимальными гидротермическими условиями в почвах преобладал нитратный азот — 50—80 мг/кг в мае и июле.

Несколько отлична от контроля динамика подвижного азота в почве парующей делянки (рис. 6). Весной сухого и влажного, а также осенью оптимального и влажного годов исследований в почвах содержался резерв (30—110 мг/кг) немобилизованного гидролизуемого азота. В другие сезоны накапливалось значительное количество минерального азота: в слое почвы 0—50 см наибольшее в сухом 1965 г. (120—220 мг/кг), среднее — в последующие два года (70—140 мг/кг) и в слое 50—70 см — минимальное во все годы (40—70 мг/кг). За исключением сухой весны и влажного лета 1967 г., в почвах преобладал нитратный азот — 40—110 мг/кг, а



Пар

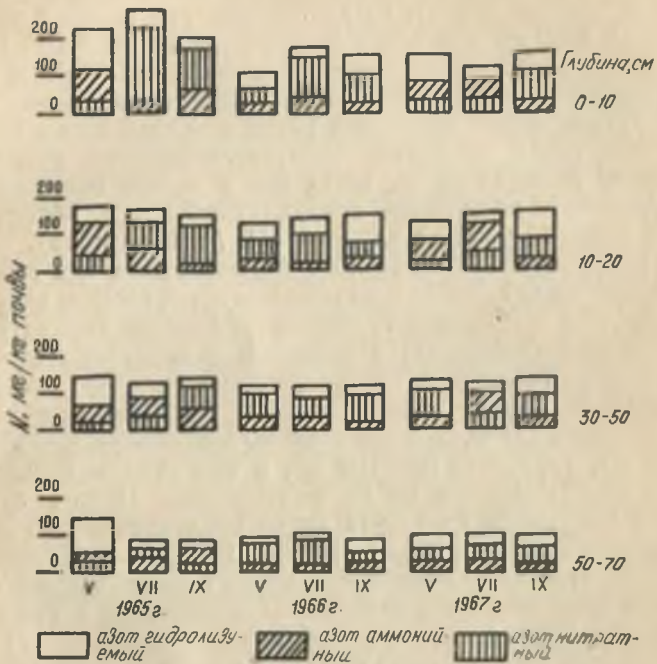


Рис. 6. Динамика подвижных форм азота в выщелоченном черноземе парующей делянки

летом 1965 г.  $N-NO_3$  достигал 185 мг/кг. Заметная мобилизация нитратного азота происходила в оптимальном 1966 г. и теплой осенью 1967 г. Аммонийный азот в почвах преобладал (40—80 мг/кг) весной сухого, весной и летом влажного годов.

В целинной почве гидролизуемого азота было больше весной и летом сухого (70—220 мг/кг) и весной влажного (100—190 мг/кг) годов исследований (рис. 7). В остальные сроки определений в почвах его содержалось меньше (60—110 мг/кг), снижаясь летом и осенью оптимального года в слое 50—70 см до 30 мг/кг. Если исключить весну оптимального года, то в почвах преобладал аммонийный азот: 30—80 мг/кг в сухой и влажный годы. В оптимальный год больше нитратного азота

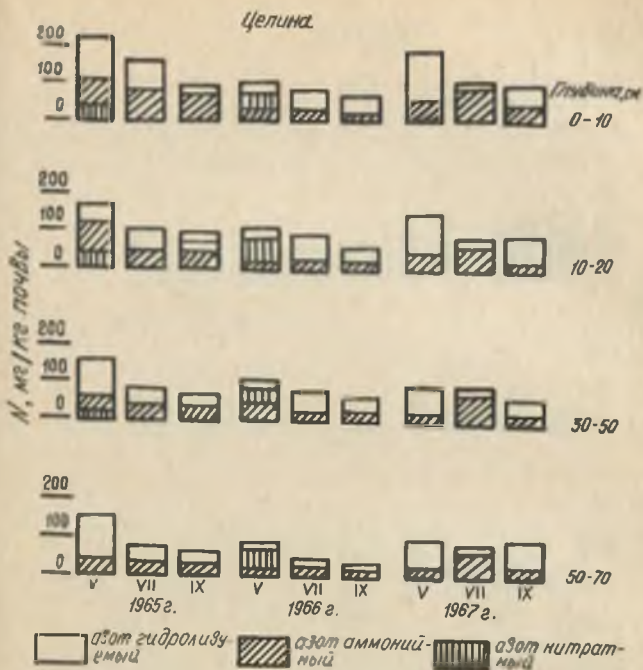


Рис. 7. Динамика подвижных форм азота в выщелоченном черноземе (целина)

(45—75 мг/кг). Слабое его продуцирование отмечалось и весной сухого года — 10—40 мг/кг.

В почвах удобренного варианта ( $N_{60}P_{90}$ ) количество гидролизующего азота в пахотном слое колебалось в пределах 80—120 мг/кг и в слое 30—70 см — 65—85 мг/кг. Лишь весной и летом сухого и весной влажного годов подвижный азот достигал 140—220 мг/кг (рис. 8). В почвах протекала активная мобилизация минерального азота — 80—97% гидролизующего. Вместе с тем определенный немобилизованный резерв последнего (30—100 мг/кг) оставался в почвах весной всех изученных и осенью влажного годов. Кроме весны и осени сухого, весны и лета влажного годов, в почвах оказалось больше нитратного азота. Нитратного и аммонийного азота содержалось по 40—80 мг/кг.

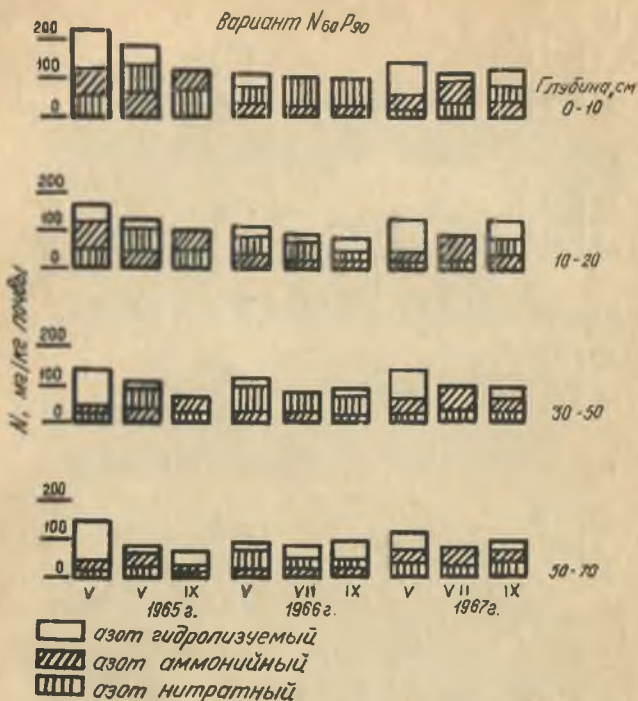


Рис. 8. Динамика подвижных форм азота в выщелоченном черноземе N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>

Общая и гидролизуемые формы органического азота являются потенциальным и ближним резервом минерального азота в почве, мобилизуемым в непосредственный резерв для питания растений благодаря процессам аммонификации и нитрификации. Поэтому задача состоит в мобилизации ближнего резерва — гидролизуемого азота, 72—98% которого может в почве переходить в минеральный и в том числе до 75% — в нитратный азот (П. Е. Простаков).

Доля N—NO<sub>3</sub> и N—NH<sub>4</sub> от гидролизуемого азота в выщелоченном черноземе Заилийского Алатау колеблется в широких пределах: 71—97 (пар) и 56—67% (целина). Максимум минерального азота в почвах пашни наблюдается в июле (80—97% гидролизуемого).

Поскольку минеральный азот в основном представлен нитратным, то главным показателем эффективного плодородия и индикатором степени окультуренности почвы служит процесс нитрификации, приводящий к мобилизации в почве не только нитратного азота, но и вызывающий переход труднорастворимых соединений фосфора и калия в усвояемые формы (А. А. Шмук).

От других генетических типов почвообразования чернозем отличается высокой нитрификационной способностью. Это свойство характеризует потенциальные возможности мобилизации подвижного азота в почве в оптимальных гидротермических и воздушных режимах.

Нитрификационная способность коррелирует с запасами общего азота, зависит от физических свойств, химического состава и культурного состояния почвы, агрохимического и агротехнического воздействия на нее. Почвы, обладающие наибольшей подвижностью азота органического вещества (подзолистые и солонцеватые), характеризуются низкой нитрификационной способностью. Напротив, у черноземов наблюдаются наименьшая подвижность азота и наибольшая возможность мобилизации нитратного азота. При благоприятных условиях нитрификации может продуцироваться 1—5% нитратного азота от общего, или в верхнем метровом слое почвы от 150—300 (карбонатный чернозем) до 400—600 кг/га (выщелоченный чернозем). После распашки многолетних трав в орошаемом черноземе и мощном черноземе под паром накапливается от 200 до 700 кг/га, а в 4-метровом слое — до 1,5 т/га нитратного азота (Н. И. Болотина).

Наибольшей энергией нитрификации обладают мощные тяжелосуглинистые черноземы УССР.\* При десятидневном компостировании в слое 0—10 см целинной почвы накапливается 108 мг, окультуренной почвы — 148 мг, карбонатного чернозема — 62 мг N—NO<sub>3</sub> на 1 кг почвы. Нитрификационная способность почв неодинакова под различными сельскохозяйственными культурами: повышенная — под горохом и люцерной (78—61 мг/кг) и пониженная — под пшеницей (40 мг/кг N—NO<sub>3</sub>). Она повышается в черноземах при поливе теплой водой и внесении фосфорных удобрений от 45 до 112 мг/кг. При

\* Количество образованного нитратного азота после компостирования, за вычетом его количества в исходной почве.

компостировании с суперфосфатом образцов выщелоченного чернозема энергия нитрификации достигает 123 мг, с аммофосом — 426 мг против 96 мг  $N-NO_3$  на 1 кг почвы без удобрений. Также установлено положительное действие на этот процесс аммиачной селитры и мочевины. Последняя эффективна при внесении весной — в слое 0—10 см малогумусного чернозема накапливается до 86 мг/кг  $N-NO_3$  против 45 мг/кг на контроле.

Процесс нитрификации протекает неодинаково по провинциям, агрофонам и профилю черноземов. Согласно исследованиям П. Е. Простакова, нитрификация наиболее энергично протекает в центральнопредкавказских (до 84 мг/кг) средне — в восточнопредкавказских выщелоченных черноземах и слабо — в западнопредкавказских черноземах. Энергия нитрификации в пахотном слое составляет: в североприазовском черноземе — 31—34 мг, в обыкновенном черноземе Молдавии — 18—31 мг и карбонатном черноземе Малой Кабарды на фоне удобрений — 12—22 мг; в подпахотном слое она была подавлена до 3—13 мг  $N-NO_3$  на 1 кг почвы. По данным Н. И. Болотиной, энергия нитрификации наиболее повышена в пахотном слое мощного чернозема (43—29 мг/кг), она резко подавлена в подпахотном слое (16—18 мг/кг) и почти затухает в породе — на глубине 80—100 см (1—2 мг/кг).

Несколько отличаются показатели среднегумусного чернозема: в слое 0—13 см нитрификационная способность на пашне равна 29 мг/кг, на целине — 19, а для слоя 13—39 см преимущество имеет пашня — 41,3 против 4,9 мг/кг  $N-NO_3$  на целине. На распаханых и окультуренных почвах по сравнению с целинными нитратов накапливается в 1,5—2 раза больше (52 против 9 мг/кг).

Определенные закономерности процесса нитрификации выявлены в черноземах Северного Тянь-Шаня. Нитрификационная способность среднегумусного чернозема в саду, междурядья которого находились под естественным задернением и земляникой, в слое 0—10 см выражалась величинами 45 и 52 мг/кг, а при компостировании образцов с суперфосфатом нитратный азот возрос до 70 и 61 мг/кг. Нитрификация резко снижалась в слое 40—60 см под задерненной почвой — 10 мг/кг. Выщелоченные черноземы центральной части Заилийского

**Нитрификационная способность целинных черноземов  
Заильского Алатау (1967 г.)**

Почва и место взятия образца	Глубина, см	N—NO <sub>3</sub> , мг/кг—разница после недельного компостирования				Накопление азота, кг/га
		май	июль	сентябрь	средне-сезонное	
Чернозем среднегумусный (Коктюбе)	0—10	44,3	69,1	20,8	44,7	156,3
	10—20	45,2	25,1	40,2	36,8	128,8
	20—40	19,4	9,8	11,6	13,6	47,6
	40—60	4,8	7,0	—	5,9	20,6
	80—100	2,8	6,1	0,9	3,3	11,5
Полевая влажность, %	0—100	18,1	10,9	10,3	12,4	364,8
Чернозем выщелоченный, многогумусный (Агролесхоз)	0—10	76,0	86,8	26,0	62,9	220,1
	10—20	42,2	116,8	24,3	61,1	213,8
	30—40	19,4	87,8	33,4	46,8	163,8
	60—70	2,2	11,0	16,2	9,8	34,3
	80—90	2,8	13,0	11,0	8,9	31,1
Полевая влажность, %	0—100	34,2	30,5	10,6	23,4	663,1

Алатау в отличие от таковых в УССР, по нашим исследованиям, обладают высокой энергией нитрификации (табл. 6). В слое почвы 0—40 см после семидневного компостирования количество продуцированного нитратного азота (за вычетом исходного) в образцах июльско-го срока отбора достигало 117—87 мг/кг и резко уменьшалось с глубиной.

Максимум мобилизации нитратов у черноземов наблюдается в июльских образцах, минимум — в сентябрьских, среднее положение по энергии накопления нитратов занимают майские образцы. Потенциальные возможности накопления азота у выщелоченных черноземов в 2 раза больше, чем у среднегумусных. Запасы продуцируемого нитратного азота в верхнем метровом слое равны соответственно 663 и 365 кг/га.

В менее карбонатном лёссе — подпочве выщелоченного чернозема — в июле N—NO<sub>3</sub> содержится в 2 раза больше, чем в карбонатной породе.

В освоенном выщелоченном черноземе (под карто-

Нитрификационная способность выщелоченного чернозема  
Заилийского Алатау

Вариант	N—NO <sub>3</sub> , мг/кг		
	май	июль	сентябрь
Контроль	36,4	30,0	25,3
Рс	29,4	13,0	23,0
NPс	45,2	13,5	27,3
Пар	—	—	34,5

фелем) западной части Заилийского Алатау энергия нитрификации в 1967 г. оказалась ниже, чем в центральной части (табл. 7).

В слое 0—20 см ее величина колебалась в пределах 45—13 мг азота на 1 кг почвы, то есть она приближалась к данным среднегумусного чернозема, хотя, как показано выше, в благоприятные годы мобилизация нитратного азота в пару выражается довольно высоким показателем — до 185 мг/кг. В данном случае на накоплении нитратов положительно сказалась аммиачная селитра (с 34% N), а также содержание почвы под паром. Суперфосфат во влажный год несколько подавляет энергию нитрификации. По накоплению азота в почве испытанные варианты располагаются в таком количественно убывающем ряду: пар — NP удобрения — контроль — удобрение суперфосфатом. Максимум мобилизации нитратного азота в почвах всех вариантов отмечен в мае, минимум — в июле. В сентябре энергия нитрификации вновь повышается.

Этот процесс характеризует степень обеспеченности почв азотом. Для черноземов рекомендуются такие градации обеспеченности нитратным азотом (мг/кг в слое 0—40 см): менее 10 — обеспеченность почвы азотом слабая (потребность растений в азотных удобрениях сильная); 10—20 — средняя; 20—30 — повышенная (растения мало нуждаются в азотных удобрениях); более 30 — высокая (растения не нуждаются в азотных удобрениях).

Если исходить из этих градаций, то обеспеченность азотом черноземов Заилийского Алатау можно считать повышенной и высокой для зерновых культур. Количест-

ва же азота для технических и овощных культур могут быть искусственно повышены на 50%, в том числе 25% — предположительно за счет мобилизации аммиачного азота почвы.

После оценки потенциальных возможностей мобилизации подвижного азота перейдем к характеристике динамики его форм в черноземах.

В полевых условиях роль аммиачного и нитратного азота в питании растений неодинакова из-за различной их подвижности в почве. Меньшая доступность аммония для растений объясняется тем, что он находится в почве в поглощенном состоянии — обменном и необменном. В обыкновенном черноземе Каменной степи Воронежской области в начале мая количество  $N-NH_4$  достигало 201 мг/кг, снижаясь в июле до 11—22 мг/кг. Очень мало его (1—8 мг/кг) обнаружено в выщелоченных черноземах Северного Кавказа, правда, весной и поздней осенью количество  $N-NH_4$  достигало 19 и реже — 42 мг/кг. А в мощном черноземе под яровой пшеницей аммонийная форма азота преобладает над нитратной (29—43 и 13—37 мг/кг); больше аммония накапливается под озимой пшеницей по пласту и обороту пласта люцерны.

Выщелоченные черноземы Заилийского Алатау отличаются от черноземов равнин и предгорий страны повышенным накоплением аммонийного азота, которое изменяется по сезонам и годам в зависимости от гидротермического режима и аэрации. Содержание  $N-NH_4$  в почвах всех испытанных вариантов колебалось в сухом 1965 г. от 20 мг/кг в слое 50—70 см до 80 в слое 0—10 см; в оптимальном 1966 г. — от 15 до 30 мг/кг и во влажном 1967 г. — 31—55 мг/кг почвы. Временное избыточное увлажнение чернозема способствует мобилизации и перемещению аммония до глубины 60 см в количествах 10—25 мг  $N-NH_4$  на 1 кг почвы.

По нашим данным, почвы опытных делянок, удобренных и недавно удобренных азотом, сильно не различаются по содержанию обменного аммония. Это связано, во-первых, с высокими потенциальными запасами гумуса и азота в выщелоченном черноземе; во-вторых, при оптимальных гидротермических условиях в корнеобитаемом слое почвы интенсивно протекает нитрификация аммония, и азот потребляется растениями. В то же



время в выщелоченных черноземах Северного Кавказа длительное основное минеральное удобрение (NPK) способствует увеличению количества  $N-NH_4$  на 10—50% в течение вегетации растений. Резкое возрастание аммонийного азота от внесения аммофоса отмечено и в выщелоченном черноземе других регионов страны.

На контроле и в варианте с фосфором в выщелоченных черноземах Алма-Атинской области наблюдалось меньшее содержание аммония в слое 10—20 см, откуда, очевидно, он интенсивно потреблялся корнями растений картофеля. Почвы пара в засушливый (1965) и влажный (1967) годы содержали аммония меньше, чем почвы под картофелем. А в поверхностном слое целинной почвы аммония в такие годы было гораздо больше. Уменьшение количества аммония в благоприятном по гидро-термическому режиму 1966 г. можно объяснить бесперебойным его окислением в нитраты.

Динамика нитратного азота в почве зависит от факторов атмосферного, почвенного, агротехнического, агрохимического порядков и возделываемой культуры. Большинство исследователей отмечают положительное влияние производственной деятельности человека (возделывание сельскохозяйственных культур, удобрение и полив их) на накопление основных питательных веществ, и в том числе нитратного азота, в черноземах СССР.

При обработке многогумусных черноземов накопление нитратного азота происходит интенсивно в черном пару. Парование поля приводит к накоплению большого количества нитратного азота и в черноземах Поволжья, Предкавказья (до 200 кг/га) и Западной Сибири (до 300 кг/га); несколько меньше (218 кг/га в метровом слое) его накапливается осенью (П. Е. Простаков). В динамике накопления нитратов на паровом поле в пахотном слое выщелоченного чернозема Ставропольского плато депрессия нитратообразования отмечена в октябре — ноябре и марте — апреле; в мае — сентябре происходила мобилизация нитратов. По накоплению нитратного азота впереди черного пара находится пласт люцерны (83,6 и 57,8 мг/кг почвы), среднее положение занимает оборот пласта. В выщелоченном черноземе Воронежской области под кукурузой нитратов содержалось больше на фоне дискования (40—127 мг/кг) и мень-

ше — по отвальной пахоте (16—72 мг/кг) с максимальным накоплением их летом и минимальным — осенью.

В Каменной стене глубокая вспашка чернозема (до 35 см) по сравнению с обычной приводит к увеличению запаса влаги, улучшению физических свойств и накоплению большего количества нитратов, обеспечивает прибавку урожая озимой пшеницы на 2,4 ц/га. Напротив, в черноземах Омской области накоплению нитратного азота (35 кг/га) способствует лущение стерни на 6—8 см по сравнению с зяблевой вспашкой на глубину 20—22 см (15 кг/га). Для мобилизации питательных веществ весьма важно создание оптимального уплотнения пахотного слоя прикатыванием при плотности, равной 1,15 и 0,92 г/см<sup>3</sup>, — 22 и 19 мг N—NO<sub>3</sub> на 1 кг почвы. При безотвальной обработке нитратов в почве значительно больше по сравнению с обычной отвальной вспашкой, тогда как на предкавказских черноземах безотвальная обработка ослабляет нитратонакопление и ухудшает азотный режим.

По данным кафедры почвоведения КазСХИ, при задернении междурядий орошаемого сада в почве нитратов содержится больше, чем на целине. Если в целинной почве содержание азота нитратов низкое (до 3,5 мг/кг), то в почвах сада с естественным и люцерновым задернением междурядий оно среднее — 13 мг/кг, а в почве (в слое 0—10 см) под земляникой в междурядьях оно еще выше — 30 мг/кг. Глубже содержание его резко снижается — до 1—5 мг/кг. В обрабатываемых же почвах нитраты обнаружены до глубины 60 см с максимумом накопления в апреле — мае, когда почва сада была увлажнена до ППВ. Под люцерной третьего года жизни происходит депрессия нитратонакопления. Распашка трав сопровождается накоплением нитратов в почве, если междурядья (в первый и во второй годы обработки пласта) занимают сахарной свеклой и картофелем. Таким образом, по способности накопления в почве нитратного азота на первом месте находится сад, в междурядьях которого возделываются пропашные культуры (30—60 кг/га), на втором — сад с естественным задернением (27 кг/га); на третьем — сад с люцерновым задернением междурядий (17 кг/га) и на последнем месте — целина.

Исследованиями Казахского научно-исследователь-

ского института плодородства и виноградарства установлено, что в почвах сада с чересрядно парующими междурядьями нитратного и аммонийного азота накапливается значительно больше (264 кг/га), чем в саду с многолетним сплошным задернением междурядий (148 кг/га в слое 0—100 см).

Установлена прямая зависимость режима аммонийной и нитратной форм азота в южном черноземе от обработки и возделываемых культур.

Мобилизация нитратов в черноземах разных провинций протекает почти идентично. Например, в черноземах Среднего Поволжья, Приазовья и Молдавии накопление нитратов под кукурузой происходит начиная с ранней весны и достигает максимума в июне. Летом содержание нитратов в связи с интенсивным потреблением их растениями и иссушением почв резко убывает. Аналогичная закономерность установлена и в черноземах Западной Сибири, Воронежской области и Предкавказья. Наибольшее содержание нитратного азота в почве под яровой пшеницей отмечается весной в период посев — всходы — до 250 кг/га в слое 0—100 см. В течение вегетационного периода нитратов и аммония в почве мало.

На режим азота большое влияние оказывают возделываемые культуры-предшественники. Под яровыми и озимыми зерновыми культурами он складывается благоприятно после чистого пара или зяби после яровой пшеницы, посеянной на пару, после раннего подъема пласта многолетних сеяных трав и целины. В слое 0—60 см слабовыщелоченного чернозема содержание нитратного азота составляет: после кукурузы — 137, под яровой пшеницей по пару — 105 и по зяби — 64 кг/га. Озимые зерновые культуры, размещенные по чистым парам, после предшествующей дождливой осени нуждаются весной в азотной подкормке, не нужна она после сухой осени, если в пахотном слое почвы содержится  $N-NO_3$  более 30 кг/га.

В условиях Северного Кавказа и Тянь-Шаня максимум накопления нитратов под черным паром наблюдается в сентябре и октябре. Последствие парования черноземов выражается увеличением нитратного азота (до 84 мг/кг) и урожая зерна озимой пшеницы (39 ц/га). После кукурузы эти показатели составляют соответственно 61 мг/кг и 25 ц/га. Много нитратов в почве остается

ся после уборки пропашных, в частности орошаемой культуры кукурузы.

Под многолетними сеянными травами после двух-трехлетней жизни в черноземах нитраты полностью исчезают. Распашка же трав сопровождается мобилизацией нитратного азота в почве до 200 кг/га в неорошаемых и 700 кг/га в орошаемых условиях (П. Е. Простак). Следовательно, пар, пропашные культуры и пласт многолетних трав являются хорошими предшественниками озимой пшеницы.

На поливе мобилизация нитратного азота идет и под зерновыми культурами. В верхнем метровом слое почвы под кукурузой размеры его накопления изменяются от 246 (карбонатный чернозем) до 437 кг/га (выщелоченный чернозем). В результате полива без удобрений удваивается урожай культуры (Н. И. Болотина). Активная мобилизация нитратов в черноземах отмечена и под озимой пшеницей на поливе. Причем количество  $N-NO_3$  в слое почвы 0—40 см возрастало по мере увеличения поливной нормы: при 100 м<sup>3</sup>—19,4 мг/кг, 400 м<sup>3</sup>—25,9 и 800 м<sup>3</sup>—30,5 мг/кг. Одновременно наблюдалось энергичное вымывание нитратов: при влагозарядковом поливе озимой пшеницы — до 2 м; при поливе же дождеванием нитраты остаются в слое почвы 0—40 см (М. С. Жуков). А нитраты, вымытые поливной водой, в условиях Центрально-Черноземной полосы в межполивные периоды не поднимаются восходящим током воды и тем самым отчуждаются у растений. Аналогичная динамика нитратов складывается и под влиянием атмосферных осадков. В черноземах Западной Сибири в засушливые годы нитраты накапливаются в слое 0—40 см. В годы же с повышенным количеством осадков они распределяются в верхнем метровом слое, а в осенне-зимний период вымываются еще глубже. В почвах Центрально-Черноземной полосы нитраты под влиянием осенних осадков перемещаются до 60—100 см, а после весенних осадков следующего года — 120 см и последующих вегетационных поливах — 160 см. Там они остаются неиспользованными корнями сахарной свеклы до августа.

Таким образом, в отличие от других типов почв в черноземах при благоприятных гидротермических условиях может мобилизоваться большое количество нитратного азота. Если не использовать его своевременно, он теря-

ется бесполезно для растений. А размеры потерь азота, как показали наши опыты, значительны. Поэтому сохранение нитратов от вымывания поливными и атмосферными водами — одна из задач земледелия и рационального использования потенциальных ресурсов азота черноземов. Для этого следует, применяя соответствующие агротехнические мероприятия (чередование культур в севообороте, возделывание пожнивных культур, безотвальная обработка и др.), осенью исчерпать весь запас нитратного азота в почве; использовать передовые способы полива (импульсный, полив гибкими шлангами, дождевание и т. д.), соблюдать оптимальный режим полива с учетом требований возделываемой культуры и механического состава с целью промачивания биологически активного и корнеобитаемого слоя почвы.

И наконец, в мобилизации нитратного азота в черноземах огромна роль органических и минеральных удобрений. Навоз стимулирует нитрификацию в черном пару с большим последствием на втором году; он способствует накоплению нитратного азота под культурами севооборота. Напротив, в выщелоченных черноземах Краснодарского края осеннее запахивание соломы, навоза и сидератов тормозило накопление нитратов. С. В. Щусев, П. Е. Простаков, А. И. Симакин отмечают положительное действие минеральных и особенно фосфорных удобрений на мобилизацию нитратов в черноземах. В свою очередь, на фоне повышенного содержания нитратов возрастает эффективность фосфорных удобрений (В. А. Францесон).

Выщелоченный чернозем Заиллийского Алатау характеризуется высоким содержанием нитратов и сильной изменчивостью по годам. Наиболее благоприятные условия мобилизации нитратов сложились летом 1966 г. В 1967 г. из-за низкой температуры и избыточной влажности нитратного азота в почве было значительно меньше (31 мг/кг), чем в предшествующие два года (79 и 63 мг/кг). Несмотря на такое различие, во все годы определений отмечено значительное уменьшение количества нитратов в почве в период от бутонизации до конца вегетации картофеля (особенно сильно в слое 10—20 см). Это объясняется интенсивным потреблением нитратов растениями. Наиболее интенсивно образуются нитраты на паровом поле, а на целине они сразу же

поглощаются корнями трав. В 1966—1967 гг. наблюдалось вымывание нитратов по профилю почвы выпавшими осадками.

Внесение азотно-фосфорных удобрений при оптимальном гидротермическом режиме способствует накоплению нитратов в почве как в первый год, так и впоследствии.

**Режим усвояемого фосфора.** Валового фосфора в черноземах мало — 0,1—0,3%, запасы его в верхнем метровом слое составляют 18—23 т/га, углеаммонийнорастворимого — 35—62 кг/га. Следовательно, выщелоченные черноземы Заилийского Алатау по сравнению с черноземами Северо-Западного Алтая беднее доступным фосфором, где его содержание достигает 200 мг/кг, или 350 кг/га. В грушновом составе этого важного элемента питания растений 1—2% (14—25 мг/кг) приходятся на углеаммонийнорастворимые, 3—8% (45—127 мг/кг) — уксуснорастворимые и 23—29% (325—418 мг/кг) — на солянокислорастворимые фосфаты. Причем мобилизация первых двух групп усвояемых фосфатов в выщелоченном черноземе идет интенсивнее, чем в карбонатном.

Динамика доступного фосфора в первую очередь зависит от режима увлажнения почвы атмосферными и поливными водами. Условия, благоприятные для нитрификации (25% влаги от веса почвы и хорошая ее аэрация), усиливают биологическое поглощение фосфора, для денитрификации (44% влаги и слабая аэрация) — способствуют переходу в растворимое состояние связанной фосфорной кислоты почвы. С увеличением влажности возрастает количество растворимого фосфора в почве, улучшается фосфорное питание растений. Поэтому во влажные годы растения испытывают меньшую потребность в фосфоре, чем в сухие, и слабо отзываются на фосфорные удобрения. В обыкновенных черноземах Каменной степи Воронежской области максимум накопления  $P_2O_5$  приходится во влажную весну, и количество фосфора возрастает от весны к лету по мере иссушения почвы.

В черноземах Алма-Атинской области под садами максимум содержания  $P_2O_5$  — 55—81 мг/кг (по Мачигину) также отмечен влажной весной, а минимум — в сухое лето. Усвояемый фосфор в почвах Заилийского Ала-

тау во все годы исследований, за исключением 1958, убывал к осени. В этот год количество  $P_2O_5$  к октябрю в почвах всех вариантов заметно возросло — от 16 на целине до 56 мг/кг под пропашными культурами, в целинных карбонатных среднегумусных черноземах во влажный 1967 г. оно (по Мачигину) оказалось незначительным, с двумя пиками — в мае и сентябре. Напротив, в целинных выщелоченных черноземах содержание  $P_2O_5$  (по Труогу) в этом году было повышено в мае и сентябре. В освоенных разностях установлено постепенное снижение количества  $P_2O_5$  от сухого года к влажному. В сухом 1965 г. из-за слабого потребления фосфора растениями картофеля было повышено количество  $P_2O_5$  в почве по сравнению с последующими двумя влажными годами (114—129 против 37—77 мг/кг), особенно весной. Почвы опытного участка содержали усвояемого фосфора в пределах: до посадки картофеля — 150—180, в фазу цветения — 120—150 и к моменту уборки клубней — 30—100 мг/кг. Следовательно, в сухой год содержание фосфора в почвах пашни к осени снижается, а на целине сходит на нет. Несмотря на потребление растениями, количество  $P_2O_5$  во влажные годы увеличивается к осени за счет мобилизации ресурсов фосфора в почве. В 1966 г. в почве  $P_2O_5$  содержалось: при посадке клубней — 60—110, в фазе цветения — 30—80, в момент уборки количество усвояемого фосфора возросло до 110 мг/кг.

Во влажном 1967 г. в содержании  $P_2O_5$  обнаружены два максимума — весной и осенью, минимум — в третьей декаде июля. Весной 1965 и 1967 гг., когда влажность почвы достигала 55% ее веса, возросло содержание фосфора в слое 30—70 см, возможно, из-за вымывания  $P_2O_5$  нисходящими токами воды при усиленной мобилизации растворимого фосфора в пахотном слое. Во влажный год наблюдается накопление и укиснорастворимых фосфатов (до 160 мг/кг) в выщелоченном и карбонатном черноземах.

П. Е. Простаков, Д. М. Хейфец отмечают уменьшение после полива усвояемой  $P_2O_5$  в черноземах из-за повышенного потребления ее растениями. А. К. И. Тихова, П. Г. Адерихин констатируют положительное влияние полива на мобилизацию  $P_2O_5$ . В профиле выщелоченного чернозема Воронежской области происходило уве-

личение первых двух групп фосфатов (по Чирикову) за счет перевода их из третьей группы. В черноземах Ростовской области возрастало содержание углеаммонийнорастворимой фосфатной кислоты, хотя не отмечалось повышения подвижности фосфатов. Очевидно, на поливе растения используют больше фосфора самой почвы, нежели фосфора удобрений. Увеличение содержания усвояемого фосфора непосредственно после поливов наблюдалось в профиле южного чернозема УССР. При этом фосфорное питание растений складывается лучше на участках, политых по бороздам, чем дождеванием.

Независимо от способа содержания междурядий сада в орошаемых черноземах Запильского Алатау количество углеаммонийнорастворимой  $P_2O_5$  больше, чем на целине. Весной и летом после поливов к тому же возможно нисходящее движение  $P_2O_5$  в профиле почвы. С увеличением оросительной нормы в почвах возрастает содержание органического фосфора.

Орошение способствует мобилизации усвояемого фосфора лишь в выщелоченных черноземах, а в карбонатных черноземах оно снижает подвижность  $P_2O_5$ . В Краснодарском черноземе в черном пару отмечено сопряженное накопление влаги и усвояемых фосфатов, хотя динамика их выражена слабо в зависимости от способов обработки почвы (А. И. Симакин, К. И. Тихова). Несмотря на повышенную нитрификационную способность черноземов, в пару (из-за биологического и химического поглощения) не наблюдается заметного увеличения растворимой  $P_2O_5$ . Максимум накопления нитратов совпадает с минимальным содержанием усвояемого фосфора в почве пара. Напротив, в черноземах УССР происходила сопряженная мобилизация усвояемого фосфора и нитратов. Распашка целинной почвы сопровождается ростом подвижности фосфора. Аналогичные закономерности отмечаются и в черноземах Запильского Алатау.

В окультуренных черноземах Каменной степи усвояемых фосфатов содержится сравнительно много — до 214 мг/кг (по Труогу). По мере накопления в них подвижных форм азота (нитратной и аммонийной) усиливается растворение минеральных соединений фосфора, калия и происходит активное потребление последних растениями.



Мобилизации усвояемой  $P_2O_5$  способствуют безотвальная обработка почвы и уплотнение пахотного слоя чернозема. Содержание фосфора, извлеченного 0,006 н. соляной кислотой (по Францессону), в весенне-летний период увеличивается почти в два раза: соответственно с 18—24 (при объемном весе 0,81 г/см<sup>3</sup>) до 32—46 мг/кг (при объемном весе 1,15 г/см<sup>3</sup>).

В мало- и среднегумусных черноземах Заиллийского Алатау под садами с задерненными междурядьями запасы усвояемого фосфора ниже (73 кг/га), чем в саду с обрабатываемыми междурядьями (87 кг/га). Следовательно, обработка почвы сада по типу пара способствует мобилизации этого элемента.

Из культурных растений усвояемый фосфор больше потребляют овощные, меньше — зерновые культуры. Травы понижают, а многолетние бобовые, наоборот, повышают подвижность фосфатов, особенно на второй и третий год после их распашки. Корневая система гороха способна растворять соединения фосфора и переводить их в усвояемую форму. После отмирания и минерализации органические остатки бобовых трав обогащают почву доступным фосфором. На следующий год после запашки (сидерации) гороха под рис в условиях Средней Азии и юга Казахстана количество доступного фосфора в почве возрастает на 11,4%, а его последствие проявляется даже на пятый год.

При возделывании кукурузы и подсолнечника в почве уменьшается содержание усвояемого фосфора. Наиболее интенсивное его потребление растениями кукурузы из карбонатного чернозема происходит в июне—июле, количество  $P_2O_5$  снижается на 25—34% и составляет 0,67—1% валового фосфора (0,14—0,15%). Растения кукурузы интенсивно потребляют  $P_2O_5$  из более увлажненного слоя почвы 20—30 см и положительно реагируют на фосфорные удобрения при содержании в черноземах до 26 мг/кг углеаммонийнорастворимой и 124 мг/кг уксуснокислорастворимой форм фосфора. На выщелоченных черноземах лесостепи Западной Сибири прибавки урожая зерна яровой пшеницы от фосфорных удобрений составили 10—30%, когда в почве опыта содержалось  $P_2O_5$  (по Труогу) меньше 100 мг/кг, и до 10% — при содержании усвояемого фосфора 100—

200 мг/кг; прибавка урожая не получена при количестве  $P_2O_5$  более 200 мг/кг почвы.

В мало- и среднегумусных черноземах Заилийского Алатау углеаммонийнорастворимой  $P_2O_5$  накапливается больше под пропашными культурами, чем под зерновыми и целинной растительностью. Под возделываемыми культурами наблюдается изменение группового состава минеральных фосфатов — уксусно- и солянокислорастворимых форм. Органического фосфора (нуклеопротенов — IV группа, по Чирикову) больше содержат черноземы выщелоченные, чем карбонатные, — под двухлетней люцерной, кукурузой и подсолнечником. Такой фосфор в процессе минерализации органического вещества микроорганизмами становится доступным растениям.

Органические и минеральные формы фосфора в почвах возрастают при внесении органических удобрений. В выщелоченных черноземах под культурами севооборота на фоне навоза доступная  $P_2O_5$  увеличивается в 3—4 раза; а на фоне органо-минеральных удобрений количество углекислорастворимой  $P_2O_5$  возрастает с 10 (на контроле) до 28, уксуснорастворимой (после органических удобрений) — со 159 до 269 и солянокислорастворимой (после минеральных) — с 241 до 318 мг/кг. При длительном внесении органо-минеральных удобрений происходит обогащение минеральным и органическим фосфором профиля чернозема мощностью до 60—100 см. Причем увеличение форм фосфора в нижних слоях объясняется их вымыванием нисходящими токами воды в виде истинного (минерального) и коллоидного (органического) растворов. При систематическом внесении навоза повышается подвижность фосфатов и в карбонатном черноземе. За вегетационный период среднее количество  $P_2O_5$  в почве под кукурузой (по Францессону) возросло с 26 (контроль) до 38 мг/кг. Вместе с тем наиболее подвижными (в смысле усвояемости) при внесении навоза оказываются фосфаты в сильновыщелоченном черноземе. По-видимому, органическое вещество предотвращает процесс перевода внесенных фосфатов в труднорастворимую форму. Поэтому фосфорные удобрения в черноземах выщелоченных действуют сильнее, чем в карбонатных.

Общезвестно положительное действие на мобилиза-

цию фосфора в черноземах минеральных удобрений, солей и кислот. Последние расшатывают богатство чернозема и способствуют переводу устойчивых и неподвижных его соединений (в том числе и фосфорных) в доступные для культурных растений формы. Как отмечал К. К. Гедройц, при замене части поглощенного кальция чернозема водородом, натрием повышается растворимость гумуса, фосфатов, усиливаются процессы аммонификации и нитрификации. Внесением в рядки хлористого натрия (32—96 кг/га), серы (0,04—0,5% от веса почвы), серной кислоты (10% — из расчета 250 см<sup>3</sup> на сосуд) и цианамид кальция достигается повышение плодородия черноземов за счет вовлечения в оборот скрытого в них мертвого капитала. Количество усвояемого фосфора увеличивается также вследствие внесения в мае во влажную почву калийных удобрений и сернокислого аммония (Н. С. Авдонин).

Полные (НРК) удобрения, внесенные под культуры севооборота с осени под зябь, повышают содержание растворимой Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> в выщелоченных черноземах на 10—30%. В мощных и выщелоченных черноземах количество Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> (по Тругу) по фону удобрений возрастает со 181 до 326 мг/кг. Одновременно повышается подвижность фосфатов (К) — степень использования меченого фосфора 32. Она равна для пшеницы — 25% и гречихи — 43%. При систематическом внесении суперфосфата увеличивается количество первых трех групп фосфатов (по Чирикову) в черноземах юга Казахстана, Предкавказья и УССР, особенно при их совместном внесении с органическими удобрениями. Последние способствуют накоплению усвояемых фосфатов в почве.

Положительное влияние перегноя на сохранение Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> суперфосфата от ретроградации в труднорастворимые соединения И. Н. Антипов-Каратаев объясняет усиленным продуцированием комплексо(хелато)образователей в результате микробного разложения органического вещества, которые защищают внесенные фосфаты от связывания. В выщелоченном же черноземе повышение подвижности фосфатов кальция при систематическом внесении минеральных удобрений объясняется некоторым подкислением среды. При внесении физиологически кислых удобрений, а также под действием корневых выделений растений фосфат кальция переходит

дит в усвояемую, более доступную форму, чем фосфор, мобилизованный длительным внесением навоза (Ф. В. Чириков, А. В. Соколов, Д. М. Хейфец, Л. С. Любарская).

Разный эффект дают и способы внесения минеральных удобрений. Применение последних в один прием под посевы сахарной свеклы при бороздковом поливе уменьшает, а дробное их заделывание в борозды (в четыре приема) увеличивает количество усвояемых фосфатов в черноземах.

При внесении суперфосфата  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  небольшими дозами  $\text{P}_2\text{O}_5$  медленно переходит в труднорастворимое соединение и долго (40 дней) остается в доступной для растений форме. Около половины внесенных фосфатов длительно остаются в усвояемой форме, вполне доступной растениям. Часть фосфатов, перешедших в III и IV группы, является резервом доступных форм и может также использоваться растениями в последствии, отмечаемое иногда слабое их последствие объясняется недостатком азота в почве.

Положительные результаты в накоплении усвояемого фосфора получены при весеннем дробном внесении минеральных удобрений под картофель ( $\text{N}_{30}\text{P}_{70}\text{K}_{30}$  — под весновспашку,  $\text{N}_{30}\text{P}_{20}\text{K}_{15}$  — в посадочные борозды) на выщелоченных черноземах Алма-Атинской области. Хотя количество  $\text{P}_2\text{O}_5$  в выщелоченном черноземе было ниже уровня потребности растений картофеля, почвы вариантов, где вносились фосфорные удобрения в сочетании с калийными, содержали усвояемого фосфора больше, чем на контроле, — 75—145 против 37—129 мг/кг; одновременно больше фосфора потребляли растения на создание урожая. Прибавки урожая клубней в среднем за три года опыта составили: от одних фосфорных удобрений — 64 и фосфорно-калийных — 72 ц/га. Азотные удобрения в некоторые сроки определений отрицательно повлияли на мобилизацию фосфора. По содержанию усвояемого фосфора изученные варианты (после фосфорных и фосфорно-калийных удобрений) располагаются в таком убывающем порядке: NPK (65—134), пар (56—119), контроль и целина (32—75 мг/кг). Таким образом, распашка горного выщелоченного чернозема приводит к мобилизации усвояемого фосфора. Одновременно отмечено вымывание его атмосферными водами до

глубины 50—70 см на пару и вариантах с фосфорными и фосфорно-калийными удобрениями.

**Режим усвояемого калия.** Черноземы предгорий Северного Тянь-Шаня отличаются повышенным содержанием калия: валового — 2—3%, обменного — 300—500 мг, подвижного кислотнорастворимого — 200—300 мг и водно-растворимого — 10—40 мг на 1 кг почвы. В поверхностном метровом слое почвы запасы калия составляют: валового — 200—300 т/га и доступного — 1,5—5 т/га. Из-за биологической аккумуляции количество калия бывает повышено в гумусовом горизонте целинных черноземов и черноземов под садами с многолетним задернением междурядий.

Доступный калий в черноземах отличается значительной динамичностью под возделываемыми культурами и по сезонам года в связи с изменением гидротермических условий. Из минерального резерва почвы калий переводится в доступную форму под действием атмосферных и оросительных вод. Если в течение года будут чередоваться процессы периодического естественного увлажнения (до полной влагоемкости) и иссушения (при 30—40°) почвы, возможен перевод в труднодоступное состояние до 70% обменного калия. Напротив, орошение способствует мобилизации последнего из необменного состояния. Поэтому многие исследователи отмечают значительное накопление доступного калия в черноземах после полива и возможное его вымывание в профиле почвы до глубины 40—80 см (М. С. Жуков, П. Е. Простаков и др). Зависимость накопления обменного калия от влажности почвы (и особенно при орошении) хорошая в карбонатных и слабовыраженная в выщелоченных черноземах.

Динамика обменного калия в выщелоченных черноземах Заилийского Алатау находится в прямой зависимости от гидротермических условий. В сухом 1965 г. максимум калия в почве отмечен весной при посадке, снижение его — в фазу цветения растений картофеля. Количество калия несколько возросло осенью во время уборки урожая до средних величин. Следующий год отличался средними величинами калия. Максимум накопления его отмечался также весной при посадке клубней с последующим снижением до самой осени.

В 1967 г. во время посадки в почвах опыта содержа-

ние калия колебалось в пределах 100—400 мг/кг и на вариантах с фосфорно-калийными удобрениями оно достигало 600 мг/кг с последующим снижением до 100—300 мг/кг. Таким образом, увеличение влажности способствует мобилизации усвояемого калия в выщелоченных черноземах Алма-Атинской области. В результате происходит активное потребление калия растениями, что в конечном итоге повышает урожай клубней. Несмотря на это, здесь необходимо внесение калийных удобрений в дозе 45 кг/га для пополнения потери калия от вымывания, большей мобилизации доступных форм фосфора и калия из минерального резерва, а также для сохранения оптимального соотношения NPK в питании растений картофеля, дающих прибавку урожая клубней до 72 ц/га.

Способы обработки выщелоченных черноземов по-разному действуют на динамику подвижного калия. Максимум его накопления (240 мг/кг) в почве отмечается в июне, а минимум (до 100 мг/кг) — в сентябре. Парование же приводит к активной мобилизации обменного калия (до 400—500 мг/кг) в сильновыщелоченном черноземе (Н. И. Болотина).

Повышению содержания усвояемого калия в черноземах способствуют органо-минеральные удобрения: по NPK — до 164 и навозу — до 306 против 129 мг/кг на контроле. Напротив, от внесения навоза совместно с полными (NPK) удобрениями оно снижается.

В черноземах Каменной степи установлена зависимость мобилизации калия от возделываемых культур. Наибольшее количество обменного калия, извлеченного однонормальным раствором уксуснокислого аммония, обнаружено под некосимой залежью и лесной полосой (600—700 мг/кг) и сравнительно меньше (до 400 мг/кг) — в полевых угодьях с максимумом в апреле. Несмотря на потребление растениями, после полива заметно возрастает количество обменного калия под зерновыми и пропашными культурами. Исключение составляет люцерна.

Целинные черноземы центральной части Заилийского Алатау бывают сравнительно обеспечены усвояемым калием лишь в июне, а выщелоченные черноземы — в июле, когда они достаточно увлажнены (табл. 8).

Содержание калия к осени, по мере иссушения почв, убывает в связи с переходом его в необменное состояние. Обеспеченность калием выщелоченных черноземов

Динамика усвояемого калия в целинных почвах  
Зайлийского Алатау (1967 г.)

Почва	Глубина, см	K <sub>2</sub> O, мг/кг			
		июнь	июль	август	сентябрь
Чернозем среднегумусный (Коктыбе)	0—20	324	216	168	117
	20—40	159	120	145	95
	40—60	102	162	120	72
Чернозем многогумусный выщелоченный (Агролесхоз)	0—10	393	294	84	157
	10—20	162	216	90	129
	30—40	126	174	78	102
	60—70	123	93	69	78

западной части хребта как на пашне, так и на целине согласно известным грациям такова: высокая в пахотном и низкая в подпахотном слоях.

Сравнительно мало калия в почвах контроля и варианта с полными удобрениями. Возможно, на мобилизацию калия отрицательно влияют азотные удобрения. Фосфорные и фосфорно-калийные удобрения, наоборот, повышают содержание обменного калия в выщелоченном черноземе. Пар занимает среднее положение между контролем и вариантом с фосфорно-калийными удобрениями. После укоса естественной растительности, к осени, в целинных черноземах накапливается значительное количество калия. В слое почв 30—70 см всех вариантов, за исключением вариантов с фосфорными и фосфорно-калийными удобрениями, калий резко убывает. Высокое содержание калия в гумусовом горизонте, вероятно, связано с накоплением его биологическим и искусственным путями, а низкое содержание в переходном горизонте (30—70 см) — обеднением породы в результате выщелачивания калия в более глубокие слои. В почвах вариантов с фосфорными и фосфорно-калийными удобрениями калий наряду с мобилизацией в горизонте А перемещается вниз по профилю нисходящими токами атмосферной воды. Поэтому в слое почв 30—70 см этих вариантов повышено содержание подвижного калия. Среднесезонное содержание калия в опыте «развернутый разрез» (по

Захарову) показывает слабую мобильность обменного калия нижних горизонтов: А — 430—280; В — 200—60; ВС — 80—30 и С — 40—30 мг/кг почвы. Поэтому выворачивание на дневную поверхность нижних горизонтов выщелоченного чернозема не способствует повышению в них подвижного калия.



Черноземы исследуемого региона — это высокоплодородные почвы, отличающиеся повышенным содержанием гумуса, валовых и усвояемых форм основных элементов питания растений; в выщелоченном черноземе гумуса содержится больше, чем в карбонатном. Возможно снижение гумуса при длительной обработке черноземов. Напротив, орошение способствует накоплению в черноземах перегной гуматного состава.

По накоплению общего азота черноземы равнин имеют преимущество перед горными, а выщелоченные их аналоги — перед карбонатными. Вместе с тем в горных черноземах больше общего азота в гумусе, концентрированного в собственно перегнойном горизонте.

По провинциям черноземов различается величина легкогидролизуемого азота. Она низкая в целинных горных черноземах (1,5—3%), средняя — в обыкновенных и южных черноземах равнин (до 5%) и повышенная — в горных черноземах под садами с задерненными междурядьями (до 7,5% общего азота). На мобилизацию легкогидролизуемого азота положительно влияют травы (с максимумом его по пласту люцерны и целины), органико-минеральные удобрения; минимум этой формы азота отмечается под зерновыми культурами, среднее содержание — в пару и под пропашными культурами, т. е. подвижность азота возрастает при обработке. Длительное орошение приводит к снижению азота в почве.

В составе легкогидролизуемых соединений азота от 56—67% (целина) до 71—97% (пар) приходится на минеральный азот. В засушливом году азота в почве накапливается больше, чем во влажном. В сухой и влажный годы преобладает аммонийная, а в оптимальный год — нитратная формы азота.



Энергия нитрификации возрастает в направлении от малогумусных до многогумусных черноземов. Нитрификация активнее протекает в черноземах более увлажненной центральной части Северного Кавказа и Заилийского Алатау, слабо — в засушливой части предгорий. Распашка трав и возделывание пропашных культур приводят к накоплению нитратов, особенно в орошаемой почве сада. Наибольшее продуцирование нитратов происходит на фоне азотно-фосфорных удобрений, паровом поле и наименьшее — в целинной почве.

Горные черноземы по сравнению с равнинными беднее доступным фосфором. В сухом году его больше, чем во влажном, когда количество  $P_2O_5$  увеличивается к осени. В среднегумусном же черноземе максимум содержания фосфора отмечается влажной весной, минимум — в сухое лето. Распашка горного чернозема и обработка его по типу пара содействует мобилизации усвояемого фосфора. Причем  $P_2O_5$  больше под пропашными культурами, чем зерновыми и целинной растительностью. Увеличению фосфора в черноземах и повышению урожая картофеля — ведущей культуры зоны — способствуют фосфорно-калийные удобрения.

Черноземы региона отличаются богатством калия, особенно в гумусовом горизонте, и резким убыванием его глубже слоя 30—40 см. Увеличение влажности и фосфорно-калийные удобрения способствуют мобилизации обменного калия в черноземах и повышению урожая клубней картофеля. Во влажные периоды года обеспечены калием и целинные почвы. По мере иссушения почв к осени содержание калия убывает. После укуса естественной растительности происходит накопление калия в целинных черноземах.

### КАШТАНОВЫЕ ПОЧВЫ

В каштановых почвах сухих степей равнин в связи с дефицитом влаги процессы разложения органических веществ и гумусообразования протекают в замедленном темпе, что служит причиной стабильности количества перегноя. В них накапливается небольшой запас корней, представленный в основном фракцией мертвых, неполностью гумифицированных подземных остатков растений.

**Содержание гумуса и азота.** В верхнем горизонте темно-каштановой почвы гумус достигает 4,5%, а его запас в метровом слое — 260 т/га. В составе гумуса преобладают устойчивые соединения группы гуминовых кислот, связанные с кальцием. Запасы основных элементов питания растений в верхнем метровом слое следующие: азота — 28 т/га, фосфора — 24 в темно-каштановой почве; 16,5 и 22 т/га — соответственно в светло-каштановой почве. Из них на пахотный слой (0—22 см) приходится 28—36% азота, 19—20% фосфора и на подпахотный (20—40 см) — соответственно 22—30% и 20—25% (П. К. Иванов). Доля азота в гумусе равна 5,5%. Для темно-каштановых почв, как и для черноземов, характерно широкое отношение углерода к азоту, оно изменяется от 10 до 13. Количество азота легкогидролизуемых органических соединений (в 0,5 н. серной кислоте) незначительное — до 60 мг/кг, или 3,3% общего, и оно до 88% представлено минеральным азотом, из которых 48—61% составляет обменный аммоний. Нитрификация в этих почвах подавлена.

Напротив, в каштановых почвах предгорных степей с благоприятными гидротермическими условиями процессы гумификации и разложения органических остатков растений протекают интенсивно. Поэтому в них по сравнению с равнинными почвами повышено содержание живых (на  $\frac{2}{3}$ ), а также гумифицированных корней и занижены запасы гумуса. В верхнем метровом слое почвы запасы гумуса изменяются от 135—188 (светло-каштановые) до 200—260 т/га (темно-каштановые) и общего азота — соответственно от 8 до 11 т/га. В окультуренных светло-каштановых почвах запас азота достигает 14,4 т/га. В предгорных каштановых установлены узкое отношение углерода к азоту (равное 7—8), меньший запас азота и высокая доля последнего в гумусе (5%). Карбонатные почвы по сравнению с выщелоченными имеют меньшие запасы гумуса и азота (табл. 9, данные Института плодородства и виноградарства КазССР). Несмотря на небольшой запас азота гидролизуемых веществ (0,7 т/га), в них несколько выше доля подвижного азота от общего (5,1%).

**Режим усвояемых форм азота.** На пашне под картофелем гидролизуемый азот составляет 4,8—6% общего. Его количество в почве бывает повышено (80—180 мг/кг)

Запасы гумуса и общего азота в темно-каштановых почвах  
Зайлийского Алатау

Разрез	Содержание гумуса в слое 0—10 см, %	Запасы в слое 0—100 см, т/га	
		гумуса	азота
<i>Почва карбонатная</i>			
171	2,8	203	8,4
178	2,9	201	—
177	3,3	207	10,9
Среднее	3,0	203	9,6
<i>Почва выщелоченная</i>			
175	3,2	259	11,5
176	2,6	245	9,6
199	3,5	221	11,6
Среднее	3,1	241	10,9

в сухой и занижено (47—128 мг/кг) во влажный годы. В сухой год максимум азота в почве (120—243 мг/кг) отмечается в июле, а во влажный — на этот срок (кроме богары) приходится его минимум. Накопление гидролизуемого азота в почве отмечено на варианте N<sub>60</sub>P<sub>90</sub> к концу вегетации картофеля, на пару — до 173 мг/кг. В пахотном слое светло-каштановой почвы Алма-Атинской области количество азота равно 94—109 мг/кг.

В почвах под культурами травопольного севооборота по сравнению с целиной оно незначительное. А под культурами парового севооборота с увеличением возраста окультуривания почвы наблюдается накопление подвижного азота. Предгорные целинные каштановые почвы (как и равнинные) по сравнению с почвами пашни содержат гидролизуемого азота меньше, а светло-каштановые карбонатные — больше, чем темно-каштановые выщелоченные старопахотные почвы. Максимум накопления его в обоих подтипах приходится на май, минимум — на август.

Резкое снижение количества азота можно объяснить потреблением его целинной растительностью (табл. 10).

Следовательно, в каштановых почвах подвижный азот варьирует в широких пределах, так как азот легко-

## Динамика азота легкогидролизуемых веществ в целинных почвах Заилийского Алатау

Почва и место закладки разреза	Глубина, см	Срок определения (1967 г.)		
		май	июнь	август
Светло-каштановая карбонатная (колхоз «40 лет Казахской ССР»)	0—20	128	70	49
	20—40	131	52	42
Темно-каштановая выщелоченная (территория КазСХИ)	0—20	95	56	45
	20—40	81	61	28

гидролизуемых гумусовых веществ быстро минерализуется и становится доступным для питания растений. Поэтому он служит непосредственным источником пополнения запаса подвижного азота. Под действием аммонифицирующих микроорганизмов органический азот переводится в аммиак, затем с участием нитрифицирующих бактерий окисляется в азотную кислоту. Нормальная жизнедеятельность этих бактерий, как отмечалось выше, возможна лишь при хорошей аэрации, оптимальной влажности и наличии в почве оснований для нейтрализации образующейся азотной кислоты.

Нитрификационная способность почвы характеризует потенциальный запас азота, мобилизуемого в почве при оптимальных водно-воздушных и тепловых режимах. Чрезмерный избыток влаги, как и ее недостаток в почве, подавляет нитрификацию, хотя не препятствует аммонификации. Резко снижается нитрификация в солонцеватых почвах.

Для каштановых почв предгорий Заилийского Алатау, лишенных этого негативного свойства, характерна повышенная нитрификационная способность. В условиях лабораторной инкубации образцов светло-каштановой почвы (при температуре 30° и влажности 35%) количество нитратов возрастало при внесении сернокислого аммония в 3—4 раза и под травосмесью третьего года жизни (люцерна с ежой) — более чем в 2 раза. В слое 0—25 см количество нитратного азота повышается от 10 (17/IV) до 24 мг/кг почвы (15/VIII). Установлена зависимость нитрификации от глубины вспашки каштановых почв. В первый год нитрификация усиливается при

вспашке на глубину 35 см (36 мг азота). На второй год имеет явное преимущество плантажная пахота на 45 см, когда накапливается столько же нитратного азота. Поэтому глубокая вспашка в условиях сухих степей — один из эффективных приемов увеличения запасов влаги (на 24—31 мм) и мобилизации усвояемого азота в подпахотном слое почвы.

В слое 0—10 см темно-каштановой почвы Заилийского Алатау, по нашим данным, нитрификация усиливается в мае до 39 мг/кг на целине и 34 мг/кг нитратного азота на пашне; она подавляется в июле с последующим возобновлением в октябре: выше — в слое пашни 10—20 см (20,3 мг/кг), чем на целине (1,7 мг/кг). В удобренной почве парующей делянки количество мобилизованного нитратного азота к осени достигает 47 мг/кг. Как и в черноземах, процесс нитрификации в слое 0—40 см каштановых выщелоченных почв протекает интенсивнее (на 182—186%), чем в карбонатных, и наиболее энергично в карбонатных почвах — в мае (38 мг/кг), а в выщелоченных — в июле (87 мг N—NO<sub>3</sub> на 1 кг почвы). Глубже

Таблица 11

Разница в содержании N—NO<sub>3</sub> в целинных каштановых почвах Заилийского Алатау (1967 г.) после семидневного компостирования, мг/кг

Месяц	Запас нитратного азота в метровом слое почвы, кг/га	Глубина слоя почвы, см				
		0—20	20—40	40—60	60—80	80—100

*Светло-каштановая карбонатная почва*

Май	220	24,9	13,1	20,6	2,4	1,8
Июль	161	28,3	9,8	5,6	0,6	1,6
Сентябрь	49	11,7	0,4	0,9	0,5	0,3
Среднее	143	21,6	7,8	9,1	1,2	1,2

*Темно-каштановая выщелоченная почва*

Май	262	19,2	32,6	9,6	6,1	7,4
Июль	360	50,0	37,3	9,1	5,9	0,8
Сентябрь	175	30,0	16,8	1,2	1,4	0,4
Среднее	266	33,1	29,0	6,6	4,5	2,8

этого слоя процесс накопления нитратов резко подавляется, особенно в сентябре (табл. 11). В верхнем метровом слое почв максимальное количество мобилизованного нитратного азота достигает: в карбонатных — 220 и вщелоченных разностях — 360 кг/га.

Нитрификационная способность почвы значительно выше на пашне. В слое 0—40 см орошаемой темно-каштановой почвы под картофелем она изменяется согласно гидротермическим условиям и вносимым удобрениям (табл. 12, Н. И. Маляр).

Таблица 12

Изменение нитрификационной способности освоенной темно-каштановой почвы в слое 0—40 см

Год	Единица измерения	Среднесезонные показатели N—NO <sub>3</sub> по вариантам опыта с картофелем							Пар
		конт. роль	P	NP	PK	NK	NPK	богара	
1968 (сухой)	мг/кг	83	66	105	64	86	98	61	57
	кг/га	290	231	367	224	306	343	213	200
	%	100	80	126	77	105	118	73	70
1970 (оптимальный)	мг/кг	80	116	143	70	137	132	97	100
	кг/га	280	406	500	245	479	462	339	350
	%	100	145	172	87	171	165	121	125

Примечание. Дозы внесения действующего вещества удобрений: азота — 60, фосфора — 90 и калия — 60 кг/га.

В сухой год энергия нитрификации бывает повышена на вариантах с азотно-фосфорными и полными удобрениями (118—126%). Она подавляется в июле—сентябре (37—57 мг/кг) на неорошаемом пару, богаре, а также на вариантах с фосфорно-калийными удобрениями (70—80% к контролю). В оптимальном по погодным условиям году мобилизация нитратов наиболее энергично проходит на вариантах с азотно-калийными, азотно-фосфорными и полными (NPK) удобрениями (до 172%), а также на богаре и на пару (до 125% к контролю). Как и в сухой год, процесс нитрификации снижается на фоне фосфорно-калийных удобрений, а количество нитратного азота в июле—сентябре изменяется от 40 до 70 мг/кг. За исклю-

чением варианта с азотными удобрениями, в почвах всех вариантов глубже 40 см процесс мобилизации азота протекает слабее (10—20 мг/кг), а на целине он сходит на нет.

Известно, что при повышенном увлажнении почвы усиливается аммонификация, затухает нитрификация и в питании растений преобладает аммонийный азот. В удобренной темно-каштановой почве Заволжья после каждого полива количество аммония по сравнению с неудобренной увеличивалось на 108%. Весной в верхних слоях неорошаемой почвы под пшеницей содержалось 44 мг/кг аммонийного азота, а на глубине 80—135 см (вследствие вымывания) — 57 мг/кг (С. И. Бунтяков). Под парующей неудобренной делянкой содержание азота аммония в слое 0—50 см — 39 и в слое 50—100 см — 23 мг/кг почвы. Столько же его обнаружено в почве под орошаемой пшеницей.

Несколько повышено количество аммонийного азота весной в удобренной и орошаемой темно-каштановой почве: 83—178 мг/кг — в пару, 53—95 — под пшеницей в слое 0—30 см и 19—30 мг/кг в слое 80—100 см. Столько же его установлено в июне — июле в слое почвы 50—60 см. Аммонийный азот в количестве 18 мг/кг обнаружен даже в слое 200—250 см светло-каштановой почвы после полива затоплением.

Много аммонийного азота накапливалось в светло-каштановой почве под хлопчатником, размещенным после распашки люцерны (в условиях Азербайджана), и в удобренной почве (Киргизия) — до 220 кг/га.

Высокое содержание аммония замечено и в орошаемой светло-каштановой почве Алма-Атинской области с максимумом накопления в конце вегетации сахарной свеклы. Причем в первой половине вегетации преобладает нитратная, а во второй — аммонийная формы азота. Орошаемые темно-каштановые почвы по разным агрофонам содержали следующие количества азота аммония: под садом — 2—6, сахарной свеклой — 17—19 и пшеницей по пласту люцерны — 25—33 мг/кг. Поэтому по пласту трав превалирует процесс аммонификации, а по его обороту усиливается нитрификация (К. И. Имангазиев).

Максимум азота аммония в пахотном слое почвы под картофелем отмечается в середине апреля на фоне  $N_{80}P_{120}K_{60}$  и 30 т навоза — до 49 мг/кг, минимум в конце

июня — 2,3 мг/кг. Данные на варианте с одним навозом близки к контролю. По энергии аммонификации сидераты из чины и гороха мало уступают навозу. В условиях сухой и прохладной весны разложение их массы сопровождается накоплением в почве одновременно аммонийной и нитратной форм азота. А во влажную и теплую весну запаханная органическая масса чины и гороха (в Талгарском отделении учхоза КазСХИ) интенсивно разлагается за 15—20 дней. Количество азота аммония на 16-й день разложения достигает 27,7 мг/кг. Позже наблюдается резкое уменьшение аммония и усиленное накопление нитратов в почве. На делянке с одним навозом мобилизация последних продолжается и во второй стадии. По истечении 30 дней по энергии аммонификации испытанные варианты располагаются в таком убывающем порядке: навоз — чина — горох — контроль.

Мобилизация значительных количеств аммонийного азота установлена в орошаемой удобряемой светло-каштановой почве под кукурузой и в темно-каштановой почве под картофелем — соответственно 62—83 и 28—82% запаса минерального азота в верхнем метровом слое. В неорошаемой светло-каштановой почве его запасы в слое 0—40 см изменялись в пределах 82 (без удобрений) — 131 кг/га (дробное удобрение), а в слое 0—100 см — соответственно 214 и 318 кг/га. Очевидно, это связано с ослаблением потребления элементов пищи растениями из-за дефицита полезной влаги в почве. Запас последней на богаре резко снижается в конце июня — начале июля с фазы 15—16-го листьев кукурузы (табл. 13).

Таблица 13

Динамика продуктивной влаги в % от общего (2318 м<sup>3</sup>/га) ее запаса в метровом слое светло-каштановой почвы под кукурузой (среднее за 1962—1964 гг.)

Вариант опыта	Фаза развития кукурузы							Среднее
	до посева	8—9 листьев	15—16 листьев	выметывание	молочная спелость	восковая спелость	полная спелость	
Без полива	81	52	33	18	22	25	22	36
3 полива	74	66	54	54	33	27	25	47
6 поливов	81	75	74	60	65	58	61	68



При 3 поливах критический период потребления доступной влаги совпадает с фазой молочной спелости, и иссушение почвы происходит до конца вегетации. Благоприятный режим продуктивной влаги в течение вегетации растений складывается при 6 поливах.

На этих вариантах опыта получены соответственно возрастающие урожаи зерна кукурузы — 25,53 и 73 ц/га. Прибавка урожая составила при 3 поливах 28, 6 поливах — 48 ц/га (Л. Т. Сабирова).

Количество аммония в почве уменьшается в начальный период вегетации кукурузы (при дробном внесении удобрений на поливе), когда он усиленно потребляется растениями. При 3 поливах (без удобрений) кукуруза потребляет аммоний до фазы молочной спелости и 6 поливах — до полной спелости.

В почвах аналогичных удобренных вариантов количество аммония в связи с меньшим потреблением растениями начинает возрастать с фазы восковой спелости.

Таблица 14

Запасы аммонийного азота в метровом слое светло-каштановой почвы под кукурузой в зависимости от поливов и удобрений, мг/кг

Вариант опыта	Запас аммонийного азота, кг/га	Годы			Среднее
		1962	1963	1964	
Без полива и удобрений	214	45	39	100	61
Три полива	175	31	37	84	50
Шесть поливов	150	29	35	66	43
Без полива + дробное удобрение	318	89	41	143	91
Три полива + дробное удобрение	217	56	41	91	62
Шесть поливов + дробное удобрение (под перепашку, под культивацию + две подкормки N <sub>130</sub> P <sub>180</sub> K <sub>110</sub> )	178	39	39	77	51
Три полива + основное удобрение N <sub>130</sub> P <sub>180</sub> K <sub>80</sub>	287	101	44	102	82
Три полива + основное удобрение (навоз 15 т+P <sub>30</sub> ), под культивацию две подкормки N <sub>50</sub> P <sub>80</sub> K <sub>40</sub>	368	113	63	139	105

Минимум его совпадает с фазами образования 15—16-го листьев и выметывания метелок, когда интенсивно протекает синтез органического вещества зеленой массы кукурузы; максимум  $\text{NH}_4$  приходится на раннюю весну и осень (фазы молочной и восковой спелости). В последний сезон срок потребления аммония кукурузой из неудобренных почв по сравнению с удобренными и орошаемыми сокращается на две недели.

Динамика аммония в почвах сопряжена со способами внесения удобрений и с количеством поливов. С ростом числа поливов снижается содержание аммония в почвах, особенно на неудобренных вариантах (табл. 14).

По запасам азота аммония в верхнем метровом слое светло-каштановой почвы преимущество имели варианты с внесением навоза, основным и дробным внесением минеральных удобрений без полива. Вариант без полива и удобрений близок к варианту с дробным внесением удобрений при 3 поливах, а по количеству аммония — к варианту с дробным удобрением при 6 поливах. Наименьшее содержание аммонийного азота в почвах вариантов с 6 поливами: в слое 0—40 см без удобрений — 63, с удобрением — 85 и в слое 0—100 см — соответственно 150 и 178 кг/га. Высокий показатель аммонийного азота отмечался в 1964 г. (до 143 мг/кг в метровом слое почвы), который для кукурузы оказался наиболее благоприятным, так как в почвах поливных вариантов накопилось от 50 до 72% запаса продуктивной влаги, или 66—75% ППВ. В предшествующие же 1962—1963 гг. в почвах влаги оказалось лишь 45—66%. По-видимому, увеличение запаса продуктивной влаги в удобренной почве (при оптимальной температуре) сопровождается активной мобилизацией аммония и интенсивным потреблением его на создание высокого урожая зерна.

Динамика аммония в орошаемой и удобряемой темно-каштановой почве Алма-Атинской области зависит в большей степени от гидротермических условий и в меньшей — от внесенных минеральных удобрений. Правда, последних внесено в опытные почвы значительно меньше, чем в светло-каштановые. По запасам аммонийного азота в метровом слое почвы сухой год занимает среднее положение — 55—70 мг/кг, или 54—70% минерального азота. Максимальное его содержание установлено в первой декаде июня (всходы), когда почва была доста-

точно увлажнена и заметно влияние азотно-фосфорных и фосфорно-калийных удобрений. В фазы бутонизации и отмирания ботвы в почвах содержится азота аммония 28—38 мг/кг. Летом, когда влажность почвы снижается до 40% ППВ, в ней обнаруживаются следы аммония. Во влажный 1969 г., отличавшийся высоким содержанием влаги (79—84% ППВ), в почвах было больше азота аммония (77—86 мг/кг, или 79—84% минерального) и ярче выражена его динамика. Максимум аммония приходится на фазу бутонизации (с небольшим преимуществом азотно-калийных удобрений) на фоне общего снижения к осени до 34—46 мг/кг, а на вариантах с фосфорными удобрениями — даже до следов. И, наконец, в оптимальный 1970 г. при среднесезонной влажности 74—79% ППВ в почвах содержание азота аммония незначительно — 17—22 мг/кг, или 28—48% минерального азота.

Полные (NPK) удобрения, внесенные в темно-каштановые орошаемые почвы в соотношении 1 : 1, 5 : 1 почти не повлияли на мобилизацию азота аммония (177 — на контроле и 178 кг/га — по удобрениям). Тогда как в орошаемой карбонатной светло-каштановой почве на фоне полных удобрений и при другом соотношении NPK (2 : 3 : 2) в среднем за три года накопилось N—NH<sub>4</sub> в 1,5 раза больше (180 — на контроле и 273 кг/га — по удобрениям в метровом слое).

Таким образом, минеральные и органические удобрения (навоз, сидераты), пласт люцерны способствуют мобилизации аммония. Количество его в почве возрастает после каждого полива (особенно затоплением), но при большом числе поливов оно снижается.

Динамика аммония в каштановых почвах зависит от гидротермического режима почвенно-атмосферной среды: его содержание (максимальное во влажный, среднее в сухой и минимальное в оптимальный годы) изменяется и в зависимости от возделываемой культуры. Максимальное количество аммония в почве отмечено под кукурузой весной до образования 15—16-го листьев и осенью; а под картофелем — в сухой год от всходов до бутонизации со слабым подъемом ко времени отмирания ботвы; во влажный год содержание аммония максимальное в фазу бутонизации с тенденцией снижения к осени. Летом сухого и в вегетационный период опти-

мального годов количество аммония в почве бывает минимальным в результате его окисления в нитраты биологическим путем. Тем более что процесс нитрификации стимулируется присутствием калия (которым богаты каштановые почвы) на фоне азотно-фосфорных удобрений.

\* \* \*

Нитратный азот — это показатель наличия в почве доступного азота для питания растений в момент определения.

Накопление нитратов в почве находится в прямой зависимости от возделываемых культур-предшественников. Общеизвестно накопление их в почве после пара и по обороту пласта. В темно-каштановой почве Алма-Атинской области количество нитратного азота резко возрастает под сахарной свеклой, размещенной по обороту пласта (43 мг/кг). Значительно меньше его под виноградом (9—13,5 мг/кг), люцерной третьего года жизни (13—18 мг/кг) и по ее пласту. В светло-каштановой почве нитратного азота под сахарной свеклой содержится после люцерны 15,8, сидератов и кукурузы — 13 и сахарной свеклы четвертого года посева — 11,3 мг/кг. Много нитратов накапливается по обороту пласта люцерны в севообороте с максимумом содержания в июне. На третий год количество их уменьшается более чем в 2,5 раза.

По способности мобилизации нитратного азота в почве севообороты располагаются по такому ряду убывания (мг/кг): свекловично-люцерновый (46—63) — свекловично-сидеральный (32—38) — пропашной (29—36) и монокультура сахарной свеклы; а предшественники сахарной свеклы идут в таком порядке: пласт люцерны — шадбар — кукуруза — монокультура сахарной свеклы. В последующие два года содержание нитратного азота постепенно убывает, и на третий год в почвах всех полей севооборотов оно выравнивается (24—29 мг/кг). В овощном севообороте лучшими по накоплению нитратного азота и повышению урожая огурцов предшественниками оказываются горох (21,6), томаты (19,2), капуста (19,2) и картофель (18 мг/кг).

Урожай огурцов после капусты достигает 252 при 195 ц/га на контроле.

Неодинаковые условия азотного питания по разным предшественникам складываются и у растений озимой пшеницы. Чем больше влаги и нитратов в почве осенью, тем выше оказывается урожай озимой пшеницы, размещенной после разных предшественников.

Наибольшее количество влаги и нитратного азота в пахотном слое предгорной светло-каштановой почвы Алма-Атинской области перед посевом озимой пшеницы (10—20/IX) отмечено после люцерны (соответственно 17,1% и 24 мг/кг), наименьшее — после кукурузы (соответственно 12,6% и 9,5 мг/кг), и здесь получен маленький урожай зерна — 34,9 ц/га. Весной, в фазу кущения озимой пшеницы, нитратного азота в почве значительно меньше, чем осенью; к концу вегетации — еще меньше, особенно после люцерны, гороха и сахарной свеклы, где получены сравнительно высокие урожаи зерна — соответственно 48; 46 и 45 ц/га. Поэтому после влажного года и названных предшественников следует давать озимой пшенице ранневесеннюю подкормку азотными удобрениями (Е. А. Амантаев и др.).

Органо-минеральные удобрения положительно действуют на мобилизацию нитратов в орошаемой светло-каштановой почве Алма-Атинской области. Количество нитратов после внесения азотных удобрений (120 кг/га) в почве возросло вдвое, а при весенней заделке малой нормы навоза (3,6 т/га) — еще больше. В динамике нитратов под сахарной свеклой установлена следующая закономерность. До первой половины июля наблюдается увеличение количества нитратов в почве, затем нитраты в почве уменьшаются при минимуме в конце вегетационного периода. Максимум нитратов в почве приходится на период с 15/VI по 15/VII, когда наиболее высоки среднесуточные температуры слоя почвы 0—25 см (Г. М. Лобанов).

На фоне полных (NPK) удобрений по пару (особенно при внесении азотных — 400 кг/га) в темно-каштановой почве количество нитратного азота достигает 90 мг/кг, а под пшеницей — в 2 раза меньше; оно резко возрастает после первых двух поливов (в июне): под паром — до 240 и пшеницей — 167 мг/кг. При этом часть нитратов достигает глубины 80—100 см; после 3 поли-

вов (начало июля) нитратный азот снижается до 6—17 мг/кг. После уборки урожая пшеницы (начало августа) в почве пара происходит повторное его накопление (77 мг/кг) во всем слое почвы 60—80 см (19—33 мг/кг).

В предгорной обрабатываемой темно-каштановой почве Алма-Атинской области минимум нитратов установлен весной и поздней осенью, максимум — летом. В почве парующей делянки нитратонакопление отмечается и в сентябре — до 33 мг/кг нитратного азота. Оно возобновляется весной (23/V) по обороту пласта на фоне фосфорно-калийных удобрений: при одинарной дозе — 64 и двойной — 76 мг/кг, то есть нитратного азота накапливается в 2 раза больше, чем на контроле. Примерно такое же количество нитратного азота содержалось в июле под сахарной свеклой (70 мг/кг) на фоне одинарной дозы полного удобрения, обеспечившего получение высокого урожая корней (599 ц/га).

В светло-каштановой почве под кукурузой максимум накопления нитратов наблюдается весной в фазу 8—9-го листьев (18/VI). Летом из-за усиленного потребления растениями содержание нитратов низкое. К осени их количество вновь возрастает, особенно на варианте с дробным удобрением без полива и основным удобрением

Таблица 15

Среднесезонный запас нитратного азота в метровом слое светло-каштановой почвы и урожай кукурузы

Вариант опыта	Запасы N-NH <sub>4</sub> в почве, мг/кг				N-NH <sub>4</sub> + N-NO <sub>3</sub> , кг/га	Доля N-NO <sub>3</sub> , %	Урожай кукурузы, ц/га
	1962 г.	1963 г.	1964 г.	среднее			
Без удобрений:							
I	26	22	20	23	294	27	25,3
II	13	12	15	13	220	24	53,3
III	11	12	12	12	192	21	73,0
С удобрением:							
IV	13	102	49	54	507	37	46,2
V	27	42	32	37	346	37	82,6
VI	14	40	23	25	265	32	107,7
VII	18	38	40	32	399	28	73,6
VIII	19	40	21	27	462	20	83,6

ем. Несмотря на внесение повышенных доз удобрений ( $N_{130}P_{180}K_{110}$ ), содержание нитратного азота в светло-каштановой почве под кукурузой невысокое — 25—54 мг/кг (среднее за 1962—1964 гг.), что в 2 раза меньше показателей аммонийного азота в верхнем метровом слое. Доля нитратного азота в минеральном в среднем за три года колебалась в пределах 20—37% (табл. 15).

В годы изучения снижение влажности сопровождалось накоплением нитратов в почве, в значительных размерах — на богаре. При оптимальной влажности почвы, создаваемой атмосферными и поливными водами, количество нитратов уменьшается из-за усиленного потребления их растениями кукурузы для формирования высокого урожая зерна. Максимум запаса минерального азота (сумма аммонийного и нитратного) приходится на вариант IV с дробным внесением удобрений без полива (507 кг/га), где получен сравнительно низкий урожай зерна (46,2 ц/га); минимальный запас (265 кг/га) — на варианте VI с 6 поливами, где урожай зерна высок (107,7 ц/га). На вариантах без удобрений III с 6 и II с 3 поливами запасы азота, обеспечивающие средние урожаи зерна, еще ниже (192 и 220 кг/га).

В светло-каштановой почве под картофелем накопление нитратного азота приходится также на начало июня: 12 — на контроле и 25,7 мг/кг — на фоне  $N_{80}K_{60}$ . К периоду уборки урожая клубней (начало сентября) количество его снижается соответственно до 6,8 и 12 мг/кг. На фоне  $P_{120}$  и  $P_{120}K_{60}$  снижение нитратов наибольшее. Нитратного азота накапливается больше в почве вариантов с азотными удобрениями и меньше — с фосфорными и фосфорно-калийными. Повышенное содержание нитратного азота в почве с азотно-калийными удобрениями (14 мг/кг) объясняется слабым потреблением его растениями из-за дефицита фосфора. Наивысший урожай клубней (250 ц/га) получен на фоне  $N_{80}P_{120}K_{60}$  при среднесезонном содержании нитратного азота 12 мг/кг. В июле следующего года на варианте с  $N_{80}P_{120}$  нитратный азот увеличился во втором полуметровом слое почвы до 33 мг/кг.

Применение минеральных удобрений (особенно азотно-фосфорных), навоза, посев трав и сидератов способствует улучшению азотного режима почвы, повышению в ней количества нитратов. Размеры накопления,

потребления азота зависят не только от действия азотных, но и фосфорно-калийных удобрений. Так, содержание нитратного азота в темно-каштановой почве по полным удобрениям достигает 40, фосфорным — 29, азотным — 37 и на парующих делянках — 28 мг/кг; оно ниже в целинной почве и неудобренной богаре.

Следовательно, азотные удобрения, внесенные в сочетании с фосфорными, способствуют мобилизации нитратов в почве, которые потребляются растениями картофеля для создания высокого урожая клубней (прибавка — 82—87 ц/га). Тогда как во влажный год по фосфорным и фосфорно-калийным удобрениям в почвах количество нитратов снижается и прибавка урожая клубней меньше (55—59 ц/га). Вместе с тем эффективность удобрений и мобилизация нитратов в почве зависят от влажности почвенно-атмосферной среды. В сухой год в связи с пониженной влажностью почвы растения картофеля потребляют меньше нитратов. Поэтому в 1968 г. их накапливалось в почве гораздо больше, чем в опыте 1969—1970 гг. Так, на варианте с  $N_{60}P_{90}K_{60}$ , где влажность почвы составляла лишь 61% ППВ и было собрано 133 ц/га клубней, среднесезонное количество нитратного азота достигало 62 мг/кг. В последующие два года (влажный и оптимальный) со среднесезонной влажностью почвы 77—81% ППВ этот запас снизился до 30 мг/кг. Очевидно, разница мобилизованного азота была употреблена растениями на создание урожая, который повысился почти в 2 раза во влажном году (267 ц/га). Максимальное содержание нитратного азота в почвах установлено в фазах всходов и отмирания ботвы: за три года в удобренных вариантах оно составило в среднем 70 и 42 мг/кг. Если исключить сухой год, минимум нитратного азота в почве приходится на фазы цветения и клубнеобразования (31 и 28 мг/кг), когда азот интенсивно потребляется растениями.

В связи с погодными условиями изменяется соотношение в почвах нитратного и аммонийного азота. В среднем за 1968—1970 гг. в темно-каштановых орошаемых почвах преобладал аммонийный азот: 53% — на удобренных вариантах и 56% минерального — на контроле. В сухой и оптимальный годы в удобренных почвах минеральный азот на 50—60% представлен нитратной,



а во влажный год — более чем на 70% аммонийной формами. На контроле и богаре в сухой и влажный годы преобладала аммонийная, а в оптимальный год — нитратная форма азота. В почвах парующих делянок во все годы исследований накапливался преимущественно нитратный азот (61—83 мг/кг), доля которого в минеральном составляла 59—81%, а вместе с аммонийным — 2,8—3,8% общего азота в верхнем метровом слое опытных почв.

Мобилизации нитратов способствуют органо-минеральные удобрения. В орошаемой темно-каштановой почве на фоне  $N_{80}P_{120}K_{60} + 30$  т навоза количество нитратного азота в июне достигало 47 мг/кг. В фазу интенсивного клубнеобразования содержание нитратов в почве уменьшается в 2 раза в связи с потреблением его растениями картофеля.

Эффективным агроприемом для мобилизации азота в почвах и повышения урожая овощей может служить сидерация бобовых культур. Заделка зеленой массы чины позволяет в первый же год накопить в почве больше усвояемого азота, чем при внесении навоза. При разложении зеленой массы чины и навоза в темно-каштановой почве нитраты накапливаются одновременно с аммонием. В почве с навозом на 16-й день зафиксировано накопление 171 кг/га минерального азота, из которых 38% приходится на нитратную и 62% — на аммонийную формы; на 30-й день — 210 кг/га (57% нитратного и 43% аммонийного азота). В почве с зеленой массой чины на 16-й день — 174 кг/га минерального азота (44% нитратного и 56% аммонийного); на 30-й день — 232 кг/га (73% нитратного и 27% аммонийного). Следовательно, при сидерации чины по сравнению с навозом мобилизуется больше минерального азота, на  $\frac{2}{3}$  представленного нитратной формой, а по навозу — наполовину. Вместе с мобилизацией усвояемого азота в почве сидерация культур озимого и пожнивного посевов повышает урожай томатов на 22—28%, а в последствии урожай других овощей — на 13—17%.

В орошаемых каштановых почвах наряду с накоплением возможны и потери нитратного азота из-за вымывания. После двух поливов на глубине 200—250 см содержалось 15,7 кг/га азота нитратов. До 14 кг/га азота нитратов вымывается по профилю темно-каштановой

почвы при бороздковом способе полива картофеля с оросительной нормой 2500 м<sup>3</sup>/га воды. В мае 1968 и 1970 гг., когда еще не проводились поливы, нитратный азот в количестве 1—5 мг/кг, или 3,5—17,5 кг/га, обнаружен на глубине 200—240 см; а в июле нитраты вместе с поливными водами достигали глубины 300 см. Напротив, в 1970 г. количество нитратов резко упало во всем трехметровом слое почвы. В июле 1969 г., наоборот, установлена заметная прибавка нитратного азота (6,5—10,1 мг/кг) и высокая влажность почвы в слое 200—300 см — 21—25% (табл. 16).

Таблица 16

Динамика полевой влажности в орошаемой темно-каштановой почве (послойно-усредненные данные), %

Глубина, см	1968 г.			1969 г.			1970 г.		
	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь
0—40	23,0*	14,0	17,1	16,6	22,1	13,0	21,6	15,2	11,6
40—100	18,2	15,0	18,2	17,7	25,1	16,0	21,2	14,4	16,8
100—200	16,0	15,6	17,2	20,6	26,4	12,2	23,0	14,5	16,0
200—300	16,2	13,9	12,9	17,0	23,0	10,9	20,3	13,6	12,7

\* Показатель ППВ этого слоя почвы.

Количество вымытого азота в слое 200—300 см июльского и сентябрьского сроков определений оставалось без изменений (4 мг/кг), следовательно, не было восходящего передвижения нитратов. Они, очевидно, сохранились как «переходный фонд» и в 1969 г. были потеряны для растений, так как питающие корни картофеля распределены в глубину до 100 и в ширину — до 40 см. В мае 1970 г. отмечено увеличение нитратного азота: в слое 0—100 см — на 21 мг/кг (73,5 кг/га) и в слое 100—200 см — 23 мг/кг (80 кг/га).

Во все три года определений содержание нитратного азота в мае в слое почвы 0—40 см соответствовало градации хорошей обеспеченности азотом (24—36 мг/кг, или 85—128 кг/га), и потребность растений в азотных удобрениях была низкой. В сентябре 1968 и 1969 гг. в этом же слое почвы содержалось 13—15,7 мг/кг, или

45—55 кг/га, нитратного азота; растения средне нуждались в азотных удобрениях. Очевидно, весенняя прибавка азота произошла как за счет подъема нитратов из более глубоких слоев в толщу 40—200 см, так и благодаря мобилизации их в слое 0—40 см. Потеря нитратов вследствие вымывания атмосферными и талыми водами происходит и в осенне-весенний период.

Таким образом, мобилизованный и внесенный нитратный азот в профиле предгорной темно-каштановой почвы поливными и атмосферными водами в количестве 10—14 кг/га вымывается до глубины 3 м, и растения картофеля не могут его использовать. Вместе с тем возможен и подъем его в зимне-весенний период в верхний активный метровый слой почвы. Для предотвращения потерь азота (как мобилизованного в самой почве, так и трансформированного из аммиачной формы) азотные удобрения (аммиачные и нитратные) следует вносить весной перед посадками картофеля (половинную дозу), а другую половину рекомендуемой дозы давать в виде подкормки в течение вегетации растений. Поливать надо часто, медленной струей и небольшими нормами, рассчитанными на увлажнение корнеобитаемого слоя почвы.

**Режим усвояемого фосфора.** Равнинные и предгорные каштановые карбонатные почвы в верхнем метровом слое содержат 22—26 т/га валового фосфора. Несколько меньше его запасы в темно-каштановой предгорной выщелоченной почве (17—19 т/га); часть их приходится на пахотный слой почвы (в слое 0—27 см — 4,8—5,6 т/га). Запасы фосфора в верхнем полуметровом слое равнинных темно-каштановых почв достигают 10 т/га, из них 1,5—2 т составляет усвояемый фосфор. В пахотном слое преобладают формы фосфора, связанные в гумусе (до 436 мг/кг, или 52,9%); меньше форм (110 мг/кг, или 13,4%), связанных с кальцием и магнием. Во втором полуметровом слое почвы содержится меньше органического фосфора (270 мг/кг, или 42%) и преобладают его формы, связанные с алюминием, железом и коллоидами (421 мг/кг, или 54,5% валового). Доля усвояемого фосфора изменяется от 0,5—3% (по Мачигину) до 10% валового (по Пейве и Труогу). Запас валового фосфора в орошаемой светло-каштановой почве в слое 0—100 см равен 8,6 т/га, усвояемого в 0—

60 см — 0,9 т/га. На пахотный слой приходится до 250 кг/га уксуснорастворимой и 200 кг/га углеаммонийнорастворимой форм фосфора. Основные фосфаты, извлекаемые разными вытяжками из каштановых почв Алма-Атинской области, изменяются в таких пределах: в углеаммонийной — 14—22 мг/кг (0,8—1,3%), уксуснокислой — 300—500 мг/кг (20—30%) и солянокислой — 500—800 мг/кг (30—39% валового). Содержание названных минеральных фосфатов в темно-каштановой почве понижено по сравнению со светло-каштановой.

В отличие от равнинных аналогов в предгорных каштановых почвах содержится больше минеральных (51—60%) и меньше органических фосфатов (25—48%), так как у них выше биологическая активность и интенсивнее протекает минерализация гумуса. В результате из органического вещества больше отщепляется доступного фосфора для питания растений. Мобилизации орга-нофосфатов способствуют орошение, многолетние травы и другие агротехнические приемы. Хотя культура люцерны снижает запас усвояемого фосфора в почве, но и по создаваемому потенциальному богатству она считается лучшим предшественником для последующих культур севооборота. После распашки трав происходит накопление усвояемого фосфора (27 мг/кг по обороту пласта люцерны, 32 мг/кг — после шабдара) и снижение потребности в фосфоре у культур свекловичного севооборота. В пахотном слое светло-каштановой почвы под яровой пшеницей, размещенной по пласту люцерны, усвояемого фосфора больше, чем по черному пару; а по обороту пласта его количество достигает 174 мг/кг (по Труогу), соответствуя высокой степени обеспеченности фосфором зерновых культур. В слое 0—40 см аналогичной орошаемой почвы накапливается усвояемого фосфора (по Мачигину) по пласту люцерны от 33 (в апреле) до 42 мг/кг (в июне) и обороту пласта — 56 и 78 мг/кг. А в темно-каштановой почве по пласту и обороту пласта люцерны содержание фосфора возрастает лишь при внесении фосфорных удобрений. Под яровой пшеницей в фазу кущения содержалось фосфора: на контроле — 11,4 мг/кг, при внесении под люцерну дозы фосфорно-калийных удобрений — 17,8 и при непосредственной заделке под пшеницу двойной дозы этих удобрений — 25,6 мг/кг. Как исключение в почве по пласту и обороту

пласта трав было меньше лимоннорастворимой формы фосфора.

Положительное действие на накопление усвояемого фосфора и поступление его в растения оказывают поливы. После них не отмечен переход фосфора в недоступную форму. Наоборот, основная часть внесенного фосфора, связываясь с кальцием, остается доступной растениям (И. Н. Антипов-Каратаев). Мобилизация усвояемых фосфатов после полива, увеличение поступления их в растения кукурузы отмечены в светло-каштановой и темно-каштановой почвах Алма-Атинской области. При бороздковом поливе доступного фосфора больше в пахотном, а после дождевания — в подпахотном слоях почвы. При обоих способах полива усвояемый фосфор в почве накапливается в июне — июле с последующим снижением его количества в начале августа (в фазу выметывания метелки кукурузы).

В светло-каштановой почве накопление фосфора отмечено на богаре, при 3 поливах — в сентябре (31—33 мг/кг) и 6 поливах — в июне (23 мг/кг), а минимум его приходился на конец июля. При 3 поливах и весенней заделке всей нормы удобрений количество усвояемого фосфора достигало 42 мг/кг в слое 0—20 см и 16 мг/кг — в слое 40—100 см (в отличие от 6—9 мг/кг на контроле). Возможно, в слой 40—100 см под действием поливной воды вымывались углекислорастворимые фосфаты.

С увеличением числа поливов снижается количество фосфора в почве, соответственно повышается урожай возделываемой культуры. 3 полива повысили урожай зерна кукурузы на 23 ц/га по сравнению с контролем (среднесезонное количество усвояемого фосфора снизилось на 3 мг/кг — 24—21 мг/кг); 6 поливов — на 32 ц/га (фосфор снизился на 8 мг/кг — 24—16 мг/кг). Содержание же фосфора (по Труогу) на богаре и целине оказалось меньше, чем на поливе, — соответственно 23—64 и 76—144 мг/кг.

Некоторые исследователи наряду с мобилизацией считают возможным и вымывание доступного фосфора. Под действием углекислоты поливной воды при повышенной влажности в почве образуется углекислорастворимая форма фосфора, которая частично подвергается вымыванию. После 2 поливов с оросительной нормой 4500 м<sup>3</sup>/га количество фосфора вследствие вымывания в

1968 г.

1969 г.

1970 г.

Контроль

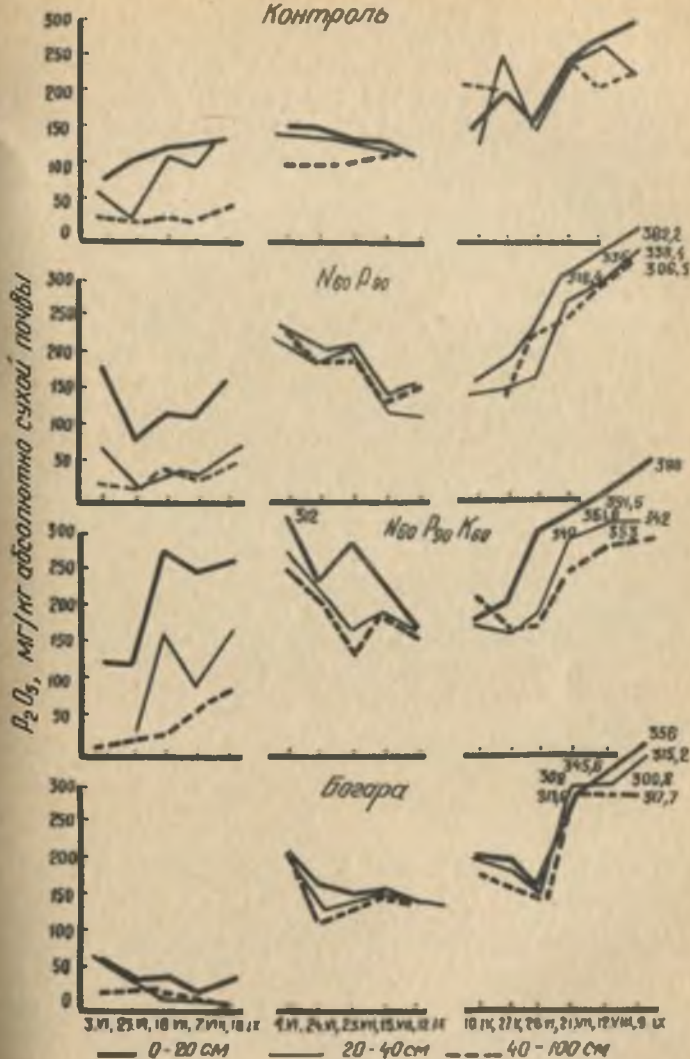


Рис. 9. Динамика усвояемого фосфора в темно-каштановой почве под картофелем

слое 100—200 см светло-каштановой почвы возрастает с 29 до 46 мг/кг, тогда как в предгорных орошаемых светло-каштановых почвах под кукурузой не установлено передвижения фосфатов вниз по профилю. В темно-каштановых почвах под картофелем наблюдается увеличение усвояемого фосфора (по Труогу) к осени в слое 40—100 см, очевидно, из-за его вымывания (рис. 9).

Мобилизация доступного фосфора связана с гидротермическим режимом почвенно-атмосферной среды. В сухой 1962 г., когда запас влаги в метровом слое светло-каштановой почвы в июле составил 1011 м<sup>3</sup>/га (или 30% ППВ), содержание усвояемого фосфора (как и нитратов) оказалось выше, чем во влажном году. Во влажное лето 1964 г. с запасом влаги в 1440 м<sup>3</sup>/га мобилизация и потребление из почвы фосфора растениями кукурузы протекали более интенсивно, чем в сухой год. На опытной делянке без полива и удобрений среднесезонное содержание фосфора составило 26 мг/кг. На такой же богарной делянке с внесением дробного полного удобрения накопилось фосфора 55 в сухой и 31 мг/кг во влажный годы. Мобилизованный в сухой год фосфор во влажной год потреблялся растениями на создание урожая — получена прибавка зерна 23 и 32 ц/га. В весенне-летний период засушливого 1965 г., когда в светло-каштановой почве накопилось до 100 мг/кг нитратов, количество доступного фосфора составляло 20 мг/кг, в оптимальный 1966 г. в почве варианта с полным удобрением — 53 мг/кг.

В предгорной темно-каштановой почве под картофелем установлена обратная закономерность в мобилизации усвояемого фосфора: в сухой 1968 г. накопилось фосфора (по Труогу) в меньшем количестве (до 245 мг/кг, или 12,5%), чем в последующие влажный и оптимальный годы (до 300 мг/кг, или 15% валового фосфора). Различие в динамике фосфора по годам особенно заметно на контроле (полив без удобрений) и богаре. В почвах содержалось фосфора 119 и 42 мг/кг в сухой, 145 и 164 мг/кг — во влажный годы. Урожай клубней соответственно составил 109 и 84 ц/га в сухой, 177 и 160 ц/га во влажный годы.

Таким образом, во влажном году в почве сверх потребления растениями мобилизуется от 26 до 122 мг/кг усвояемого фосфора, и можно получить прибавку уро-

жая клубней 58—76 ц/га. В оптимальный 1970 г. в почве контроля усвояемого фосфора накопилось еще больше (190% к сухому году), а прибавка урожая составила лишь 18 ц/га.

Небезынтересно отметить зависимость накопления нитратов и усвояемого фосфора в почве: обратную — в годы с недостаточной и оптимальной влажностью и прямую — во влажный год. В почве контроля в сухой год оказалось много нитратов и мало фосфора, во влажный — относительно мало азота и фосфора, которые, очевидно, потреблялись растениями на создание повышенного урожая (прибавка — 58 ц/га). И, наконец, в оптимальном году, когда азота и фосфора в почве было много, получена минимальная прибавка клубней.

Минеральные и органические удобрения способствуют мобилизации в почве еще большего количества усвояемого фосфора. По распаханной люцерне наилучший эффект в восполнении дефицита фосфора дает внесение  $P_{60}K_{45}$  как основного удобрения под сахарную свеклу. После четвертого года распашки трав подвижность фосфатов почвы повышается при совместном внесении навоза и суперфосфата. Такое сочетание удобрений важно как для предотвращения фиксации фосфора почвой, так и для улучшения фосфорного питания растений, в частности кукурузы.

Предгорные светло-каштановые почвы плохо обеспечены усвояемым фосфором (по Мачигину) — 20—25 мг/кг. При дробном внесении минеральных удобрений ( $N_{130}P_{180}K_{80}$  до фазы 15—16-го листьев кукурузы) количество фосфора в почве достигает 31 мг/кг; при основном однократном — 33—38 и на фоне навоза — 33—58 мг/кг. Однако мобилизованный фосфор слабо потребляется растениями из-за дефицита влаги при 3 поливах. На фоне же одних минеральных удобрений кукуруза интенсивно потребляет минеральный фосфор при 3 и 6 поливах. При дробном внесении полного удобрения почвы (в слоях 0—20 и 20—40 см) содержали фосфора без полива — 38 и 25, при 3 поливах — 31 и 18 и 6 поливах — 22 и 16 мг/кг; при основном внесении удобрений фосфора в почве содержалось больше, чем при дробном, — соответственно 33 и 31 мг/кг. При дробном удобрении на поливе доступный фосфор интенсивнее потребляется растениями.



Содержание водно- и кислотнорастворимой форм фосфора в орошаемой и удобряемой светло-каштановой почве под сахарной свеклой возрастает к концу вегетации. Фосфорные удобрения (РК→Р→NР→NРК) способствуют накоплению усвояемого фосфора под картофелем до 52 мг/кг в июле и 29 мг/кг — в фазу клубнеобразования по NРК; под овощными культурами усвояемого фосфора больше на 26%, под томатами углеаммонийнорастворимого фосфора 17%, а количество уксуснорастворимого фосфора за первую ротацию севооборота достигает 231 мг/кг против 137 мг/кг на контроле за счет снижения третьей его группы с 882 до 692 мг/кг.

Ежегодное внесение фосфорных удобрений по 60—75 кг/га под сахарную свеклу обеспечивает стабильное содержание 40 мг/кг усвояемого фосфора в пахотном слое темно-каштановой почвы и оптимальное фосфорное питание культур полевого севооборота. Внесение под огурцы суперфосфата в количестве 2 ц/га с осени и 1 ц/га летом следующего года в виде подкормки увеличивает содержание фосфора в почве весной по разным предшественникам от 20 до 32 мг/кг (на контроле 19 мг/кг). Минеральные удобрения, внесенные под картофель, увеличивают долю усвояемого фосфора (по Тругу) в темно-каштановой почве на 3—8% валового, или от 8% (NК) до 53% (NРК) по сравнению с контролем; и урожай клубней — от 55 до 88 ц/га. Причем комбинации удобрений с фосфором обеспечили наибольшую прибавку (в среднем за 3 года) усвояемого фосфора в почве: по NРК — на 153, Р — 147, РК — 130 и NР 124% к контролю (163 мг/кг). Мобилизация фосфора наименьшая по азотно-калийному фону — 108%.

Урожай картофеля на предгорных орошаемых темно-каштановых почвах зависит от гидротермических условий года, вносимых удобрений, полива и содержания основных элементов питания растений (влаги, азота и фосфора). Согласно принятой группировке почв обеспеченность характеризуемых почв такова: в сухой год нитратным азотом — высокая на всех вариантах и средняя на богаре; усвояемым фосфором (по Тругу) — высокая на вариантах, удобренных Р и NРК, средняя — NР, РК и низкая — на богаре, NК и контроле; соответственно получены урожаи клубней: относительно

Результаты определения урожайности картофеля на орошаемой  
темно-каштановой почве Алма-Атинской области

Вариант опыта	H <sub>2</sub> O, % ППВ	N—NO <sub>3</sub> в слое 0—100 см, мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в слое 0—20 см, мг/кг	Урожай, ц/га
<i>1968 г.</i>				
Контроль	63	31	119	109
Удобрения (NP)	70	49	133	141
Богара	67	26	42	84
<i>1969 г.</i>				
Контроль	84	26	42	84
Удобрения (NP)	81	34	190	269
Богара	67	30	164	160
<i>1970 г.</i>				
Контроль	79	36	227	127
Удобрения (NP)	74	72	282	269
Богара	64	50	258	89

средние — на вариантах, удобренных P, NP, PK и NPK, низкие — на NK, контроле, богаре (табл. 17, Н. Маляр).

Во влажный год почвы всех вариантов оказались среднеобеспеченными азотом (выше по NP) и высокообеспеченными фосфором (на богаре и контроле). Поэтому на всех удобренных вариантах получены хорошие, на контроле и богаре — средние урожаи клубней. В оптимальный год обеспеченность почв азотом высокая на контроле, NP и богаре, средняя — на вариантах, удобренных P, PK, NK, NPK; фосфором — высокая на всех вариантах. Со всех удобренных вариантов собраны хорошие урожаи клубней; на контроле и богаре они оказались низкими. В среднем за 3 года наивысший урожай клубней (222—226 ц/га) обеспечил такое соотношение питательных элементов на вариантах, удобренных NP и NPK: полевая влага — 73—75% ППВ, нитратный азот — 38—40 мг/кг и усвояемый фосфор — 190—245 мг/кг.

Сравнительно низкий урожай из-за дефицита влаги и фосфора получен на богаре и контроле. Азотом опыт-

ные почвы обеспечены высоко. Азотно-фосфорные и полные удобрения мобилизовали (по сравнению с контролем) в почве (при влажности 73—75% ППВ): нитратного азота — 7—9 мг/кг, усвояемого фосфора — 38—80 мг/кг и в результате повысили урожай клубней на 88 ц/га. Поливы увеличили влажность почвы на 9%, фосфор — на 9 мг/кг, прибавка урожая составила 27 ц/га. Азота стало меньше.

Накопление доступного фосфора в каштановых почвах при длительном орошении и удобрении отмечают многие исследователи. Основная часть внесенного фосфора, связываясь с кальцием почвы, остается доступной растениям, в конечном итоге улучшая фосфорное питание культур полевого севооборота. Следовательно, характерным признаком окультуренной почвы является наличие в ней в достаточном количестве полезной влаги, усвояемых форм азота и фосфора для удовлетворения требований культурных растений в этих элементах питания. По мере окультуривания в темно-каштановых почвах возрастает содержание углекислорастворимого фосфора под культурами полевого и травнопольного севооборотов.

Наконец, мобилизация усвояемого фосфора зависит от возделываемых культур, у которых неодинаковы требования к данному элементу питания. Содержание усвояемого фосфора (по Мачигину) в предгорной темно-каштановой почве изменялось под виноградом от 28 до 46 мг/кг, огурцами — от 18 до 32,6 мг/кг (по разным предшественникам), картофелем — от 19 до 24 мг/кг; в орошаемой светло-каштановой почве под сахарной свеклой (по разным предшественникам) — от 11 до 40 мг/кг с максимумом в конце ее вегетации и под картофелем на фоне фосфорных удобрений — от 30 до 52 против 20—25 мг/кг на контроле. Люцерна обедняет почву фосфором: под сахарной свеклой, идущей после люцерны, содержался лишь 21 мг/кг фосфора. Под картофелем максимум накопления усвояемого фосфора отмечен до середины июля, позже (до конца августа — фаза клубнеобразования) его количество снижалось до 10 мг/кг. Содержание фосфора (по Мачигину) под томатами на фоне  $P_{120}$  возрастает до 117%, под кукурузой на фоне полного удобрения — от 20—25 (на контроле) до 30—68 мг/кг. На обоих фонах под кукурузой максимум

## Динамика усвояемого фосфора (по Мачигину) в светло-каштановой почве под кукурузой, мг/кг

Вариант опыта	Срок определения в 1964 г.						Среднесезонная в слоях	
	IV	18 VI	26 VII	27/VIII	31 X	7 X	0—20 см	20—40 см
Без полива и удобрений	30,6	48,9	24,4	22,7	40,8	67,8	38	25
Три полива	47,5	48,8	21,6	20,7	20,3	17,7	31	18
Шесть поливов	38,3	24,4	12,1	12,4	21,0	26,2	22	16
Без полива + дробное удобрение	—	42,6	14,5	19,0	23,6	25,5	33	—
Три полива + дробное удобрение	44,0	42,2	19,8	17,5	30,4	31,0	33	—

накопления фосфора отмечен на богаре с дробным удобрением —  $N_{130}P_{180}K_{80}$  (I), вариантах с 3 поливами — на фоне основного удобрения весной (IV) и навоза 15 т/га +  $N_{50}P_{90}K_{20}$  (V). В почвах этих вариантов возросло содержание пятиоксида фосфора и в слое 40—100 см — до 16 мг/кг (табл. 18). Варианты с 3 и 6 поливами и дробным удобрением содержат ее меньше.

Под культурами свекловичного севооборота мобилизация усвояемого фосфора отмечается в пахотном слое от 20 до 40, в подпахотном — от 5 до 25 мг/кг. В результате систематического удобрения семилетней монокультуры сахарной свеклы количество фосфора в слое 0—20 см в июне достигало 35—40 мг/кг и в слое 20—40 см — 25 мг/кг. В год подъема пласта содержание усвояемого фосфора бывает повышено после шабдара, по обороту пласта люцерны и низкое — после кукурузы; на третий год подъема пласта количество фосфора снизилось до 19 мг/кг, а после кукурузы и шабдара оно повысилось до 30—32 мг/кг. По среднесезонному содержанию (1964—1966 гг.) усвояемого фосфора в светло-каштановой почве под сахарной свеклой изученные севообороты располагаются в таком ряду (мг/кг): в первый год — монокультура (29) — сидеральный (24) — пропашной (20) — люцерновый (20); во второй год — монокультура (27) — люцерновый (23) — пропашной

(21) — сидеральный (14); в третий год — монокультура (37) — пропашной (25) — сидеральный (23) — люцерновый (19) севообороты. Зависимость накопления фосфора в почве от предшественников такова: монокультура сахарной свеклы четвертого года — 31, кукуруза и шадар — по 23 и люцерна — 21 мг/кг.

Количество усвояемого фосфора в пахотном слое почвы перед посевом озимой пшеницы бывает низкое после кукурузы, повышенное (34 мг/кг) — после сахарной свеклы и гороха (Е. А. Амантаев). Почвы под табаком плохо обеспечены усвояемым фосфором (11 мг/кг) с максимумом в середине июня — 16—19 мг/кг.

Динамика усвояемого фосфора в темно-каштановой почве под картофелем, как отмечалось выше, зависит от влажности и вносимых удобрений. В сухой и оптимальный годы происходит накопление его от весны к осени — соответственно до 278 и 318 мг/кг, а во влажном году его количество, наоборот, уменьшается от весны (312—228 мг/кг) к осени (225—125 мг/кг) с максимумом в июле. Фосфора мало на контроле, богаре и целине. До внесения полного удобрения количество усвояемого фосфора в почвах опыта в разные годы изменялось: в сухой — 2—7%, влажный — 7,5—10% и в оптимальный — 11—13% валового его содержания. Обеспеченность усвояемым фосфором почв опыта в сухой год оказалась низкой, во влажный — средней (без NPK удобрений) и в оптимальный — высокой (к концу вегетации). Содержание фосфора в количестве 100—200 мг/кг (по Труогу) в сухой год обеспечило получение удовлетворительного урожая. Повышенный урожай клубней картофеля (269 ц/га) собран на фоне азотно-фосфорных удобрений при содержании фосфора в почве от 190 до 245 мг/кг в оптимальном году; выше этого количества усвояемый фосфор не увеличивает урожай картофеля.

**Режим обменного калия.** Запасы валового калия в равнинных каштановых почвах несколько меньше, чем в черноземах. В верхнем метровом слое почвы его содержится от 200 (светло-каштановая) до 240 т/га (темно-каштановая). Причем до 40% потенциальных запасов калия находится в слое почвы 0—40 см и почти половина его связана с коллоидной фракцией (в монтмориллоните). Доля обменного калия колеблется от 1—3

(по Пейве и Пчелкину) до 8—9% валового его содержания (по Антипову-Каратаеву), в том числе до 40% составляют подвижные формы.

Предгорные каштановые почвы, развитые на лёссах, отличаются богатством калия — до 3% (против 1,9% на равнине), или 360 т/га в метровом слое; обменного калия в слое 0—60 см содержится 1,1 т/га. Степень обеспеченности обменным калием светло-каштановых почв возрастает по мере их окультуривания. У целинных недавно орошаемых почв она средняя — 2,2% валового, 200—300 мг/кг обменного калия (по Протасову), а длительно орошаемых и удобряемых — высокая (2,8% валового и 400—750 мг/кг обменного калия).

Содержание форм калия на разных агрофонах изменяется: в слое 0—40 см валового — 2,2—2,8%, обменного (или фиксированного) — 600—1200 мг/кг, обменного — 450—750 мг/кг и водно-растворимого — 60—150 мг/кг; в слое 40—100 см — соответственно — 2,2—2,5%, 600—1000 мг/кг, 200—500 мг/кг и 15—60 мг/кг почвы.

Обеспеченность обменным калием светло-каштановой почвы изменяется в зависимости от гидротермических условий года, полива и удобрений. Максимум калия приходится на весну — 500—680 мг/кг, а минимум — в фазы 15—16-го листьев и выметывания метелок (снижение почти в 1,5 раза), когда он усиленно потребляется растениями кукурузы. Под богарными посевами содержание калия уменьшается постепенно до фазы молочной спелости; на фоне 6 поливов его содержание было больше после полива; затем, по мере потребления растениями, оно уменьшилось. К концу вегетации кукурузы при 6 поливах калия оказалось в почве намного меньше бесполивного варианта из-за интенсивного потребления его растениями. Среднесезонное содержание усвояемого калия под кукурузой колебалось (в сухой год, когда выпало 314 мм осадков) от 331 (6 поливов) до 549 мг/кг (3 полива), а во влажный год (550 мм осадков) — соответственно от 375 до 486 мг/кг.

В сухой год наблюдалась значительная потеря калия, достигавшая на вариантах с дробным удобрением от 299 (3 полива) до 331 мг/кг (6 поливов). Во влажный год происходит снижение содержания калия в почвах всех вариантов без удобрений. При 6 поливах расте-

ния кукурузы больше потребляют усвояемого калия (как и фосфора) самой почвы и меньше калия удобрений, поэтому в почвах удобренных вариантов к концу вегетации растений мобилизуется обменного калия 39 (3 полива) — 70 мг/кг (6 поливов), которые дадут эффект в последующие годы.

Во влажный год почвы неудобренных делянок содержали калия меньше (424 мг/кг), чем в сухой год, когда в почвах неудобренных и удобренных вариантов отмечалось одинаковое количество калия (464 мг/кг). Минеральные удобрения повысили его содержание во влажный год до 497 мг/кг. Добавление навоза (15 т/га) к минеральным удобрениям в сухой год повысило содержание калия в почве до 581 мг/кг, меньше — во влажный год. На варианте с полным удобрением и с 30 т навоза среднесезонное содержание обменного калия достигало 562 мг/кг; по минеральным удобрениям оно колебалось от 377 (NPK) до 456 мг/кг (NP, PK) с двумя пиками — апрельским и сентябрьским (400—600 мг/кг) при минимуме (300—400 мг/кг) в середине июня. Здесь также замечена тенденция к мобилизации усвояемого калия (до 465 мг/кг) под действием удобрений (P→PN→NPK). Из-за усиленного потребления растениями картофеля содержание обменного калия среднее (377 мг/кг) в почве варианта с полным удобрением. Здесь же получен высокий урожай клубней (250 ц/га). Сравнительно низкий урожай (97% к контролю) собран на фоне навоза.

Высокообеспечены обменным калием предгорные темно-каштановые почвы под культурами овощного севооборота: весной — 444—512 и осенью — 400—470 мг/кг. В почве под огурцами потери калия оказались значительными (мг/кг) после таких предшественников, как лук (126), капуста (72), кукуруза (68) и на контроле (72). Меньше потерь (24—36 мг/кг) после томатов и картофеля. Высокий урожай огурцов (252 ц/га) собран после капусты с прибавкой к контролю в 57 ц/га.

Установлена зависимость мобилизации калия от влажности и температуры года. В орошаемой темно-каштановой почве (0—20 см) калия было больше в сухой год по всходам кукурузы — до 428 мг/кг (рис. 10), меньше — во влажный и оптимальный годы: 210—300 мг/кг в слое 20—40 см и 100—200 мг/кг в слое 40—100 см.

В сухой год почвы под картофелем были средне обеспечены калием весной и летом и низко — к осени. В фазу интенсивного клубнеобразования (август) из-за дефицита влаги (20—40% ППВ) и снижения потребления калия растениями его стало больше (до 412 мг/кг) на контроле и удобренных вариантах. Количество калия в сентябре самое низкое на богаре (189 мг/кг), среднее — на удобренных вариантах и высокое — на контроле. В этот год была выше и доля обменного калия в валовом богатстве — 0,6—1,4%. Во влажный и оптимальный годы почвы менее обеспечены обменным калием — 150—300 мг/кг, или 0,5—0,8% валового. Особенно резкое снижение его количества произошло на контроле и удобренных вариантах в фазу клубнеобразования, когда отмечено увеличение влажности почвы.

За три года испытанные варианты располагались в убывающем порядке (мг/кг): контроль (305) — богара (200) — с РК, НК, NPK удобрениями (196) и NP удобрением (73). На пару потери калия не определены. При этом на контроле и богаре, давших низкие урожаи, потери (потребление) калия из почвы наибольшие.

Много калия выносится картофелем и из почв вариантов, удобренных им. Самый низкий вынос калия оказался на варианте с азотно-фосфорным удобрением, где получен высокий урожай клубней. Увеличение доз вносимого азота до 80 кг/га, фосфора — до 120 кг/га и заделка 30 т навоза, как отмечено выше, хотя и привели к увеличению содержания калия в почве (до 562 мг/кг), но резко снизили урожай клубней. Поэтому на предгорных орошаемых темно-каштановых почвах для мобилизации обменного калия и выращивания высоких урожаев картофеля достаточно внесения  $N_{60}P_{90}$ . При содержании в этих почвах более 400 мг/кг обменного калия не рекомендуется вносить калийные удобрения, так как они дают небольшую прибавку урожая клубней (21 ц/га). Однако на основании вышеприведенных данных, показывающих резкое снижение в почвах калия во влажные и оптимальные годы, для мобилизации усвояемого калия, поддержания оптимального соотношения NPK в почвах и повышения содержания крахмала в клубнях необходимо вносить под картофель калийные удобрения в дозе 60 кг/га.



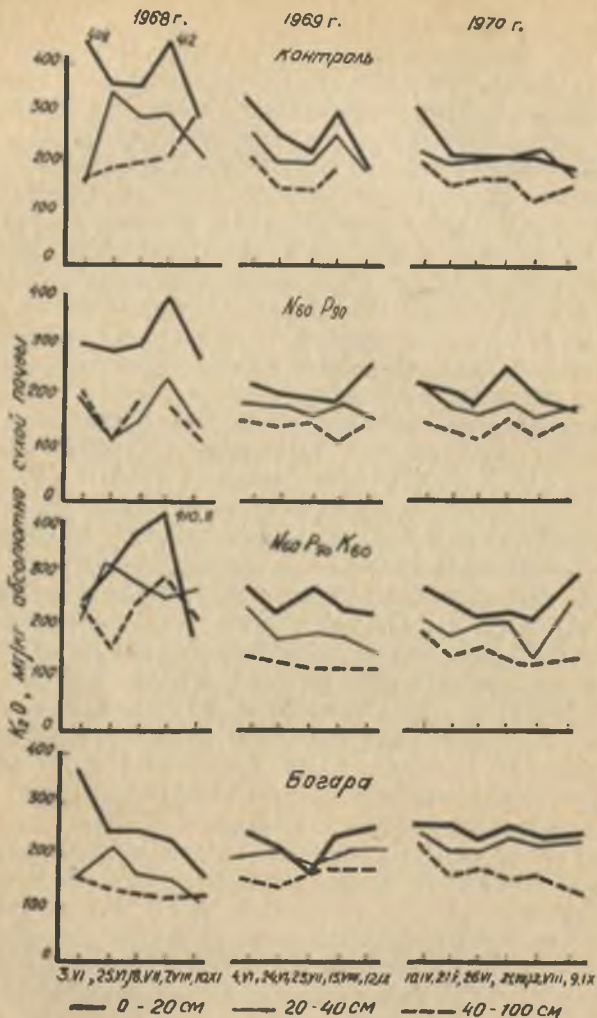


Рис. 10. Динамика обменного калия в темно-каштановой почве под картофелем

Установлена зависимость мобилизации и потребления калия от возделываемой культуры. Обменного калия в почве больше под овощными культурами, среднее

содержание — под кукурузой. Картофель больше всех культур выносит усвояемый калий с урожаем, поэтому в почве под всеми вариантами его количество, за исключением весны — лета сухого 1968 г., оказалось низким (157—278 мг/кг).

Меньше становится в почве усвояемого калия при возделывании в севообороте многолетних трав, небольшое увеличение отмечено в почве под хлопчатником, размещенным по обороту пласта люцерны. К. И. Имангазиев указывал на накопление значительных количеств обменного калия после распашки трав в предгорной орошаемой светло-каштановой почве. В первый же год подъема пласта люцерны минерализуется 60%, во второй год оборота пласта — до 72% корневых остатков. Вследствие этого обменный калий в пахотном слое почв возрастает соответственно от 514 до 751 мг/кг.

При трехлетнем возделывании сахарной свеклы по разным предшественникам мобилизация водно-растворимой и обменной форм калия в почве выражалась максимальной величиной (436 мг/кг) при бессменной культуре сахарной свеклы и минимальной (292 мг/кг) после люцерны, усвояемый калий накапливается после кукурузы и сидерата (410 и 406 мг/кг). Потери обеих форм калия почвой под сахарной свеклой выражались максимальными величинами после сидерата и люцерны, минимальными — после монокультуры сахарной свеклы и кукурузы. После первой ротации свекловично-люцернового севооборота (8 лет) на фоне  $P_{90}K_{40}$  произошло накопление значительного количества водно-растворимого и обменного калия в слое 0—40 см орошаемой светло-каштановой почвы — соответственно 60—120 и 500—700 мг/кг. А при монокультуре сахарной свеклы по  $N_{100}P_{60}K_{80}$  содержание форм калия возрастает в метровом слое соответственно до 150 и 756 мг/кг. Происходит увеличение по  $P_{90}K_{60}$  и валового калия в слое почвы глубже 60 см, которое можно объяснить пополнением за счет разложения органического опада корней растений, а также трансформацией его из мобильных и обменных форм. Под культурами севооборота без удобрений в слое почвы 20—100 см снижается содержание усвояемого калия (Л. Д. Дубовик). Оно повышено в почве в последствии монокультуры сахарной свеклы и под озимой пшеницей — 300—400 мг/кг. К концу веге-

тации растений калия больше остается в почве после таких предшественников, как сахарная свекла и горох, меньше — после кукурузы на зерно. Это объясняется тем, что поливы возмещают калий, поглощенный растениями. После указанных предшественников урожай зерна озимой пшеницы составил соответственно 46, 45 и 35 ц/га. В светло-каштановой почве под табаком обменного калия больше бывает весной (310—330 мг/кг в слое 0—40 см), меньше — осенью (в сентябре). Поэтому для продуктивного возделывания табака рекомендуется вносить в почву (наряду с повышенными дозами азотно-фосфорных удобрений) калийные удобрения и навоз.

\* \* \*

\*

В каштановых почвах предгорных степей с благоприятными гидротермическими условиями интенсивно протекают процессы гумификации и разложения органических остатков растений. По сравнению с равнинными аналогами в них повышено содержание живых (на  $\frac{2}{3}$ ) гумифицированных корней, ниже запасы гумуса и общего азота, несколько больше доля последнего в гумусе (5%). Карбонатные почвы по сравнению с выщелоченными содержат меньше гумуса и азота, поэтому первые требуют основного внесения навоза и азотных удобрений.

Доля гидролизуемого азота достигает 6% общего, из которых на подвижную форму приходится 5%. Количество гидролизуемого азота в почве бывает повышено в сухой и занижено во влажный годы; оно увеличивается в почве варианта с азотно-фосфорными удобрениями. Следовательно, последние необходимо вносить во влажные годы.

В каштановых выщелоченных почвах нитрификация протекает интенсивнее, чем в карбонатных; этот процесс также усилен в пашне под картофелем, вариантах с NP и NPK удобрениями (126—172%), в оптимальный год — на богаре и в пару (125% к контролю). Процесс накопления нитратов подавлен глубже 40 см.

В орошаемой и удобряемой светло-каштановой почве под кукурузой и темно-каштановой почве под картофелем установлена мобилизация значительного коли-

чества аммонийного азота — соответственно 62—83 и 28—82% суммы минерального азота. Во влажный год при влажности 79—84% ППВ в почве бывает больше и азота аммония (79—84% минерального); в оптимальный год, когда влажность почвы снижается до 74% ППВ, доля азота аммония составляет 28—48%; в сухой год — 54—70% минерального азота. НК удобрения повышают содержание аммонийного азота в почве. В сухой и оптимальный годы в почвах удобренных вариантов минеральный азот представлен на 50—60% нитратной, а во влажный — более 70% аммонийной формами. Доля обеих форм азота равна 2,8—3,8% общего азота. В связи с тем, что вымывание нитратов происходит до глубины 3 м (10—14 кг/га N—NO<sub>3</sub>), необходимо принять меры по предотвращению потери азота из корнеобитаемого слоя почвы.

Запасы валового фосфора в предгорных каштановых карбонатных почвах больше, чем в выщелоченных. Доля усвояемого фосфора изменяется от 3% (по Мачигину) до 10% валового (по Пейве и Труогу). В каштановых почвах на поливе и во влажные годы происходит мобилизация доступного фосфора и увеличение поступления его в растения. В результате урожай клубней картофеля повышается на 76 ц/га. Установлена обратная зависимость накопления нитратов и усвояемого фосфора в почве в годы с недостаточной и оптимальной влажностью и прямая зависимость во влажном году. Минеральные удобрения увеличивают долю усвояемого фосфора в темно-каштановой почве на 3—8% валового, а урожай клубней — на 55—88 ц/га. Наивысший урожай клубней (до 226 ц/га) можно получить при таком соотношении элементов плодородия темно-каштановой почвы на фоне НК и НК удобрений: влажность — 73—75% ППВ, нитратный азот — 38—40 мг/кг и усвояемый фосфор — 190—245 мг/кг (по Труогу). Разное содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в почве под возделываемыми культурами связано с их предшественниками. Люцерна обедняет, удобряемая монокультура сахарной свеклы обогащает почву фосфором. Содержание фосфора в почве низкое после кукурузы, табака, повышенное — после свеклы и гороха, что следует учесть при расчете доз вносимых удобрений и чередовании культур севооборота в зоне орошаемого земледелия.

Предгорные каштановые почвы, развитые на лёссе, отличаются повышенным содержанием валового калия. Обеспеченность калием средняя в целинных и недавно орошаемых светло-каштановых почвах (2,2% валового, 200—300 мг/кг обменного), высокая — в длительно орошаемых и удобряемых почвах — соответственно 2,8% и 400—750 мг/кг (по Протасову). При 6 поливах растения кукурузы больше потребляют доступный калий (как и фосфор), мобилизованный в почве, и меньше — из удобрений. Содержание калия повышается в сухой год (до 428 мг/кг, или 1,4%), понижается — во влажный и оптимальный годы (200—300 мг/кг, или 0,5—0,8% валового). Много обменного калия в почве накапливается под овощными культурами и сахарной свеклой (400—500 мг/кг); его количество среднее под сидератами, кукурузой, озимой пшеницей и табаком (300—400 мг/кг) и низкое — под картофелем и люцерной (200—300 мг/кг). Следовательно, последние культуры выносят много калия с урожаем и после них особенно необходимо пополнение этого элемента путем мобилизации из богатства почвы и внесения калийного удобрения  $K_{40-60}$ . А в севообороте оно достигается путем распашки трав. При этом калия накапливается в почве до 500—750 мг/кг.

## СЕРОЗЕМЫ

В области современных речных долин и дельт, а также в нижних частях подгорно-предгорных равнин сероземного пояса Северного Тянь-Шаня распространены лугово-сероземные почвы. Они развиты в микропоясе погружения (1,5—3 м) грунтовых вод. Для них характерно неустойчивое (периодическое) грунтовое увлажнение и сульфатное засоление. По мощности гумусового горизонта и содержанию в нем гумуса различают светлые (в горизонте А гумуса до 3%) и темные (гумуса более 3%) лугово-сероземные почвы. Первые распространены в предгорном пустынном поясе светлых сероземов, вторые — в подгорном пустынно-степном поясе обыкновенных северных (или семиреченских) сероземов водораздельных пространств. Среди последних на надпойменных террасах Большой и Малой Алматинок встречаются разности с признаками гидроморфности, со-

держание в горизонте А до 3% гумуса. Сероземы с признаками гидроморфности вышли из-под влияния грунтовых вод и находятся в стадии опустынивания (на целине). Нижняя часть профиля сохраняет реликт луговости в виде бурых и ржавых пятен железа на светлом фоне. Из-за глубокой сульфатной солончаковатости эти почвы при орошении склонны к вторичному засолению.

**Содержание гумуса и азота.** Потенциальное плодородие серозема как типа почвы довольно высокое. По плодородию чернозем и серозем равноценны, но по виду и свойствам они сильно различаются.

В толщу сероземов ежегодно поступает большое количество органической массы растений, особенно в профиле темных и предгорных сероземов. Очень много остается в целинной почве корневой массы растений, превышающей надземную в 7—10, а в светлых сероземах — даже в 15 раз. Несмотря на это, в сероземах запас гумуса небольшой (табл. 19).

Таблица 19

Запас гумуса в сероземах

Почва	В горизонте А, %	Т/га в слоях		Автор, год
		0—50 см	0—100 см	
Типичный светлый серозем	1,0—1,5	40	62	Розанов, 1951
Типичный обыкновенный серозем	1,5—2,5	59	107	»
Темный серозем	2,5—4,5	89	158	»
Северный светлый серозем	1,0—1,3	30	57	Соколов, Ассинг, 1962
Северный обыкновенный серозем	1,5—2,3	40	71	Кропоткина, Марченко, 1970
Лугово-сероземная	—	82	121	«
»	3—5	—	158	Ассинг, 1957, 1964
»	—	134	149	Федорин, Токарева, 1965
Темно-каштановая почва и южный чернозем	—	—	200—250	Тюрин, 1937

Такое расхождение между относительно высоким поступлением в толщу серозёмов органических остатков и незначительным (по сравнению с почвами степного ряда) содержанием гумуса объясняется высокой их биогенностью. В период влажной и теплой весны (кратковременная мезотермическая фаза) в профиле серозема бурно проявляется жизнедеятельность микроорганизмов, в результате которой весьма активно протекает процесс минерализации органических остатков растений. Этому благоприятствует преимущественно протеиновый состав гумуса серозёмов. Основными компонентами гумуса в сероземах являются относительно богатые азотом соединения меланинного типа (30—40%) — продукта автолиза тел бактерий. По сравнению с черноземами и каштановыми почвами в составе гумуса серозёмов меньше лигнина (25—35% против 40—60%), гемицеллюлоз, отсутствует клетчатка, низко содержание гуминовых кислот (около 17% против 30—45%). Правда, последних больше в северных обыкновенных сероземах (19—20%) и в сероземах с признаками гидроморфности (23—29%).

Подтверждением протеинового состава гумуса серозёмов служат относительно повышенное содержание в них общего азота и узкое отношение органического углерода к азоту. Оно уже в старопашотных и более широкое — в целинных сероземах; у последних не все органическое вещество гумифицировано. Отношение углерода к азоту наиболее узкое у светлых серозёмов (в слое 0—20 см — 3,8—8,7), расширяется оно в обыкновенных (5,5—9,4) и темных сероземах (6,3—9,7), у северных светлых серозёмов оно равно 5,2—6,2 (при содержании азота в горизонте А 0,1%), у обыкновенных серозёмов предгорий — 6,8—7,8 (азота — 0,15—0,12%) и у лугово-сероземных почв — 7,8—10,8 (азота — 0,24—0,16%). Запас общего азота в сероземе колеблется от 3,4—2,4 в слое 0—50 см до 6 т/га в метровом слое. А в верхнем слое (0—60 см) лугово-сероземных почв он достигает 12,5 т/га.

Известно, что после люцерны в почве остается значительное количество корневой массы (от 28 в первый год до 60 ц/га на третий), что способствует накоплению в ней гумуса и общего азота, в том числе легкогидро-

лизуемых протеинов — источника легкоомобилизуемого азота (И. И. Синягин).

Данное положение подтверждено исследованиями почвоведов в условиях Алма-Атинской области. В пахотном слое светлых и обыкновенных сероземов размеры дополнительного накопления составляют соответственно 7—8 и 3—5,5 т/га гумуса, 1,2 и 1,4 т/га общего азота.

Главная особенность состава гумусовых веществ в сероземах (по Розанову) состоит в том, что большая часть азота находится в виде соединений, легко подвергающихся гидролизу под влиянием биохимических процессов. Количество азота, определяемого в гидролизате 0,5 н. серной кислоты, в сероземах равно 5—11% общего азота против 0,9—1,3% в черноземах; в лугово-сероземных почвах земледельческих районов Киргизии оно достигает 12% против 2,6% в черноземах. Поэтому увеличение питательных веществ в почве не всегда связано с высоким содержанием гумуса. Например, у сероземов бывает мало гумуса, но значительно количество питательных веществ.

**Режим усвояемых форм азота.** Наибольшими запасами легкогидролизуемого азота обладают почвы целины и люцерника. В обыкновенных сероземах его больше в пахотном (106 мг/кг, или 9,1% к общему) и меньше в подпахотном (60 мг/кг, или 5,7%) слоях; в лугово-сероземной орошаемой почве послойное расхождение усвояемого азота небольшое — соответственно 147 и 102 мг/кг, или 11 и 8,1% общего азота. Количество легкогидролизуемого азота в обыкновенных сероземах изменяется в зависимости от степени их окультуренности: в хорошо окультуренном — 74, средне окультуренном — 48 и неокультуренном сероземе — 31 мг/кг почвы.

Агрохимическое картографирование территории учхоза КазСХИ «Джанашарское» Энгельсказахского района, где преобладают лугово-сероземные почвы, показало, что из всей площади пашни хозяйства (11 тыс. га) 40% почв содержат гидролизуемого азота 40—60 мг/кг, 43% — 60—110 и 17% — больше 110 мг/кг. Количество гидролизуемых форм азота подвержено сезонной динамике, падая до минимума в периоды интенсивной минерализации органических веществ.

В пахотном слое лугово-сероземной почвы Заилий-



Содержание общего и легкогидролизуемого азота  
в лугово-сероземной почве учхоза «Джанашарское»  
(данные 1970 г.)

Культура	Глубина слоя, см	Общий азот, %	Гидролизуемый азот, мг кг	
			май	август
Яровая пшеница	0—20	0,353	140	51
	20—40	0,224	73	23
	40—60	0,241	16	17
Сахарная свекла	0—20	0,286	107	89
	20—40	0,256	87	39
	40—60	0,235	14	19

ского Алатау максимум накопления азота отмечен под люцерной (до 126 мг/кг), минимум — под озимой пшеницей и кукурузой (49 и 56 мг/кг); среднее содержание — под сахарной свеклой и овощами (до 78 мг/кг). Количество азота в почве максимальное в мае и минимальное в августе. Оно резко уменьшается глубже 40 см (табл. 20).

По сравнению с лугово-сероземной почвой в пахотном слое обыкновенного серозема азота меньше, но распределен он по профилю более равномерно. Даже на глубине 40—100 см количество азота составляет 52—61 мг/кг. Сравнительно повышено оно в почве в осенний и весенний периоды. В почвах под зерновыми колосовыми культурами полевого и вегетационного опытов содержание азота заметно снижается к концу лета, особенно на контроле без удобрений (табл. 21).

Гидролизуемого азота в сероземах больше под удобренной культурой сахарной свеклы: 79—100 мг/кг — в лугово-сероземной почве и до 89 мг/кг — в обыкновенном сероземе. В первой половине вегетации культуры сахарной свеклы (май—июнь) после двух подкормок посевов варианта со средней обеспеченностью доступным фосфором количество азота составляло 125, а с повышенной обеспеченностью фосфором — 129 мг/кг. Во второй половине вегетации (август — сентябрь) количество азота на этом варианте понизилось до 87 мг/кг в лугово-сероземной почве и 67 мг/кг в обыкновенном сероземе. Соответствующие потери в 38 и 39 мг/кг, оче-

Содержание гидролизуемого азота в обыкновенном сероземе  
Алма-Атинской области и его влияние  
на урожай зерна, мг/кг

Вариант опыта	Культура зерн	Гидролизуемый азот в слое почвы, см				Урожай зерна	
		0-20	20-40	40-80	80-100	ц/га	г/сосуд

*Полсвой опыт 1966 г.*

До закладки опыта (осень 1965 г.)	Ози- мая пше- ница						
	Безо- стая 1	83	72	61	—	—	—
После уборки урожая: без удоб- рений с удоб- рениями (N <sub>110</sub> P <sub>100</sub> K <sub>30</sub> )	.	44	36	32	—	34,6	—
	.	66	51	25	—	49,6	—

*Вегетационный опыт 1967 г.*

В июне — без удобрений	Яч- мень Нутанс	67	56	—	52	—	—
В августе: без удоб- рений с удоб- рениями (N <sub>75</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> )	.	35	40	—	39	—	1,8
	.	38	45	—	42	—	9,3

видно, пошли на мобилизацию минерального (аммиачного и нитратного) азота и отрицательно сказались на урожае сладких корней. На варианте со средним содержанием фосфора (по Мачигину) — 25—35 мг/кг и высоким азота (до 125 мг/кг) произошло снижение урожая сахарной свеклы на 206 ц/га. Высокие урожаи свеклы (556 и 558 ц/га) получены на вариантах с повышенным содержанием в почве фосфора (35—50 мг/кг) и средним (до 106 мг/кг) азота.

Почвы, обеспеченные гидролизуемым азотом, обладают повышенной нитрификационной способностью.

Слабое накопление нитратов в почве объясняется недостатком органического азота — необходимого энергетического материала для нитробактерий — или дефицитом влаги. В условиях обеспеченной богары (600 мм осадков в год) нитрификационная способность темного серозема (в слое пашни 1,5 м) достигает 1 г/кг, или 3,5 т/га азота. Максимум накопления нитратов отмечен в первые 15 дней лабораторной инкубации (Е. А. Жориков). Энергия нитрификации понижена в сероземах, развитых в условиях полуобеспеченной и необеспеченной богары (М. И. Рубинштейн и др.). Прибавка азота нитратов к исходному его содержанию в богарном сероземе в слое (0—30 см) 14/VI 1965 г. под озимой пшеницей по черному пару составила 35 мг/кг, при монокультуре — 28 мг/кг. Максимум накопления влаги и нитратов в почве отмечался ранней весной — соответственно 134 мм влаги и 78 мг/кг нитратного азота в слое почвы 0—150 см.

В целинном обыкновенном сероземе Заилийского Алатау энергия нитрификации в лабораторном опыте достигала 31—46 мг/кг в слое 0—40 см и 63 мг/кг азота в слое почвы 0—100 см. Глубже 40 см нитрификация снижается в 3—4 раза (табл. 22). В сильнокарбонатной породе с 28%  $\text{CO}_2$  (лёсс — 80—100 см) этот процесс сходит на нет (1 мг/кг).

Таблица 22

Нитрификационная способность ( $\text{N—NO}_3$ ) обыкновенного целинного серозема колхоза «40 лет Казахской ССР» Илийского района Алма-Атинской области (1967 г.)

Глубина слоя, см	Май		Июль	
	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га
0—40	46,8	164	46,5	163
40—100	11,0	38	16,3	57
0—100	57,8	202	62,8	220

При орошении и достатке органического вещества, богатого азотом (после распашки целины или люцерника), интенсивность нитратонакопления в сероземе возрастает. Мобилизация нитратов при этом коррелирует с годом стояния люцерны и агрофоном в соответствии с подтипами сероземов.

Накопление нитратного азота на 30-й день инкубации образцов серозема (в слое 0—20 см): под люцерной первого года — 125, второго — 250 и третьего — 268 мг/кг против 65 мг/кг на старопашке; в слое 20—40 см соответственно содержалось 81; 121; 204 и 30 мг/кг нитратного азота.

Энергия нитрификации повышается при внесении органо-минеральных удобрений: в удобренной почве под хлопчатником (в севообороте) на 21-й день накопилось от 60 до 153 мг/кг нитратного азота против 28 мг/кг под бессменной неудобренной культурой. Повышенной энергией нитрификации обладают и лугово-сероземные почвы предгорий Заилийского Алатау. За 15 дней лабораторной инкубации образцов накопилось 75 мг/кг нитратного азота. А в полевых условиях Джанашарского учхоза в июле содержание последнего в почве составило: под кукурузой — 87—178 мг/кг и сахарной свеклой — 94—143 мг/кг, или соответственно 304—623 и 329—500 кг/га в метровом слое почвы (П. С. Булахова).

Приведенные данные подтверждают большие потенциальные возможности сероземов в мобилизации минерального азота, представленного в основном нитратным. В автоморфных сероземах мало накапливается аммонийного азота, и он обнаруживается только весной.

Наибольшее количество поглощенного аммония в сероземах отмечено весной — в марте — апреле с тенденцией к увеличению с глубиной; в июле оно убывает до следов и в августе — сентябре возрастает вновь — более 25 мг/кг. Содержание аммония не изменяется в связи с возделываемой культурой и ее предшественниками, а целиком зависит от погодных условий и полива.

Аммония в пахотном слое почвы во влажный год бывает больше (от 24 до 77 мг/кг), чем в сухой (3—6 мг/кг). Резкое различие установлено при переводе аммонийного азота на запасы в слое почвы 0—60 см. Во влажный год аммонийного азота накапливается в 8—9 раз больше (от 203 до 465 кг) по сравнению с сухим годом (26—49 кг/га). Причем в сероземах гидроморфного ряда отмечено накопление больших количеств аммония, нежели в обыкновенном сероземе, с максимумом в мае и сентябре, когда он не потребляется растениями. При благоприятных гидротермических условиях

мобилизация больших количеств аммонийного азота (372 кг/га) установлена и в профиле лугово-сероземных почв Киргизии.

Количество аммония возрастает после поливов под всеми культурами пропашного севооборота. В мае, в фазу всходов сахарной свеклы, гороха и вико-овса, при относительно прохладной и влажной весне и высокой влажности почвы (20—27%) содержание аммония в пахотном слое достигает 10,5, а в подпахотном — 12,8 мг/кг. Начиная с июня происходит уменьшение аммония: минимум его наблюдался в июле — в фазы созревания гороха, утолщения корня у сахарной свеклы, выметывания метелки у кукурузы и молочно-восковой спелости у вико-овса.

Удобрения повышают содержание аммония в почве: сравнительно меньше — фосфорно-калийные, больше — сидераты и азотные. В лугово-сероземной почве Джамбулской области максимум азота аммония под яровой пшеницей (по пласту люцерны, удобренной  $P_{120}K_{120}$ ) установлен 15/VI — 30 мг/кг, а под сахарной свеклой (по обороту пласта +  $N_{120}P_{280}K_{240}$ ) — 20/IV (24 мг/кг); в конце июня количество аммонийного азота резко убывало (до 5—10 мг/кг). В июле по пласту и обороту пласта в почве его содержалось меньше, чем на старопашке, — 4,6—5,3 мг против 6,5 мг/кг. После заправки зеленой массы гороха на глубину 12 см максимальное накопление аммиака в сероземе происходит на 3—6-й день — до 69—83 мг/кг.

В результате систематического применения аммиачных удобрений происходит накопление значительных количеств поглощенного аммония. После внесения повышенных их доз в опытные делянки (100 кг/га мочевины и 180 кг/га аммофоса) содержание аммония в предгорных сероземах Алма-Атинской области в конце июня достигало 60 мг/кг, то есть его было больше, чем весной и осенью, — 33—39 мг/кг. Мобилизации аммония в почве от внесения мочевины на больших опытных полях-участках не произошло.

В условиях вегетационного опыта с ячменем (при влажности 60% ППВ) азота аммония в обыкновенном сероземе (на фоне  $N_{75}P_{50}K_{50}$ ) накапливалось еще больше: в слое почвы 0—15 см — до 71 мг/кг против 58 мг/кг на контроле.

Динамика полевой влаги и запасов аммонийного азота в метровом слое лугово-сероземной почвы Алма-Атинской области в зависимости от ее плотности и фазы развития растений

Объемный вес (ОВ) пахотного слоя, г/см <sup>3</sup>	Фаза вегетации растений (1972 г.)					Среднесезонное содержание		
	всходы	кущение	трубка в ниже	молочная спелость	после уборки	H <sub>2</sub> O, %	N-NH <sub>4</sub>	
							мг/кг	кг/га

## Яровая пшеница

1,0	Следы	21	26	30	43	28	40	140
1,1	„	47	36	32	66	29	45	157
1,2	42	46	53	82	98	31	64	224
1,3	41	49	53	43	58	27	49	171

## Пар

1,0	Следы	42	50	69	80	29	60	210
1,1	14	42	57	73	78	29	52	185
1,2	31	49	74	95	80	31	66	231
1,3	34	57	58	64	77	28*	58	203

\* Показатель ППВ.

Установлено коррелятивное изменение элементов плодородия в предгорных сероземах в зависимости от плотности (Л. П. Гнездилова). Наилучшее сложение почв для растений создается при ОВ, равном 1,2 г/см<sup>3</sup>, при котором отмечается наибольшее среднесезонное содержание полевой влаги и аммонийной формы азота (табл. 23). Запасы последней в почве при ОВ, равном 1,2 г/см<sup>3</sup>, изменялись под яровой пшеницей от 147 (всходы) до 343 кг/га (после уборки) и под паром — от 108 (весной) до 332 кг/га (в конце лета). А урожай зерна яровой пшеницы составил 19 ц/га против 13,3 ц/га при ОВ, равном 1 г/см<sup>3</sup>.

К созданию такого оптимального сложения почвы должна быть направлена современная технология механизированного возделывания сельскохозяйственных культур в условиях орошаемого земледелия. Разумеется, оно будет неодинаковым у разных культур.

В профиле сероземов периодически бывает повышено содержание нитратной формы азота. Оно колеблется от 2,3 до 22,6 мг/кг на целине и от 23 до 76 мг/кг — в почве пара с максимумом в июне и октябре. В сероземах Киргизии на орошаемом пару нитратного азота мобилизуется от 13,5 в апреле до 108 мг/кг (378 кг/га) в июле, и его доля в общем азоте колеблется в пределах 2—5% (Е. А. Жориков).

В предгорной лугово-сероземной почве Алма-Атинской области запасы нитратного азота в метровом слое почвы достигают под яровой пшеницей 567 и под паром — 754 кг/га. В его годовой динамике установлено наличие двух максимумов. Нитраты в сероземах не выщелачиваются глубоко за период осенне-зимнего промачивания почвы. С прекращением выпадения осадков они мигрируют обратно в корнеобитаемую зону и таким образом сохраняются. Аналогичный процесс наблюдается и в условиях орошения. Нитраты не теряются также под влиянием зимне-весеннего увлажнения почвы. Они лишь перераспределяются по отдельным горизонтам почвы. В июне — июле поливными водами они вымываются до глубины 1 м. На 5—6-й день после полива нитраты вновь мигрируют в верхний слой серозема и вместе с мобилизованным их количеством достигают прежних величин. Существует иное мнение по этому поводу. Осенью засушливого года в почве под кукурузой оставалось значительное количество неиспользованных нитратов, которые, возможно, из-за вымывания в глубокие слои не обнаружены весной следующего года. Запас нитратного азота в слое 12 м темного серозема Таджикистана составил 500 кг/га; большая часть их (300 кг/га) была обнаружена в слое 5—8 м предположительно из-за вымывания влагой атмосферных осадков.

Процесс мобилизации нитратов в сероземах, как и в других типах почв, рассмотренных выше, зависит от способа обработки почвы (под действием которого создается разное сложение пахотного слоя), гидротермических условий почвенно-атмосферной среды, возделываемых культур, их предшественников и вносимых удобрений.

Для богарных сероземов эффективный способ основной обработки по влаго- и нитратонакоплению — отвальная вспашка. При этом осенью, перед посевом

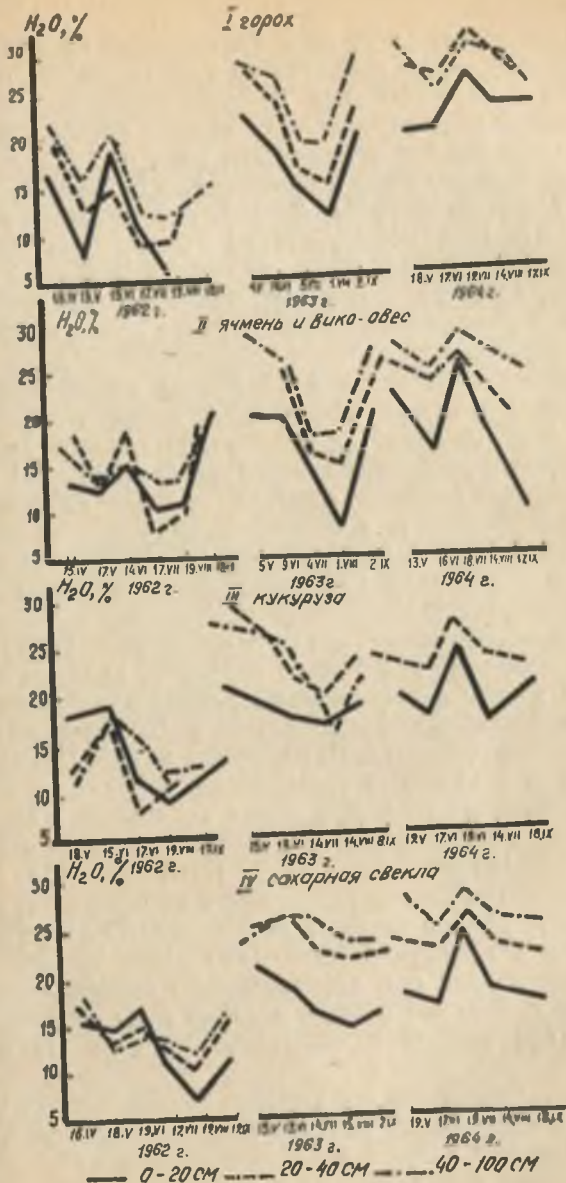


Рис. 11. Динамика полевой влажности в лугово-сероземной почве



озимой пшеницы, почва пара (вспаханная на 28—30 см) содержала 94 мг/кг нитратов (в слое 0—30 см) и 63 мм влаги (в слое 0—50 см); по безотвальной обработке почва имела соответственно 43 мг/кг и 55 мм элементов плодородия. Весной следующего года под озимой пшеницей по черному пару в почве также оказалось больше влаги (134 мм в слое 0—150 см) и нитратов (до 250 кг/га). Под монокультурой же озимой пшеницы обнаружено минимальное их количество — 55 мм и 78 мг/кг. Среднее положение занимает кукуруза, под которой в почве накапливалось 92 мм влаги и 116 кг/га азота нитратов.

Глубокая безотвальная обработка орошаемой лугово-сероземной почвы эффективна лишь в первый год опыта. Максимальное количество нитратного азота отмечено под пропашными культурами (250—311 кг/га) при обработке почвы по схеме: один год — глубокое безотвальное рыхление, в последующие годы — отвальная вспашка. При этом максимум нитратов отмечен весной, минимум — летом; нитратонакопление в почве возобновляется осенью.

Лугово-сероземные почвы предгорий Заилийского Алатау вследствие близкого залегания зеркала грунтовых вод имеют благоприятный режим влажности и питательных веществ. Запас влаги в верхнем метровом слое, соответствующий ППВ, равен 3 тыс. м<sup>3</sup>/га. В оптимальный и влажный годы, когда зеркало грунтовых вод поднимается до 2 м, полевая влажность в слое почвы 0—40 см повышается соответственно до 75 и 83%, а в слое 40—100 см бывает равна ППВ (рис. 11). В этих условиях оптимальное увлажнение почвы для кукурузы и сахарной свеклы создают 2—3 поливами за вегетацию с оросительной нормой 1500—1800 м<sup>3</sup>/га. Урожай зерна и сладких корней при этом собирают соответственно 77 и 503 ц/га. Горох и ячмень в такие годы можно возделывать без полива и получать урожай зерна 20—24 ц/га.

В засушливый же год уровень грунтовых вод падает до 3 м и содержание влаги в почве снижается до 49% ППВ. Поэтому в целях поддержания оптимального водного режима для кукурузы и сахарной свеклы необходимо увеличить число поливов до 3—5, а оросительную норму — до 1800—3000 м<sup>3</sup>/га. В этом случае возможен

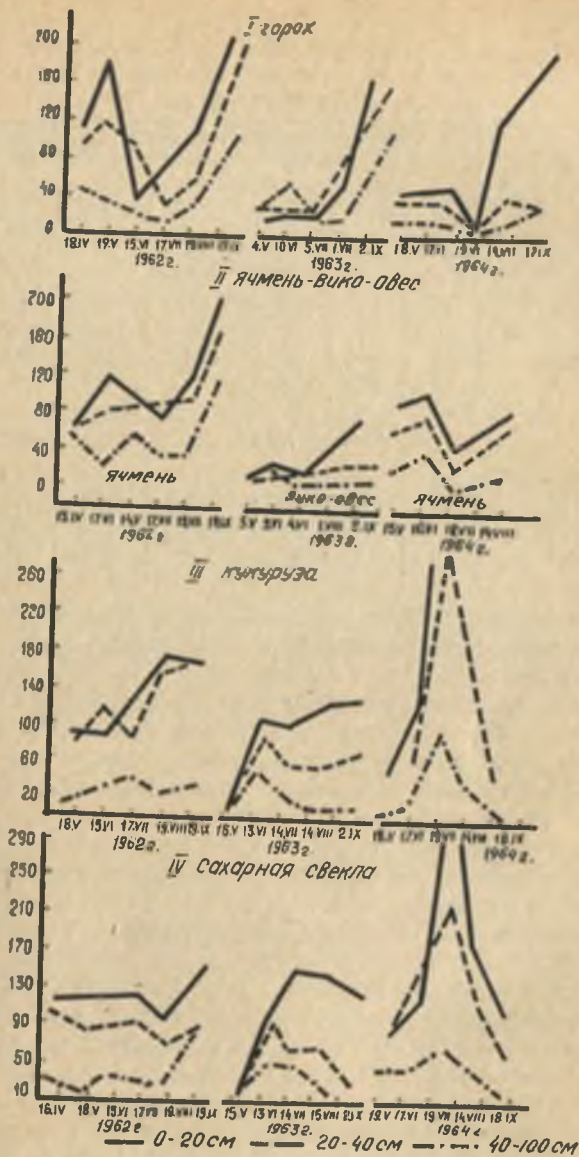


Рис. 12. Динамика нитратов ( $\text{NO}_3$ , мг/кг) в лугово-сероземной почве под культурами севооборота

Динамика запасов нитратного азота в метровом слое лугово-сероземной почвы при разной ее плотности в разные фазы развития растений

Объемный вес (ОВ) пахотного слоя, г/см <sup>3</sup>	Фаза развития растений (1972 г.)					Средний запас	
	всходы	кущение	трубкование	молочная спелость	после уборки	мг/кг	кг/га
<i>Яровая пшеница</i>							
1,0	11	72	40	81	130	57	200
1,1	8	77	61	34	166	69	241
1,2	4	68	52	122	162	81	283
1,3	14	80	43	41	125	61	213
<i>Пар</i>							
1,0	13	66	67	125	138	82	292
1,1	11	75	85	93	176	88	308
1,2	11	98	74	120	207	92	322
1,3	6	77	83	125	165	91	318

урожай зерна 72 ц/га и корней — 466 ц/га. А для зерновых и зернобобовых культур необходим один полив с нормой 500 м<sup>3</sup>/га.

Соответственно водному режиму складывается динамика нитратов в лугово-сероземной почве. Под пропашными культурами их накапливается в почве и потребляется растениями больше в оптимальный и влажный годы. Под зерновыми и зернобобовыми культурами нитратов в почве содержится во влажный год меньше, чем в сухой. В сухой год задерживается потребление нитратов растениями, а потому близки их количественные показатели в почве под изученными культурами (рис. 12).

Установлено неодинаковое накопление нитратов в сероземе с признаками гидроморфности под производственными посевами учхоза «Джанашарское» Энбекши-казахского района в разные по погодным условиям годы. Во влажные 1964 и 1967 гг., за исключением теплой весны первого года, нитратов в почве из-за потребления растениями и передвижения их вниз по профилю оказалось мало. Причем во влажный год 70% (весна) — 60% (лето) запаса нитратного азота сосредоточено в слое

почвы 40—50 см вследствие вымывания нитратов. В сухой год (1965) 95% (весна)—78% (лето) их запаса концентрируется в слое 0—40 см.

Во влажный год в первой половине лета под кукурузой мобилизуется значительное количество азота нитратов: средний его запас в слое почвы 0—60 см за май и июль составил 167 кг/га, то есть оказался почти в 3 раза больше, чем под пшеницей (54 кг/га). В сентябре содержание азота под обеими культурами выравнивается. Надо полагать, что кукуруза наряду с мобилизацией нитратов в почве интенсивно их потребляет. В сухой год запас азота нитратов в почве под пшеницей в силу ограниченного его потребления близок к запасу под кукурузой. При создании оптимального сложения почвы и под пшеницей возможна мобилизация значительных количеств нитратного азота, запас которого во второй половине ее вегетации приближается к запасу азота в почве пара (табл. 24, Л. П. Гнездилова).

Наиболее оптимальная плотность почвы создается при ОВ, равном  $1,2 \text{ г/см}^3$ , при которой после уборки пшеницы в слое 0—100 см накапливается до 567 кг/га нитратного азота, то есть несколько меньше, чем в пару (754 кг/га). Разница в количестве (187 кг/га), очевидно, употреблена растениями пшеницы на создание урожая в фазы кущения (110 кг/га) и трубкования (77 кг/га). При показателях плотности 1,1 и  $1,3 \text{ г/см}^3$  потребление азота растениями отмечено и в фазу молочной спелости. Оно прекращалось при ОВ, равном 1,0 и  $1,2 \text{ г/см}^3$ .

Зависимость режима влаги и нитратов от возделываемых культур и их предшественников разберем на материалах влажного (1963) года, когда в лугово-сероземных почвах учхоза «Джанашарское» Энбекши-казахского района сложился благоприятный водный режим. Повышенная влажность отмечалась в первой декаде мая — 76—80% в пахотном и более 100% ППВ в подпахотном слоях почвы. Летом происходило постепенное иссушение почвы — наибольшие потери влаги почвой отмечены в начале августа: она снизилась до 42—46% под зернобобовыми и 69% ППВ под пропашными культурами. В начале сентября влажность почвы вновь повышается до 71—78%. Среднесезонная влажность почвы составляла: под зернобобовыми — 70—71%, пропашными культурами — 76—80% ППВ. Даже в за-

сушливый период вегетации растений полевая влажность в верхнем метровом слое почвы под последними культурами составляла 73—76% ППВ. Очевидно, здесь имело место подпитывание почвенного профиля пресной грунтовой водой. Замечено, что почва, занятая кукурузой, по сравнению с сахарной свеклой экономнее расходует влагу из-за затенения ее поверхности надземными органами.

Синхронно с влагой складывалась динамика нитратов. В течение вегетационного периода (без весеннего срока) пахотный слой лугово-сероземной почвы содержал их больше (32—107 мг/кг), чем подпахотный (21—61 мг/кг). Как исключение больше нитратов содержал подпахотный слой почвы под горохом (56,7 мг/кг). Это связано в первом случае с хорошей аэрацией почвы, во втором — с накоплением нитратов в результате разложения корневых (и клубеньковых) остатков гороха. Весной из-за обильно выпавших атмосферных осадков нитраты несколько вымывались в нижние слои. А летом, когда температура почвы в пахотном слое достигала 31°, влага интенсивно испарялась, вследствие чего нитраты собирались в поверхностном слое почвы. Максимальное количество нитратов в почвах полей, занятых горохом и вико-овсом, было в начале осени, а в почвах под сахарной свеклой и кукурузой — в летний период (табл. 25).

Таблица 25

**Динамика запасов нитратного азота в слое 0—40 см лугово-сероземной почвы под культурами пропашного севооборота**

Культура	Среднесезонное содержание $H_2O$ , % ППВ	Срок определения (1963 г.)					Среднесезонный запас $N-NO_3$	
		май	июнь	июль	август	сентябрь	мг/кг	кг/га
Вико-овес	71	5,6	9,7	7,0	15,8	22,8	12,2	42
Горох	70	9,2	9,7	8,6	28,5	67,3	24,5	85
Кукуруза	80	6,3	48,6	38,6	43,1	47,0	36,6	128
Сахарная свекла	76	6,8	43,8	50,8	50,6	35,0	37,4	131

В почвах полей, засеянных горохом и вико-овсяной смесью, количество нитратов в фазу всходов, достигающее в пахотном слое 15 мг/кг, увеличивается в фазы

цветения гороха и трубокования овса до 25 мг/кг, что связано с повышением температуры воздуха и почвы. Затем вследствие энергичного потребления растениями нитратов становится меньше. С окончанием их вегетации (июльский срок определения) увеличивается и количество нитратов в почве.

После уборки гороха и вико-овса поля полили (3—6/VIII) и вспахали (10—13/VIII), вследствие чего в почвах резко возросло содержание нитратного азота, особенно в сентябре, так как не была посеяна пожнивная культура и поля паровали. По способности мобилизации нитратного азота в почве горох имеет преимущество перед вико-овсяной смесью (85 против 42 кг/га).

В почве под пропашными культурами благодаря частым междурядным обработкам и поливам процесс нитратообразования протекал энергичнее, и нитратов в течение вегетационного периода здесь содержалось больше. На свекловичных полях в пахотном слое почвы количество нитратов нарастает начиная с фазы всходов вплоть до фазы увядания наружных листьев (июльский срок определения). В этот период нитратообразование активизируется из-за повышения температуры почвы, рыхления и полива. Высокое содержание нитратного азота в июле связано еще и с тем, что в начале третьей декады июня сахарная свекла была подкормлена мочевиной. К осени (вторая декада сентября) наблюдается заметное снижение количества нитратов в почве. Подобная динамика отмечена и в лугово-сероземных почвах Киргизии. В подпахотном и более глубоких слоях начиная со второй половины вегетационного периода нитраты убывают.

В пахотном слое почв полей, занятых кукурузой, с фазы всходов начинается непрерывное увеличение количества нитратного азота, продолжающееся до осени. В более глубоких слоях динамика нитратов аналогична динамике их в тех же слоях почв свекловичных полей. Давая сравнительную оценку нитратообразования под разными культурами, необходимо отметить преимущество кукурузы, особенно если учесть, что под нее удобрения не вносились. А среднесезонный запас нитратного азота на данных полях был не ниже, чем в почве под сахарной свеклой, которой дали подкормку.

В мобилизации нитратов наряду с обработкой, оче-

видно, играют роль выделяемые корнями кукурузы угольная и яблочная кислоты, стимулирующие развитие азотфиксирующих бактерий (И. С. Шулов). Этим и объясняется незначительное различие в запасах азота в почве под кукурузой после разных предшественников. Под другими культурами это различие довольно большое: по гороху запасы азота в почве под сахарной свеклой в 1,9 раза выше, чем по вико-овсу, а под ячменем — в 2,9 раза выше, чем по кукурузе.

В почве под горохом, размещенным после кукурузы, запас азота в 1,8 раза меньше, чем на поле сахарной свеклы. В мобилизации азота кукуруза как предшественник не имеет преимуществ и для сахарной свеклы. Предшественники сахарной свеклы в звеньях севооборотов по запасам нитратного азота в почве (в слое 0—40 см) располагаются в таком ряду по убыванию: люцерна первого и второго годов — сахарная свекла (169 кг/га); озимая пшеница — горох на зерно — сахарная свекла (161 кг/га); люцерна второго года — ячмень — сахарная свекла (147 кг/га); кукуруза на силос — озимая пшеница — сахарная свекла (123 кг/га) — люцерна второго года — сахарная свекла второго года (108 кг/га). Максимум накопления нитратного азота в почвах отмечен: под кукурузой по сахарной свекле в июле — до 261 мг/кг, а по кукурузе в сентябре — до 77 мг/кг; под сахарной свеклой по гороху в июле — до 197 мг/кг и сентябре — до 78 мг/кг; под ячменем по гороху в мае — до 74 мг/кг и сентябре — до 134 мг/кг; под горохом по сахарной свекле в августе — до 47 мг/кг и сентябре — до 57 мг/кг. Минимальное количество нитратного азота оставалось в почвах под ячменем — в июле, под сахарной свеклой — в мае и сентябре (кроме гороха как предшественника), под кукурузой — в мае — июне и под горохом — в июле.

Культура люцерны с мощноразвитой корневой системой (до 5 м в условиях Средней Азии) приводит к уплотнению почвы (ОП равна 45—48%), из-за чего ухудшается аэрация и унетается процесс мобилизации нитратов. Поэтому в почве непосредственно под люцерной обнаруживается, как правило, минимальное количество нитратов. А распашка люцерника сопровождается накоплением нитратов в почве (Е. А. Жориков). Наибольшее количество их образуется через 3—3,5 не-

дели и после заделки на сидераты зеленой массы гороха.

Нитратообразование стимулируют фосфорные, а количество нитратов в почве увеличивают полные минеральные удобрения, внесенные совместно с навозом. Содержание нитратного азота в почве резко повышается при применении минеральных удобрений под культурами свекловичного севооборота, особенно по обороту пласта люцерны. Установлено увеличение содержания нитратов более чем в 2 раза в слое 0—50 см обыкновенного серозема Киргизии под влиянием калийных удобрений. А положительное воздействие азотных удобрений на мобилизацию нитратов общеизвестно. При внесении дозы 60 кг/га азота (совместно с РК удобрениями) под кукурузу среднесезонное содержание азота нитратов (1964—1966 гг.) в лугово-сероземной почве составило на контроле 12 мг/кг, по азотным, азотно-калийным — 22 и полным удобрениям — 24 мг/кг с максимумом его образования в конце мая — до 35 мг/кг по НР, 27 мг/кг по НРК и минимумом в августе — сентябре — 3,4—5,6 мг/кг. Резко увеличиваются нитраты в почве от внесения мочевины.

**Режим доступного фосфора.** В сероземах фосфор содержится в основном в виде труднорастворимого кальциевого карбонат-апатита —  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{CaCO}_3$ . Незначительная его часть представлена в форме дикальциевого фосфата —  $\text{CaHPO}_4$  и совсем мало обнаруживается водно-растворимого однокальциевого фосфата —  $\text{Ca}(\text{HPO}_4)_2$ . Растворимость фосфатов повышается под действием корневых выделений растений и углекислоты почвенного раствора, продуцируемой при разложении органических веществ почвы. На 4—5-й день после полива в связи с усилением минерализации из почвы выделяется на пару 56, из-под хлопчатника — 79 мг/л  $\text{CO}_2$ ; на фоне навоза и НР удобрений концентрация углекислоты соответственно возрастает от 62 (32 кг/га) до 159 мг/л (83 кг/га). К тому же в августе в момент наибольшего развития корневой системы хлопчатника выделяется от 42 до 52 кг/га угольной кислоты. Под действием ее в почве повышается количество минеральных усвояемых форм фосфора (С. А. Кудрин, И. И. Синягин). Имеется другая точка зрения относительно подвижности фосфатов суперфосфата. При заделке навоза в почву



содержащиеся в нем коллоиды гуминовых кислот предохраняют растворимые фосфаты удобрений от химического связывания. Это достигается уменьшением контакта почвенных частиц с фосфатами благодаря обволакиванию их органическими коллоидами. К тому же усвояемые фосфаты высвобождаются и при разложении самого навоза.

Следовательно, фосфорная кислота в сероземах находится в относительно более мобильном состоянии, чем в черноземах, в которых значительная часть  $P_2O_5$  представлена труднорастворимыми фосфатами полуторных окислов.

В карбонатном сероземе 99% фосфорной кислоты вносимых фосфорных удобрений химически поглощаются почвой в течение первых двух дней и тем самым переходят в малоподвижные формы дикальцевого фосфата, а с течением времени — и в форму трехосновного фосфата. Эта способность к регенерации вносимых фосфатов сильно снижает КПД фосфорных удобрений на сероземах. Под влиянием азотной кислоты (продукт процесса нитрификации) кальций почвы переводится в растворимое состояние. В результате также усиливается химическое поглощение фосфатов и снижается концентрация их в почвенном растворе.

В противовес этому процессу фосфорное питание растений поддерживается тем, что низкая концентрация  $P_2O_5$  в почвенном растворе компенсируется высоковыраженными буферными свойствами сероземов Средней Азии и Казахстана (при увеличении концентрации углекислоты), под влиянием которых происходит регулярное снабжение растений необходимым количеством фосфатов.

По мнению некоторых исследователей, нитрификация способствует мобилизации фосфатов в почве. В темных сероземах на 30-й день инкубации образцов почвы наблюдалось максимальное накопление доступных фосфатов. Отсюда предполагается, что азотная кислота (продукт нитрификации) переводит фосфаты кальция из труднорастворимого состояния в подвижное.

В сероземах Средней Азии 70—78% валового минерального фосфора представлено кальциевыми соединениями (1100—1200 мг/кг); 5—7% — фосфатами полуторных окислов и кальций-апатита (74—122 мг/кг).

Усвояемые же фосфаты, извлекаемые углекислыми и углеаммонийными вытяжками, составляют 3—5% валового фосфора. Исключением оказались древнеорошаемые лугово-сероземные почвы, содержащие соответственно углекисло- и уксуснокислорастворимых фосфатов до 38 и 70% валового фосфора.

Количество усвояемых фосфатов возрастает от светлого серозема к луговым. То же самое наблюдается и с запасами валового фосфора: в светлом сероземе (в слое 0—100 см) — 14 т, в лугово-сероземной почве (в слое 0—50 см) Заилийского Алатау — 12 т/га. Причем на пахотный слой гидроморфной почвы приходится 6,7 т/га валового фосфора, что равно почти 48% его запаса в метровом слое автоморфной почвы.

Групповой состав фосфатов лугово-сероземной почвы Джамбулской области характеризуется меньшим содержанием углеаммонийно-растворимой (20 мг/кг, или 1,1%), уксуснокислорастворимой (568 мг/кг, или 32,6%) и высоким содержанием солянокислорастворимой форм  $P_2O_5$  (897 мг/кг, или 51,5% валового).

Несколько меньше доступных растениям форм фосфора первой и второй групп в обыкновенных сероземах Заилийского Алатау — 25%; столько же содержится третьей группы — 50%; на четвертую группу органических фосфатов приходится лишь 4% и пятую группу фосфатов невыветрившихся минералов — около 21% запаса валового фосфора. В сероземах Средней Азии и Южного Казахстана органический фосфор достигает 8—10% валового. Причем его содержание в сероземах увеличивается при продвижении от светлых к темным, гидроморфным подтипам и особенно луговым почвам — до 18%. На фоне навоза в почве содержание органического фосфора достигает 183—342 мг/кг, или 13—20%.

Мобилизация и изменение содержания усвояемого фосфора в почвах зависят от комплекса мероприятий агротехнического и агрохимического порядков, направленного на создание высококультурных почв. В результате систематической обработки почв и внесения больших доз удобрений создается мощный пахотный слой с хорошими физическими свойствами, высокими содержанием питательных веществ и биологической активностью. Содержание углеаммонийнорастворимых

фосфатов в таких орошаемых почвах превышает 60 мг/кг. Благодаря повышенному содержанию питательных веществ концентрация почвенного раствора достигает 1--2 атм., и тогда продуктивность использования воды и элементов пищи растениями значительно повышается. Напротив, в богарных условиях приемы обработки слабо влияют на мобилизацию доступного фосфора в сероземах. Изменение содержания  $P_2O_5$  в связи с обработкой не отмечено и в недавно освоенной орошаемой лугово-сероземной почве.

Мобилизация и динамика усвояемого фосфора зависят от возделываемой культуры. При культуре люцерны (после третьего года стояния) в сероземах происходит уменьшение содержания доступного фосфора (растворимого в 1%-ной уксусной кислоте) и увеличение его формы, связанной с органическим веществом. Это объясняется его биологическим поглощением (130 кг/га  $P_2O_5$ ) и закреплением в почве в форме органических соединений. Содержание данной формы наименьшее в хлопковой старопашке и повышено в целинных почвах и под люцерной. А после оборота пласта (из-за ослабления биологического поглощения фосфора) уменьшается количество органических фосфатов и увеличивается их подвижность, поэтому травы в севообороте являются мощным фактором повышения подвижности и доступности почвенных и вносимых фосфатов.

В богарных сероземах Каскеленского района Алма-Атинской области под озимой пшеницей в начале октября доступного фосфора по черному пару накапливалось 29,7 и при монокультуре — 23,9 мг/кг, следовательно, содержание фосфора не различается по предшественникам. А различия в содержании  $P_2O_5$  под сельскохозяйственными культурами в лугово-сероземной почве предгорий Алма-Атинской области довольно заметные. Размеры накопления усвояемого фосфора в пахотном слое составили под люцерной 5—7, озимой пшеницей — 11—19, кукурузой — 23—29, сахарной свеклой — 30—43 и овощами — 43—64 мг/кг. Повышенное содержание фосфора под пропашными культурами объясняется внесением высоких доз удобрений. Поэтому рекомендуется сократить норму внесения фосфорных удобрений под сахарную свеклу: на почвах с содержанием усвояемой  $P_2O_5$  более 50 мг/кг — до 20—30 кг/га, 30—40 мг/кг —

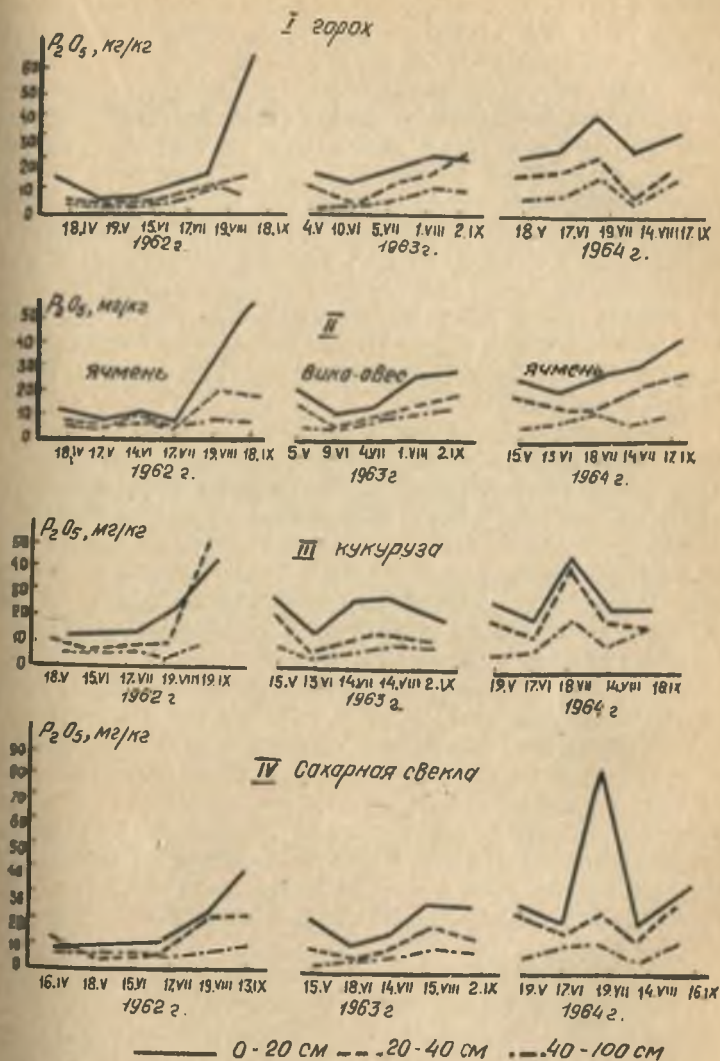


Рис. 13. Динамика усвояемой  $P_2O_5$  в лугово-сероземной почве под культурами севооборота

50—60 кг/га, урожай при последней дозе составляет 500 ц/га (А. Т. Пономарева). Заметно возрастает количество  $P_2O_5$  (на 6,1 мг/кг) под культурами 1 звена свекловичного севооборота (травы — пшеница — сахарная свекла) на фоне минеральных удобрений.

В лугово-сероземной почве свеклосеющих районов Киргизии и Казахстана количество усвояемой  $P_2O_5$  под производственными посевами сахарной свеклы в начале июня не превышает 19 мг/кг. По фону минеральных удобрений фосфора в почве больше (в середине июня и конце июля — до 30 мг/кг), чем под кукурузой. В благоприятные же по гидротермическим условиям периоды в профиле этих почв может накопиться до 420 кг/га  $P_2O_5$ . В почвах под неудобренными посевами больше содержалось фосфора под горохом, затем кукурузой и озимой пшеницей.

Мы рассмотрим данные сезонной динамики  $P_2O_5$  в связи с погодными условиями опытных лет (рис. 13).

В сухой 1962 г. усвояемого фосфора (по Мачигину) в почвах под всеми изученными культурами пропашного севооборота действительно было мало. Но уже в сентябре с увеличением влажности его количество в пахотном слое возросло до 50—60 мг/кг, особенно после уборки гороха и ячменя. Под кукурузой в это время  $P_2O_5$  содержалось меньше — около 40 мг/кг.

Среднее положение по мобилизации фосфора занимает благоприятный 1963 г. Минимум  $P_2O_5$  (около 10 мг/кг) отмечен в середине июня. Затем в течение лета ее количество нарастает под всеми культурами, особенно заметно — под кукурузой. На увеличение содержания фосфора в почве под кукурузой существенно повлияло внесение навоза (10 т/га) под весновспашку; а повышение количества  $P_2O_5$  в почвах полей, занятых горохом и вико-овсяной смесью, связано с окончанием вегетации растений.

Влажный 1964 г. отличался наиболее высоким содержанием фосфора в почве при максимуме в июле: до 30 мг/кг под ячменем, 40 — под горохом и кукурузой, 90 мг/кг после удобренной сахарной свеклы. Повышено содержание усвояемого фосфора (до 30 мг/кг) в пахотном слое лугово-сероземной почвы на отдельных полях производственных посевов учхоза «Джанашарское» Эңбекшиказахского района (табл. 26).

Режим усвояемого фосфора ( $P_2O_5$ ) в пахотном слое почв сероземного ряда Алма-Атинской области, мг/кг

Почва	Культура	Срок определения (1964 г.)					Среднесезонное содержание $P_2O_5$
		май	июнь	июль	август	сентябрь	
Лугово-сероземная Серозем гидроморф- ный Серозем к вен- ный	Кабачки	30,1	17,3	13,0	28,0	19,1	21,5
	Кукуруза	5,3	3,0	16,0	11,1	7,6	8,6
	Пшеница	9,7	7,0	17,4	13,0	23,9	14,2
	Сад	4,1	4,6	4,6	9,0	11,1	6,7

Наибольшее количество  $P_2O_5$  обнаружено в окультуренных луговых сазовых и лугово-сероземных почвах под овощными культурами (33—73 мг/кг) и сахарной свеклой (30—50 мг/кг); наименьшее — под монокультурой пшеницы (7—24 мг/кг), кукурузой (3—16 мг/кг), в саду (4—11 мг/кг) и под люцерной (5—7 мг/кг). Неодинаково было количество  $P_2O_5$  в почве (в слое 0—20 см) под культурами звеньев опытного свекловичного севооборота кафедры земледелия КазСХИ (мг/кг): монокультура сахарной свеклы — 13, люцерна первого и второго годов — 19, горох на зерно — озимая пшеница — сидераты — сахарная свекла — 20, кукуруза на силос — озимая пшеница — сахарная свекла — 25. Среднесезонное количество усвояемого фосфора под сахарной свеклой не превышало на этих полях 35 мг/кг. Динамика показывает его увеличение в первой и снижение во второй половине лета с последующим возрастанием в сентябре.

Резко повышается содержание фосфора (по Мачигину) при длительной удобряемой монокультуре сахарной свеклы. В слое 0—10 см лугово-сероземной почвы оно возрастало (против целины 17,5 мг/кг) почти в 2 раза под сахарной свеклой четвертого года, возделываемой после люцерны, и в 3 с лишним раза под ее монокультурой в течение 26 лет.

Как органические, так и минеральные удобрения по-

вышают содержание фосфора и влияют на его групповой состав в сероземах. При распашке люцерника и заделке навоза фосфор внесенного суперфосфата ( $P_{90}$ ) слабо поглощается почвой, в значительных количествах остается в усвояемых формах (табл. 27) и повышает урожай.

Таблица 27

Влияние удобрений на растворимость фосфатов ( $P_2O_5$ ) в пахотном слое серозема, мг/кг

Вариант	Вытяжка	Срок определения				Среднее
		18/V	18/VI	15/VII	22/VIII	
Контроль	Водная	5,8	6,8	5,3	5,5	5,8
	Углекислая	50,6	41,1	35,3	37,4	41,1
НРК+450 кг/га навоза	Водная	12,5	10,0	13,6	12,8	12,2
	Углекислая	63,4	59,3	59,3	52,5	58,6

К тому же фосфор, накопленный при длительном применении навоза, более подвижен и доступен, чем фосфор, остающийся в почве после длительного применения фосфорных удобрений (Л. С. Любарская и др.). Последние даже способствуют зафосфачиванию пахотного слоя серозема. В результате 15-летнего применения полуторной дозы фосфорных удобрений в лугово-сероземной почве Киргизии количество фосфора возросло более чем в 3 раза (Л. И. Дашевский). В аналогичной почве юго-востока Казахстана содержание углеаммонийнорастворимой  $P_2O_5$  весной достигало еще больших величин: на контроле — 38, по РК<sub>60</sub> — 60 и P<sub>180</sub>K<sub>120</sub> — 180 мг/кг.

Азотные удобрения не повышают подвижность фосфатов в сероземах, а фосфорные оказывают длительное последствие на растения. Однако обогащение почвы подвижным фосфором усиливает потребность растений в азоте. Поэтому для получения качественных и высоких урожаев важно применение на сероземах минеральных удобрений с оптимальным соотношением в них азота и фосфора с учетом содержания последних в почве. Внесение же калийного удобрения способствует увеличению почти в 4 раза количества подвижного фосфора в обыкновенных сероземах Киргизии и лучшему исполь-

зованию его растениями из темного серозема Чимкентской области.

Проведенные агрохимические опыты Казахского научно-исследовательского института земледелия (КазНИИЗа) и кафедры агрохимии КазСХИ на лугово-сероземных почвах показали, что минеральные удобрения, особенно ортофосфорная кислота (табл. 28) и аммофос, повышают в них содержание усвояемых форм фосфора, изменяют в пользу последних групповой состав фосфатов.

Среднесезонное содержание (1965—1966 гг.) усвояемой  $P_2O_5$  в лугово-сероземной почве в слое (0—20 см) под кукурузой после внесения одинарной дозы мине-

Таблица 28

Изменение группового состава фосфора в лугово-сероземной почве (в слое 0—40 см) учхоза «Джанашарское» Эмбекшиказахского района под влиянием фосфорных удобрений ( $P_2O_5$ ), мг/кг

Вариант опыта	Водно-раствори-мый		Углеам-монийный		Укисно-кисло-раствори-мый		Соляно-кисло-раствори-мый	
	в начале опыта	в конце опыта	в начале опыта	в конце опыта	в начале опыта	в конце опыта	в начале опыта	в конце опыта
Контроль (без удобрения)	4	4	19	9	181	183	199	217
Без фосфора (фон — $N_{120}K_{90}$ )	5	5	21	11	211	228	254	297
Фон + метафосфат-1 из фосфоритов Каратау ( $P_{120}$ )	5	3	25	30	255	321	358	356
Фон + ортофосфорная кислота ( $P_{120}$ )	19	9	27	50	291	370	370	388
Фон + суперфосфат ( $P_{120}$ )	23	10	26	44	277	347	433	400

**Примечание.** Внесено удобрений под основную вспашку — NPK по 60 кг/га, предпосевную культивацию — NP по 30 кг/га и в подкормку — NPK по 30 кг/га.

ральных удобрений возрастало в такой последовательности (мг/кг): на контроле — 19,8,  $N_{60}$  — 19,8, NPK — 26,9, NP — 26,3, РК — 27,3 и P — 35,9. Максимум накопления  $P_2O_5$  наблюдался в начале августа, в фазу выметывания или молочной спелости (до 53 мг по  $P_{60}$ ) и



Динамика подвижных форм азота и фосфора в лугово-сероземной почве (в слое 0—40 см) учхоза «Джанашарское» Энбекшиказахского района и урожай сахарной свеклы при внесении разных фосфорных удобрений (1968 г.), мг/кг\*

Вариант опыта	Минеральный азот			Доступный фосфор			Урожай корней, ц/га	Содержание сахара, %
	25/V	23 VII	30/IX	25 V	23/VII	30.IX		
Контроль (без удобрения)	79	50	32	19	16	9	398	16,3
Без фосфора (фон — $N_{120}K_{90}$ )	90	72	44	21	16	12	466	15,5
Фон + метафосфат-1 из фосфоритов Каратау ( $P_{120}$ )	107	85	46	25	37	30	531	17,1
Фон + ортофосфорная кислота ( $P_{120}$ )	101	78	55	27	44	50	539	17,9
Фон + суперфосфат ( $P_{120}$ )	99	86	55	26	44	44	537	16,4

\* См. примечание к табл. 28.

минимум — в сентябре. Примерно столько же усвояемого фосфора накапливалось на фоне  $N_{120}K_{90}$  + ортофосфорная кислота ( $P_{120}$ ). Последняя и метафосфат способствовали повышению содержания в почве и минеральных форм азота (табл. 29).

В конечном итоге по ортофосфорной кислоте получен наибольший урожай сахарной свеклы с высоким содержанием сахара в корнях. По этим показателям на втором месте стоят метафосфат и суперфосфат — по  $P_{120}$ . Фон без фосфора резко снижает содержание сахара в корнях.

**Режим обменного калия.** Сероземы богаты как валовым (до 2,5—3%), так и доступным калием (16—20% общего). Групповой его состав в пахотном слое почвы таков: водно-растворимый — 50—80 и обменный — 300—600 мг/кг. В староорошаемых сероземах калия меньше — 150—250 мг/кг.

Если рассматривать калий в региональном аспекте,

то сероземы равнин Чимкентской области его содержат больше (как и карбонатов), чем предгорные семиреченские сероземы с признаками гидроморфности, хотя в пустынной части предгорной равнины запас валового калия в верхнем метровом слое светлого серозема достигает 325 т/га. А почвообразующая порода предгорий Заилийского Алатау (лёсс с глубины 20 м) содержит меньше калия: валового — 1,64%, обменного — 383 мг/кг и водно-растворимого — 48 мг/кг. В пахотном слое лугово-сероземной почвы Киргизии запас калия изменялся от 226 (водно-растворимый) до 1945 кг/га (обменный).

Необменного калия почвенных коллоидов в 7—10 раз больше, чем поглощенного, его содержание составляет 20% общего. Остальная часть калия заключена в первичных минералах — слюдах, полевых шпатах и др. При выветривании их отщепляется калий, идущий на пополнение запаса подвижных его форм. Перешедшие в илито-коллоидные фракции названные минералы способны отщеплять доступный калий. В светлых сероземах Узбекистана наиболее богаты валовым калием фракции мелкой пыли (до 3,4%) и ила (3,8%). Определенная часть калия мобилизуется после минерализации органических веществ почвы (И. Г. Важенин, Г. И. Карасева).

Все это свидетельствует о больших потенциальных возможностях сероземов в обеспечении регулярного калийного питания растений, с учетом которых в прошлом считалось неэффективным внесение калийных удобрений. Такая рекомендация была одной из причин нарушения соотношения основных элементов питания (NPK) в почве, отрицательно повлиявшего на высокопродуктивное и качественное возделывание сельскохозяйственных культур вообще и снижения содержания сахара в корнях сахарной свеклы — ведущей культуры зоны орошаемого земледелия Киргизии и Казахстана в частности.

А калия из почвы выносятся с урожаем довольно много: при урожайности сладких корней в 539 ц/га — до 300 кг/га в год. Поэтому калийные удобрения в сероземы нужно вносить, избегая чрезмерных доз и устанавливая приемлемые для конкретной культуры нормы, а для почвенной разности — оптимальные соотношения

НРК. Тем более, что калий удобрений в почве остается в потенциально доступной форме, создавая благоприятные условия для поступления фосфора в растения. Внесенный с удобрениями калий на 80% поглощается почвой в обменной форме и только на 10% переходит в необменную. Это подтверждается низкой константой десорбции серозема (4,8 против 35,4 у луговых почв) и легкостью отдачи им калия, то есть способностью обеспечивать развитие растений при более низком содержании обменного калия, чем другие почвы. Потери калия от вымывания даже при высоких поливных нормах не имеют места (И. И. Синягин). Исключением оказался засоленный серозем Узбекистана, который не фиксирует внесенного калия, потому что  $K_2O$  подвергалась при орошении вымыванию вниз по профилю почвы до дренажных и грунтовых вод в количестве 31—42 мг/л.

Разберем влияние удобрений на растения и динамику почвенного калия. Первыми агрохимическими опытами с калийными удобрениями под сахарную свеклу на каштановых и сероземных почвах Алма-Атинской области еще в 1936—1937 гг. было установлено эффективное действие дробного внесения удобрений (по 60 кг/га НРК осенью под зябь, по 30 кг/га НРК весной под культиватор и по 30 кг/га НРК в подкормку), выразившееся прибавкой урожая сладких корней в 84 ц/га (514 против 430 ц/га) и сахара — в 16,7 ц/га (96,7 против 80 ц/га на контроле); положительное влияние калийного удобрения при внесении его весной (совместно с сульфатом аммония) в почву под культиватор; благоприятное действие калийного удобрения при заделке совместно с суперфосфатом на дно борозды, особенно фосфорно-калийных удобрений в повышении сахаристости при внесении их второй подкормкой (П. К. Ажигоев).

Прибавка урожая корней сахарной свеклы в сероземах Чуйской долины от калийных удобрений небольшая — 18 ц/га, но их влияние сказалось на качестве урожая. Калийные удобрения повышают содержание подвижного калия: до 1057 мг/кг в обыкновенных и на 111 мг/кг в луговых сероземах. А систематическое применение азотно-фосфорных удобрений, наоборот, снижает его количество в богарном сероземе и особенно сильно — в лугово-сероземной почве (А. В. Соколов).

Разные культуры предъявляют неодинаковые требо-

вания к обменному калию: больше нуждаются в нем травы, овощные (400—600 мг/кг), меньше — зерновые культуры (200—300 мг/кг). Степени обеспеченности почв водно-растворимым калием такие: низкая — до 15, недостаточная — 30, средняя — 30—60 и высокая — более 60 мг/кг.

Максимум обменного калия в почве под сахарной свеклой обнаружен весной, минимум — в фазу интенсивного роста листьев. На контроле его количество убывает вплоть до уборки (240—150 мг/кг). На удобренной делянке процесс накопления калия в почве к осени возобновляется. Недостаточное содержание  $K_2O$  в лугово-сероземной почве объясняется тем, что с повышением степени ее окультуренности уменьшается количество доступного калия в результате выноса его растениями.

Содержание  $K_2O$  довольно пестрое и в почвах сероземного ряда Заилийского Алатау под производственными посевами (табл. 30). Особенно резко оно снижается под производственными и опытными посевами гороха в слое почвы глубже 40 см — до 123—193 мг/кг в июне

Таблица 30

Динамика обменного калия в предгорных сероземах,  
мг/кг

Почва	Культура	Глубина слоя, см	Срок определения (1955 г.)	
			май	июнь
Лугово-сероземная	Сахарная свекла	0—20	421	277
		20—40	—	638
»	Пшеница	0—20	747	832
		40—60	385	448
Серозем гидроморфный	»	0—20	675	747
		40—60	163	289
Серозем обыкновенный	»	0—20	771	795
		20—40	530	211
»	Сад, горох	0—20	211	252
		40—60	99	123

и июле. Этого не замечено в сравнительно недавно освоенных луговых сероземах. Агрохимическое картографирование земель учхоза «Джанашарское» показало доволь-

но высокое содержание обменного калия — от 535 в незасоленных до 1000 мг/кг в засоленных разностях лугово-сероземных и сероземных почв. Обнаружено потребление значительных количеств  $K_2O$  опытными растениями кукурузы, особенно в первой половине вегетации. Поэтому содержание калия понижено в июльский срок определения (250 мг/кг).

В почвах полей, занятых ячменем, горохом и кукурузой, начиная с августа, отмечено накопление калия. Поливы способствуют мобилизации и возмещению калия, поглощенного растениями кукурузы и сахарной свеклы. Причем пополнение обменного калия под сахарной свеклой идет медленнее, чем под кукурузой, в связи с более продолжительным периодом потребления питательных веществ. По сравнению с пропашными культурами калия меньше потребляют озимая пшеница, горох и ячмень. Среди пропашных культур сравнительно меньше содержится его в почве под сахарной свеклой (475 мг/кг), овощами (570 мг/кг) и больше — под кукурузой и люцерной (до 636 мг/кг).

Комплекс рассмотренных элементов плодородия (влаги, температура, азот, фосфор, калий) лугово-сероземных почв обеспечил высокий урожай: зерна ячменя — до 20 ц/га, гороха — 24,5 ц/га, кукурузы — 77 ц/га и сахарной свеклы — 504 ц/га.

\* \* \*

\*

Главная особенность гумуса сероземов состоит в том, что в них большая часть азота представлена легкогидролизруемыми соединениями (5—12% против 1—3% общего азота в черноземах). В пахотном слое освоенных почв максимум накопления гидролизуемого азота отмечается под люцерной (до 126 мг/кг), минимум — под озимой пшеницей и кукурузой (49—56 мг/кг). Средне содержание под сахарной свеклой и овощами. Под удобренной культурой сахарной свеклы выше содержание усвояемого азота. Высокий урожай корней (558 ц/га) можно получить на почве с повышенным содержанием усвояемого фосфора (35—50 мг/кг) и средним содержанием (67—106 мг/кг) гидролизуемого азота. Этих показателей следует придерживаться при расчетах доз внесенных удобрений.

Нитрификация усиливается при орошении и недостатке органического вещества, богатого азотом (после распашки целины или люцерника). Она повышена в лугово-сероземной почве под кукурузой и сахарной свеклой — 300—500 кг/га азота нитратов в пахотном слое.

Не установлена зависимость накопления аммония от возделываемой культуры и ее предшественника. Во влажный год аммония в почве накапливается больше, чем в сухой год; его количество возрастает после поливов под всеми культурами пропашного севооборота. Содержание аммония повышают сидераты и азотные удобрения в почве — по мочеvine и аммофосу мобилизуется до 60 мг/кг нитратного азота.

Запасы нитратного азота в лугово-сероземной почве изменяются от 567 кг/га (под пшеницей) до 754 кг/га в метровом слое (в пару). Под пропашными культурами (особенно кукурузой) нитратов накапливается и растениями потребляется больше в первой половине лета оптимального и влажного годов, под зерновыми и зернобобовыми культурами их в почве меньше в сухой год. Максимум накопления нитратов под сахарной свеклой приходится на лето (июль — при температуре 26—31° и влажности почвы 76—80% ППВ), а под горохом и вико-овсом (при 70% ППВ) — на начало осени. Под кукурузой нитратонакопление протекает до осени, так как растения экономнее расходуют влагу, а корни выделяют угольную и яблочную кислоты, стимулирующие развитие азотфиксирующих бактерий. Минеральные удобрения повышают количество нитратов в почве.

Запасы валового и усвояемого фосфора возрастают в направлении от светлого серозема к лугово-сероземной почве. Последняя содержит до 1% углеаммонийнорастворимой, 33% уксуснокислорастворимой и 52% валового солянокислорастворимой форм фосфора. В обыкновенном сероземе меньше I и II групп фосфатов (25%), органический фосфор составляет лишь 4%. В минералах содержится  $\frac{1}{5}$  часть валового фосфора. Последние две потенциальные группы фосфатов могут быть мобилизованы в эффективные формы под действием агротехнических и агрохимических мероприятий.

Доступный фосфор в лугово-сероземной почве изменяется под возделываемыми сельскохозяйственными культурами в широких пределах: меньше — под люцер-

ной, озимой пшеницей и кукурузой (до 29 мг/кг), больше — под сахарной свеклой и овощами (73 мг/кг). Во влажный год в почве фосфора накапливается больше — до 90 мг/кг под удобренной сахарной свеклой. Повышают содержание фосфора в почве ортофосфорная кислота и аммофос; без внесения фосфора резко снижается количество сахара в корнях. Эти закономерности должны быть положены в основу чередования культур в севооборотах.

Сероземы богаты как валовым (до 3%), так и обменным калием (до 20% общего). Последняя форма в пахотном слое почвы под производственными посевами достигает 1 г/кг, резко снижаясь глубже 40 см. Кукуруза потребляет калия больше в первой половине вегетации, а сахарная свекла отличается более продолжительным периодом потребления этого элемента, поэтому под ней в почве меньше содержится обменного калия. Больше усвояемого калия обнаружено в лугово-сероземной почве под овощами, люцерной и кукурузой (до 636 мг/кг). Меньше потребляют калия озимая пшеница и ячмень, поэтому под ними его содержится больше — до 740 мг/кг. В сухой год в солончаковых лугово-сероземных почвах происходит увеличение подвижного фосфора и калия. Калийные удобрения рекомендуется вносить мелко под сахарную свеклу совместно с суперфосфатом для повышения количества обменного калия в почве и сахаристости корней.

## **ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ И УРОЖАЙ РАСТЕНИЙ**

Анализ опубликованных материалов о плодородии почв и результатов стационарных исследований динамики питательных веществ почв Занлийского Алатау позволил нам сделать ряд выводов о сравнительном потенциальном и эффективном их плодородии, имеющих научно-практическое значение.

**Потенциальное плодородие почвы** в первую очередь определяется запасами гумуса и азота ее органического богатства, фосфора, калия, серы, кальция, натрия и других зольных элементов минерального богатства почвы. Как справедливо отмечали классики почвенной науки В. В. Докучаев, П. А. Костычев, К. Д. Глинка и

другие, роль климата огромна в ускорении процессов синтеза органического вещества и почвообразования. Благодаря климату и зеленым растениям степей стало возможным образование чернозема. Высокие запасы гумуса и азота в черноземе рассматриваются как результат протекания в рыхлой горной породе на протяжении многих веков единого процесса синтеза и распада органического вещества растительных тел с участием микроорганизмов, регулируемого климатическими факторами.

Гидротермические условия почвенно-атмосферной среды в период наших стационарных исследований в предгорьях северного склона Заилийского Алатау сложились неодинаково. Годы неблагоприятные, сухие (1955, 1957, 1961, 1962, 1965, 1968, 1971) чередовались с благоприятными, влажными (1958, 1959, 1963, 1964, 1967, 1969, 1972). Оптимальными годами с показателями температуры и осадков, близкими к среднегодовым, оказались 1966 и 1970. Это, безусловно, отразилось на генезисе почв и динамике почвенных процессов.

Такие пульсации гидротермического режима прежде всего определили главную генетическую особенность почв характеризуемого региона — ритмический характер физико-химических, биохимических процессов и динамики основных элементов плодородия почв. В этом отношении резко отличаются горные и предгорные почвы. В предгорьях господствуют сравнительно высокие положительные температуры в теплый период года (апрель — сентябрь). Средние температуры почв в это время в слое 0—20 см составляют у среднегумусного чернозема 19°, темно-каштановой — 20°, светло-каштановой — 21° и обыкновенного чернозема — 23°. А запасы тепла в метровом слое у этих почв соответственно достигают 590, 726, 996 и 1234 кал/см<sup>3</sup>.

Высокие ресурсы тепла вызывают интенсивное испарение влаги и иссушение почв. Запасы продуктивной влаги в верхнем метровом слое почв в августе равны у среднегумусных черноземов  $\frac{1}{4}$ , темно-каштановых —  $\frac{1}{9}$ , светло-каштановых —  $\frac{1}{10}$  части ее запаса в мае; в обыкновенном сероземе летом вообще не остается полезной влаги (рис. 14). Поэтому для целинных почв характерна кратковременная двухразовая активизация почвенных процессов при оптимальном гидротермическом режиме: в апреле — мае и сентябре — октябре, когда развиты



процессы гумификации и минерализации органического вещества с мобилизацией питательных веществ, зольных элементов.

Гидротермический режим периодически благоприятен (весной и осенью) в черноземах горно-степной зоны. Неблагоприятен же он для почвообразования, жизнедеятельности микроорганизмов и растений в теплый период года в целинных сероземах пустынно-степной зоны. Соответственно складываются процессы гумификации и минерализации органических веществ и динами-

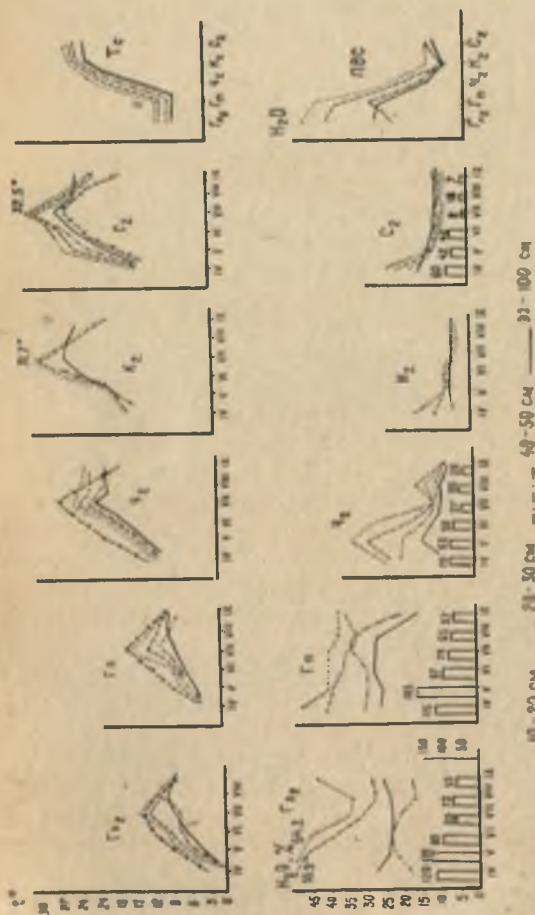


Рис. 14. Динамика месячной температуры (а) и полевой влажности (б) целинных почв Зайлиского Алатау (1965 г.)

1 — 10 см; 3 — 20 см; 3 — 50 см; 4 — 100 см; 5 — среднемесячная температура воздуха,  $T_{c2}$  — средняя помесячная температура почвы за апрель — сентябрь;  $T_{c3}$  — средняя помесячная полевая влажность. Почвы:  $H_2O_1$  — гирый чернозем среднетумусный,  $H_2O_2$  — предгорная темно-каштановая выщелоченная почва,  $H_2O_3$  — предгорная серозем обыкновенный,  $H_2O_4$  — горно-луговая,  $H_2O_5$  — горно-полупустынная; цифры на столбцах — количество выпавших осадков (мм)

ка почв. Для почв региона характерны активная гумификация органического опада горно-степной растительности с накоплением в перегнойном горизонте большого количества нейтрального гумуса (в выщелоченном тучном черноземе — до 14%); полная минерализация органических остатков пустынно-степной растительности и обеднение почв гумусом (в сероземах — 1—2%).

Содержание гумуса в черноземах в 2—4 раза больше, чем в сероземах (280—600 т/га против 60—160 т/га в верхнем метровом слое). Среднее положение занимают каштановые почвы (150—250 т/га). С карбонатностью почвы связано снижение запасов гумуса, азота и более широкое отношение углерода к азоту. Выщелоченные черноземы и темно-каштановые почвы содержат гумуса больше, чем карбонатные; темные и лугово-сероземные почвы — больше, чем обыкновенные и светлые. Улавливается также различие в запасах гумуса по провинциям черноземов.

Черноземы Заилейского Алатау отличаются повышенным содержанием гумуса, азота в пахотном и резким их снижением в подпахотном слоях. По сравнению с черноземами равнин в них несколько занижены запасы гумуса и азота, уже отношение углерода к азоту (7—9 против 10—12). Это доказывает повышенное содержание азота в гумусе — 6,5% против 5%. Вместе с тем узкое отношение  $S_{гк}$  к  $S_{фк}$  (1,4), меньшие количества негидролизуемого остатка и запаса общего азота в горных черноземах указывают на мобильность их гумуса в активизации эффективного плодородия (особенно нитрификации) в отличие от консервативности гумуса равнинных черноземов. Неодинакова и величина азота легкогидролизуемых органических соединений в черноземах разных провинций. Она низкая в целинных предгорных и горных выщелоченных черноземах (1—4%), средняя — в целинных обыкновенных и южных черноземах равнин (до 5%) и повышенная — в горных черноземах под садами и в обрабатываемых черноземах равнин (7—8% общего азота). Доля минерального азота в азоте гидролизуемом выщелоченных черноземов Заилейского Алатау колеблется от 56% (целина) до 97% (пашня).

В каштановых почвах сухих степей равнин процессы распада органических веществ и гумусообразования

протекают в замедленном темпе, чем объясняется стабильность содержания в них гумуса. Напротив, в каштановых почвах предгорных степей Заилийского Алатау с благоприятными гидротермическими условиями мезотермических фаз эти процессы протекают более интенсивно, поэтому у них по сравнению с равнинными почвами повышено количество живых и гумифицированных корней и занижены запасы гумуса; установлено узкое отношение углерода к азоту (7—8), меньший запас азота (9—11 против 16—28 т/га на равнине) и большая его доля в гумусе. Количество азота легкогидролизуемых органических веществ равно 5,1% (на равнине — 3,3%), а на пашне достигает 6% общего. Из этого количества 88% составляет минеральный азот, в составе его преобладает аммонийная форма (50—70%).

Несмотря на поступление значительных количеств органической массы растений, сероземы по сравнению со степными почвами содержат небольшой запас гумуса. Преимущественно протенновый состав гумуса (с 30—42% органического азота) обуславливает высокую биогенность сероземов. В весеннюю кратковременную мезотермическую фазу в их профиле активизируется жизнедеятельность микроорганизмов, в результате которой усиливается процесс минерализации органических остатков растений. Подтверждением протеинового состава гумуса сероземов служит узкое отношение углерода к азоту, показывающее богатство гумуса сероземов общим и подвижным азотом. Наиболее узко оно у светлых сероземов (5,2—6,2), расширяется — у предгорных обыкновенных (6,8—7,8) и луговых (7,8—10,8). Запас общего азота в сероземах достигает 6 т/га. Люцерна способствует накоплению гумуса и азота. По сравнению с равнинными почвами в предгорных сероземах Заилийского Алатау содержится меньше устойчивых негидролизуемых (30—45%) и больше легкогидролизуемых (до 11%) органических азотсодержащих соединений. Это подтверждает скрытые потенциальные возможности сероземов в мобилизации усвояемого азота.

Такое различие не установлено в минеральном богатстве сравниваемых почв. По запасам фосфора сероземы не уступают черноземам (14—23 т/га) и каштановым почвам (18—26 т/га) в верхнем метровом слое. Запасы валового и усвояемого фосфора возрастают от

светлых сероземов к луговым, причем на пахотный слой гидроморфного серозема приходится 48% запаса фосфора, содержащегося в верхнем метровом слое автоморфного серозема. Поэтому у последнего меньше органического фосфора (4—18%), чем в каштановых и черноземных почвах (53—60% валового). В сероземах при внесении навоза количество органического фосфора вырастает до 20%; из-за высоких буферных свойств фосфор в них находится в более мобильном состоянии, нежели в черноземах. Доля усвояемых фосфатов, извлекаемых углеаммонийными и уксуснокислыми вытяжками, изменяется от 25% (у обыкновенных) до 33% (у луговых сероземов) в отличие от 4—10% валового фосфора в черноземах.

Выщелоченные черноземы Заилийского Алатау беднее доступным фосфором (по Труогу), чем черноземы Северо-Западного Алтая, Каменной степи Воронежской области и Украины. Содержание  $P_2O_5$  ниже уровня потребности растений картофеля на богаре (менее 180 мг/кг), к тому же оно подвержено вымыванию водами атмосферных осадков до глубины 50—70 см.

В отличие от равнинных в предгорных орошаемых темно-каштановых почвах несколько занижен запас валового фосфора, больше содержится минеральных (51—60%) и меньше органофосфатов (25—48%). Это связано с тем, что у них выше биологическая активность и интенсивнее протекает процесс распада гумуса, в результате больше отщепляется фосфора из органического вещества для питания растений. Количество углеаммонийно- и уксуснокислорастворимых фосфатов достигает 21—31%, обеспеченность растений картофеля на поливе усвояемым фосфором (по Труогу) изменяется от низкой (в сухой год — 119 мг/кг) до высокой степени (во влажный год — 227 мг/кг на контроле), и к осени замечено передвижение  $P_2O_5$  поливными водами в слой 40—100 см.

Черноземы и каштановые почвы Северного Тянь-Шаня отличаются повышенным содержанием калия: валового — 2—3%, обменного — 300—500 мг/кг, подвижного кислотнорастворимого — 100—300 мг/кг и воднорастворимого — 10—40 мг/кг. В верхнем метровом слое почвы запасы валового калия составляют 200—300 и доступного — 1,5—5 т/га. Как результат биологической

аккумуляции повышено содержание калия в гумусовом горизонте горных черноземов, особенно на целине и в саду с многолетним задернением междурядий. Накопление калия в пахотном слое целинного чернозема установлено к осени после укоса естественной растительности. Калий резко убывает в слое 40—100 см до низкой степени обеспеченности (80—200 мг/кг), которая объясняется бедностью им породы (в лёссе — 1,6%) и выщелачиванием в более глубокие слои почвы. В результате периодического увлажнения и иссушения в природных условиях в черноземах от 50 до 70% внесенного калия удобрений поглощается необменно (20% в сероземѣх). С этим явлением, очевидно, связано убывание к осени в значительных размерах (в 2—3 раза) обменного калия в целинных черноземах Заилийского Алатау.

Во влажные годы и сезоны возможно передвижение вниз по профилю с нисходящими токами воды доступного калия как самой почвы, так и внесенных удобрений. В слое 30—70 см выщелоченного чернозема разница в его содержании между удобрённым вариантом (P<sub>90</sub>K<sub>45</sub>) и контролем составляет 135 мг/кг. Если 23% этого количества потребляется возделываемой культурой, то остальные 104 мг/кг калия вымываются в этот слой почвы (В. У. Пчелкин). Выворачивание на дневную поверхность нижних горизонтов почвы не приводит к мобилизации в них калия.

Высоки запасы калия и в предгорных каштановых почвах: валового — до 3%, или 360 т/га в метровом слое, и обменного — 1,1 т/га в слое 0—60 см. Предгорные темно-каштановые почвы высоко обеспечены калием под культурами овощного севооборота и кукурузой, низко — под орошаемой культурой картофеля во влажные и оптимальные по погодным условиям годы. По мере увеличения продолжительности окультуривания в светло-каштановой почве возрастает степень обеспеченности ее калием. У целинных и недавно орошаемых почв она средняя (2,2% валового, 200—300 мг/кг обменного), а у длительно орошаемых и удобряемых почв высокая (2,8% валового и 400—750 мг/кг обменного калия, по Протасову). Неодинаково содержание форм калия на разных агрофонах. Оно больше в слое 0—40 см (2,2—2,8% валового, 600—1200 мг/кг фиксированного, 450—700 мг/кг обменного, 60—150 мг/кг водно-раствори-

мого) и меньше в слое 40—100 см (соответственно 2—2,5%, 600—800, 200—500, 15—60 мг/кг). После первой ротации свекловично-люцернового севооборота (8 лет) происходит накопление значительных количеств воднорастворимой и обменной форм калия — соответственно до 120 и 750 мг/кг в слое 0—40 см, а также некоторое увеличение валового калия глубже 60 см. Последнее, очевидно, связано с мобилизацией органического калия при разложении корневых остатков культурных растений, а также с трансформацией его из обменной и необменной форм.

По показателям валового калия сероземы не уступают черноземам и каштановым почвам (2,5—3%). В светлых сероземах предгорий Занлийского Алатау запас валового калия достигает 325 т/га в верхнем метровом слое. Доля доступного калия по сравнению со степными почвами повышенная — 16—20% (до 80 мг/кг воднорастворимого и 1 г/кг обменного). Как положительное свойство надо отметить небольшое содержание в них фиксированного калия (20% валового). Определенная часть калия мобилизуется из органического вещества почвы. Сероземы с признаками гидроморфности содержат меньше калия, и его количество резко уменьшается глубже 40 см. Установлено богатство калием пылевато-илватой фракции твердой фазы почвы, минералы которой способны легко отдавать доступный калий. Калий же внесенных удобрений в почве преимущественно пребывает в обменной форме (лишь 10% переходит в необменную), потенциально доступной растениям. В засоленных сероземах увеличено количество обменной и воднорастворимой форм калия; к тому же они подвержены вымыванию поливными водами.

**Эффективное плодородие черноземов.** В мобилизации эффективного плодородия почвы ведущая роль принадлежит климату и производственной деятельности человека. Под их воздействием совершенно различные почвы могут стать в определенных условиях близкими по эффективности того или иного агротехнического приема и урожайности и, наоборот, одни и те же или близкие по свойствам почвы проявляют себя по-разному в других условиях погоды и агротехники (В. А. Францессон). Показателем эффективного плодородия почвы служит количество основных питательных веществ, непосред-

венно пригодных для питания растений. Ниже рассмотрим влияние эффективного плодородия почв Заилийского Алатау на урожай растений.

В пахотном слое среднегумусного чернозема доля легкогидролизуемого азота при длительном задержании междурядий сада достигает 247 мг/кг, или 5,5% общего, а при возделывании в междурядьях проса и земляники — 265 мг/кг, или 6,1%, тогда как на целине она составляет 98 мг/кг, или 3,1% общего азота. Характерно относительное увеличение доли подвижного азота в слое почвы 40—60 см — соответственно 5,7 и 7,5%. В пахотном слое многогумусного чернозема гидролизуемого азота содержится меньше: до 165 мг/кг — в пару, 97 — под картофелем и 87 мг/кг — на целине, что показывает меньшую мобильность в них общего азота (1—2% гидролизуемого). С глубиной почвы доля последнего возрастает до 4%. В пахотном слое почвы гидролизуемого азота бывает в засушливом году 100—200, в оптимальном и влажном — 80—130 при максимуме во влажном году в июле до 166 мг/кг. На варианте без удобрений весной сухого и влажного годов лишь половина количества гидролизуемого азота мобилизуется в минеральные формы, в основном в аммонийную. Летом и осенью доля минерального азота возрастает до 80—90% гидролизуемого. В оптимальный же год в почвах преобладает нитратный азот (50—80 мг/кг в мае и июле).

В почве парующей делянки весной и осенью содержится определенный резерв (до 110 мг) немобилизованного гидролизуемого азота. За исключением весны сухого и лета влажного годов в почвах преобладает нитратный азот; значительна степень его мобилизации в оптимальный год. Аммонийного азота в почвах больше весной сухого, весной и летом влажного годов. В целинной почве в сухой и влажный годы преобладает аммонийная (30—80 мг/кг), в оптимальный год — нитратная формы азота (45—75 мг/кг): В пахотном слое выщелоченного чернозема на фоне  $N_{60}P_{90}$  количество азота составляет 80—120 мг/кг, оно больше (140—220 мг/кг) весной сухого и влажного годов. Одновременно в почвах активно протекает мобилизация минерального азота. Максимум его установлен на пашне в июле (80—37% гидролизуемого). Доля минерального азота равна на пару 71—97 и целине — 56—67%.

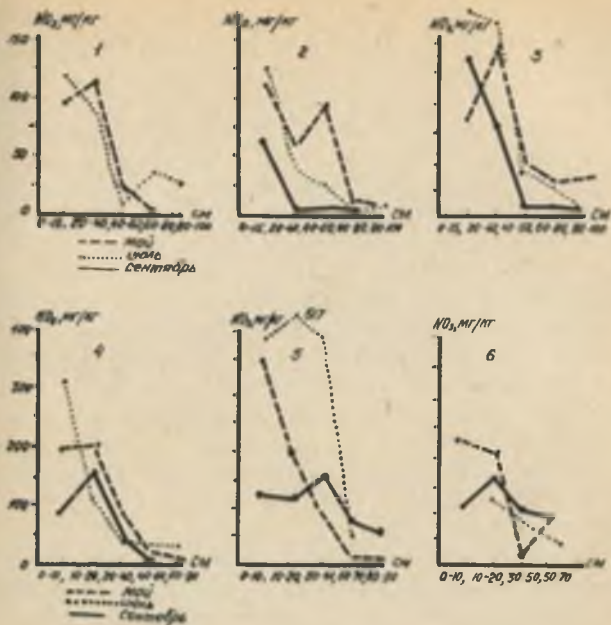


Рис. 15. Динамика нитрификационной способности целинных почв Зайлийского Алатау:

1 — серозем обыкновенный; 2 — светло-каштановая; 3 — темно-каштановая; 4 — чернозем среднегумусный; 5 — чернозем многогумусный; 6 — чернозем многогумусный (пахания под картофелем)

Главным показателем эффективного плодородия почвы служит процесс нитрификации. Потенциальные возможности мобилизации азота нитратов у выщелоченных черноземов в 2 раза выше среднегумусных (117 и 69 мг/кг). Максимум его накапливается в июле, минимум — в сентябре; запасы продуцируемого азота в верхнем метровом слое — соответственно 663 и 365 кг/га.

Нитрификация в почве резко подавлена глубже 40 см. В менее карбонатном лёссе нитратов содержится в 2 раза больше, чем в карбонатном. В освоенном выщелоченном черноземе (под картофелем) западной части Зайлийского Алатау энергия нитрификации в неблагоприятном году ниже (45 мг/кг), чем в центральной части хребта; а в благоприятные годы, наоборот, превышает ее (до 185 мг/кг азота), особенно в пару и на варианте



с аммиачной селитрой. Во влажный год внесенный в почву суперфосфат несколько подавляет энергию нитрификации. В отличие от целины в освоенных черноземах максимум мобилизации нитратного азота приходится на май, минимум — на июль. В сентябре нитрификация вновь повышается (рис. 15). Энергия нитрификации среднегумусного чернозема в саду с естественным задернением и земляникой в междурядьях соответственно равна: без удобрений — 45 и 52 мг/кг, а при внесении суперфосфата — 70 и 61 мг/кг азота. Обеспеченность азотом черноземов Заплайского Алатау повышенная и высокая для зерновых; для технических и овощных культур ее можно увеличить на 50% внесением удобрений и мобилизацией аммонийного азота.

Выщелоченные черноземы Заплайского Алатау от черноземов равнин и других предгорий отличаются повышенным содержанием аммонийного азота. В почвах опыта с картофелем оно колебалось в сухом году в пределах 20—80 мг/кг, во влажном — 31—55 мг/кг и оптимальном — 15—30 мг/кг. В последнем случае аммоний окисляется в нитраты. Временное избыточное увлажнение способствует увеличению азота аммония и перемещению его до 60 см в количествах 10—25 мг/кг. Почвы неудобренные и недавно удобренные азотом особо не различаются. В слое почвы 10—20 см варианта с фосфорным удобрением наблюдается уменьшение аммония из-за потребления его растениями. На целине аммония содержится больше, чем на пару.

Вместе с аммонием показателем наличия в почве доступного азота в момент определения служит количество нитратов, динамика которых зависима от атмосферных, почвенных, агротехнических факторов и возделываемой культуры. По способности накопления нитратного азота в среднегумусном черноземе на первом месте находится сад, в междурядьях которого возделываются пропашные культуры, на втором — сад с естественным задернением, на третьем — сад с люцерновым задернением междурядий и на последнем месте — целина. Высоким содержанием нитратного азота отличаются многогумусные черноземы: в слое 0—20 см — 164 кг/га на контроле, 196 кг/га по  $N_{60}P_{90}$  под картофелем и 300 кг/га в пару; 79 мг/кг в сухой, 63 — в оптимальный и 31 мг/кг — во влажный годы. В последнем случае на-

блюдается вымывание нитратов по профилю почвы выпавшими осадками. Во все годы мало нитратов в целинной почве из-за интенсивного потребления корневой системой лугово-степной растительности.

Мобилизация нитратов усиливает растворение минеральных фосфатов. С увеличением влажности возрастает количество усвояемого фосфора в почве, улучшается фосфорное питание растений. Поэтому во влажные годы растения менее требовательны к фосфору, чем в сухие, и они слабо отзываются на фосфорные удобрения. Этим объясняется более интенсивная мобилизация углеаммонийно- и уксуснорастворимых фосфатов в выщелоченном черноземе луговой степи, нежели в карбонатном.

В орошаемом черноземе под садами фосфатов содержится больше, чем в целинном. Парование почвы усиливает мобилизацию одновременно нитратов и фосфатов. Поэтому в мало- и среднегумусных черноземах под садами с задерненными междурядьями усвояемого фосфора меньше (73 кг/га), чем с парующими междурядьями (87 кг/га); фосфора больше под пропашными и меньше под зерновыми культурами и целинной растительностью. В черноземах под садами максимум фосфора (55—81 мг/кг, по Мачигину) отмечается влажной весной, минимум — в сухое лето. Повышенное содержание фосфора (по Труогу) весной влажного года наблюдается и в целинных выщелоченных черноземах. В сухой год количество фосфора в почвах пашни снижается к осени, а в целинных оно сходит на нет. Напротив, во влажный год, несмотря на потребление его растениями картофеля, содержание усвояемого фосфора возрастает к осени за счет мобилизации валового фосфора почвенного богатства.

В целом выщелоченные черноземы Заилийского Алатау по сравнению с почвами других районов страны (Алтай, Каменная степь Воронежской области, УССР) беднее усвояемым фосфором (по Труогу). На вариантах с дробным внесением фосфорных удобрений (в сочетании с калийными) в борозды происходит увеличение усвояемого фосфора до 75—145 мг/кг в отличие от 37—129 мг/кг на контроле. В результате получена прибавка урожая клубней в 72 ц/га. Низко содержание фосфора в целинной почве (32—75 мг/кг). Распашка мало- и

многогумусного чернозема приводит к мобилизации усвояемого фосфора. Одновременно возможно вымывание его нисходящими токами атмосферных и поливных вод до глубины 30—70 см в виде истинного и коллоидного растворов.

В рассматриваемых почвах значительной динамичностью отличается доступный калий. Его содержание изменяется под возделываемыми культурами и по сезонам года в связи с изменением гидротермических условий почвенно-атмосферной среды. Из минерального резерва почвы (необменного состояния) калий в доступную форму переводится под действием атмосферных и оросительных вод.

Мобилизация доступного калия при увеличении влажности происходит и в выщелоченных черноземах Алма-Атинской области. Во влажный год во время посадки картофеля его содержание не превышает 370 мг/кг, а на варианте с РК удобрениями достигает 500 мг/кг с последующим снижением по мере роста растений до 100—300 мг/кг. Пар занимает среднее положение между этим вариантом и контролем — до 300—400 мг/кг. Целинные почвы обеспечены калием в июне — июле. К осени по мере иссушения почвы содержание калия убывает из-за трансформации его в необменное состояние. Обеспеченность калием выщелоченных черноземов западной части Заилийского хребта на пашне и целине повышена в пахотном (200—400 мг/кг) и низкая в подпахотном (100—150 мг/кг) слоях. В первом слое возможна биологическая мобилизация калия, а во втором — происходит обеднение почвы калием в результате выщелачивания в более глубокие слои. В почвах вариантов с Р и РК удобрениями калий наряду с аккумуляцией в горизонте А перемещается в нижележащие слои. Из-за этого увеличилось количество калия в слое 30—70 см опытной почвы (до 270 мг/кг).

Сочетание рассмотренных элементов плодородия черноземов и погодные условия определяют урожай картофеля — ведущей культуры среднегорья. Наиболее благоприятный пищевой режим в выщелоченном черноземе в достаточно увлажненные годы складывается на варианте  $P_{90}K_{40}$ . В пахотном слое почвы в среднем за вегетацию растений картофеля отмечаются оптимальная температура (до 16,5°), достаточный запас влаги

Динамика элементов плодородия выщелоченного чернозема  
Заильского Алатау (1965—1967 гг.)

Фаза роста картофеля	Осад- ки, мм	Темпе- рату- ра, °С	Влага, мм	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
Посадка — всходы	29	14,6	80	46	46	117	723
До бутонизации	53	15,3	75	54	47	117	—
До цветения	44	16,5	58	40	52	102	552
До клубнеобразования	51	16,0	43	41	39	105	—
До уборки	37	11,7	44	39	33	107	611
Среднее за июль — сен- тябрь	214	14,6	60	45	43	110	628

(600 м<sup>3</sup>/га), минерального азота (308 кг/га) и обменного калия (табл. 31).

Почвы недостаточно обеспечены фосфором (100—120 мг/кг), усиленно потребляемым растениями. В результате на этом варианте выращен самый высокий урожай клубней — 247 ц/га, или 141% к контролю (табл. 32, М. М. Мамышов).

Таблица 32

Урожай картофеля на горном выщелоченном черноземе  
в зависимости от удобрений (1965—1967 гг.)

Вариант опыта	Урожай клуб- ней, ц/га	Прибавка	
		ц/га	%
Контроль (без удобрений)	175	—	100
P <sub>90</sub>	239	64	136
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub>	228	53	130
P <sub>90</sub> K <sub>45</sub>	247	72	141
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>45</sub>	218	43	124
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>45</sub> +Cu	228	53	130

Достоверность опыта:  $t, \% = 2,9$ ;  
НСР<sub>0,95</sub> = 18,5 ц/га.

Близкий урожай получен на варианте, где с суперфосфатом внесено 90 кг/га действующего фосфора. Азотные удобрения снижают урожай. Ввиду высокой обеспеченности черноземных почв вместо внесения азот-

ных удобрений рекомендуется внекорневая подкормка растений медью. Она повышает содержание крахмала в клубнях на 3,1%.

Эффективность удобрений и урожай зависят от вида чернозема и погодных условий. Опытами, проведенными на сортоучастках в горных богарных условиях, установлена значительная разница в урожае зерна ячменя (до 10 ц/га), выращенного на средне- и малогумусных черноземах, показывающая сопряженное влияние отмеченных факторов. На среднегумусных черноземах высокие урожаи зерна получены во влажный и оптимальный по гидротермическим условиям годы и когда наибольший эффект дали внесенные минеральные удобрения в дозе  $N_{20}P_{45}K_{30}$  (в том числе  $P_{15}$ — в рядки). Увеличение на черноземах вносимых доз азота до 40 и фосфора до 75 кг/га в сравнении с  $P_{45}$  почти не дало прибавки урожая. А на малогумусном черноземе прибавка составила 6 ц/га. Внесение  $P_{45}K_{30}$  без азота снизило урожай.

**Эффективное плодородие каштановых почв.** В темно-каштановой почве под картофелем количество гидролизуемого азота равно 4,8—6% общего. Оно бывает повышено (80—180 мг/кг) в сухой и занижено (47—128 мг/кг) во влажный годы с максимумом (120—243 мг/кг) в сухой и минимумом во влажный годы во второй декаде июля. В почве варианта с  $N_{60}P_{90}$  отмечено накопление гидролизуемого азота к концу вегетации картофеля. На пару его количество достигает 173 мг/кг. Целинные почвы содержат подвижного азота меньше, чем пашня. Из-за потребления целинной растительностью азот резко снижается в августе влажного года.

В каштановых выщелоченных почвах нитрификация протекает интенсивнее, чем в карбонатных на 186 и 182%. Максимум накопления нитратного азота в темно-каштановой выщелоченной почве (0—40 см) отмечается в июле (87 мг/кг), а в карбонатном — в мае (38 мг/кг), или 360 и 220 кг/га. В почве под картофелем в оптимальный год энергия нитрификации достигает 80—143 мг/кг, что в переводе на запасы составляет на контроле 280 кг/га, в пару — 350 и на фоне азотно-фосфорных удобрений — 500 кг/га нитратного азота в метровом слое. Процесс нитрификации летом несколько подавляется на фоне фосфорно-калийных удобрений (40—70 мг/кг), ослабевает глубже 40 см (10—20 мг/кг) и

вообще замирает на целине. В образцах светло-каштановой почвы из-под травосмеси (люцерна+ежа) третьего года жизни энергия нитрификации возрастает более чем в 2 раза, а при внесении сернокислого аммония — в 3—4 раза.

Значительное количество аммонийного азота мобилизуется в орошаемой и удобряемой светло-каштановой почве под кукурузой и в темно-каштановой почве под картофелем — соответственно 62—83 и 28—82% запаса минерального азота в верхнем метровом слое. В светло-каштановой почве его содержание изменяется в слое 0—40 см в пределах 82 (без удобрений) — 131 кг/га (дробное удобрение  $N_{130}P_{180}K_{110}$ ), а в слое 0—100 см — соответственно 214 и 318 кг/га.

При 3 поливах (без удобрений) кукуруза потребляет аммоний до фазы молочной, а при 6 — полной спелости. В удобренных почвах количество аммония в связи с ослаблением потребления растениями возрастает с фазы восковой спелости. Минимальное содержание его в почве совпадает с фазами образования 15—16-го листьев и выметывания метелок. Срок потребления аммония кукурузой из неудобренной почвы по сравнению с удобренной и орошаемой короче на две недели. С ростом числа поливов содержание аммония в почве снижается; оно наименьшее на варианте с 6 поливами — 150 кг/га без удобрений и 178 кг/га с удобрением в метровом слое.

Во влажный год, когда влажность темно-каштановой почвы достигает 79—84% ППВ, бывает завышенным и количество аммонийного азота — 77—86 мг/кг, или 79—84% минерального. Максимальное содержание его приходится на фазу бутонизации картофеля с последующим снижением количества до 34—46 мг/кг к осени. В сухой год почвы отличаются средним, а в оптимальный — низким содержанием аммонийного азота: соответственно 55—70 мг/кг (или 54—70%) и 17—22 мг/кг (или 28—48% минерального азота). Азотно-фосфорно-калийные удобрения, внесенные в орошаемые темно-каштановые почвы в соотношении 1:1,5:1, почти не отражаются на мобилизации аммонийного азота. Заделка в орошаемые светло-каштановые почвы НРК (2:3:2) повышает количество аммонийного азота в 1,5 раза — 180 кг/га на контроле и 273 кг/га по удобрениям. Моби-

лизации аммония в почве способствует навоз, сидераты и пласт люцерны.

В светло-каштановой почве под кукурузой максимум накопления нитратов наблюдается весной в фазу 8—9-го листьев, летом их мало в почве, с последующим нарастанием к осени. Несмотря на дробное внесение повышенных доз минеральных удобрений ( $N_{130}P_{180}K_{110}$ ), содержание нитратного азота в почве было невысокое — 25—54 мг/кг, или 20—37% минерального (среднее за 1962—1964 гг.).

В орошаемых темно-каштановых почвах преобладает аммонийный азот (53—56% в среднем за 1968—1970 гг.). В сухой и оптимальный годы в почвах удобренных вариантов минеральный азот на 50—60% бывает представлен нитратной, а во влажный — более 70% аммонийной формами. Нитратный азот под картофелем в метровом слое почвы убывает в такой последовательности по вариантам опыта с удобрениями (мг/кг): NPK (40) — NP (38) — NK (37) — богара (35) — контроль (31). Максимум накопления нитратного азота приходится на фазы всходов и отмирания ботвы — 70 и 42 мг/кг на удобренных вариантах; а минимумы на фазы цветения и клубнеобразования — 31 и 28 мг/кг. В сухой год на варианте с  $N_{60}P_{90}K_{60}$ , когда при влажности почвы 61% ППВ было собрано 133 ц/га клубней, среднесезонное содержание нитратного азота достигало 62 мг/кг.

В последующие оптимальный и влажный годы со среднесезонной влажностью почвы 77—81% ППВ оно снижалось до 30 мг/кг, а урожай клубней достиг 267 ц/га. В почвах парующих делянок во все годы определений отмечено накопление преимущественного нитратного азота (61—83 мг/кг, или 59—81% минерального). Количество нитратной и аммонийной форм азота составляет 2,8—3,8% общего. Сидерация чины и внесение навоза способствуют накоплению в почве одновременно нитратов и аммония. Нитратный азот может вымываться поливными и атмосферными водами в количестве 10—14 кг/га до глубины 3 м.

В предгорной темно-каштановой почве усвояемый фосфор возрастает по пласту и его обороту при внесении фосфорных удобрений; на богаре и целине его меньше, чем на поливе, — 23, 64 и 46—114 мг/кг. В орошаемой почве и неудобренной богаре фосфора содержалось со-

ответственно 119 и 42 мг/кг в сухой, 145 и 164 мг/кг во влажный годы, урожай клубней составил 109 и 84, 177 и 160 ц/га. В сухой год усвояемого фосфора в выщелоченной почве под удобряемой культурой картофеля накапливается меньше (до 245 мг/кг, или 12,5%), чем во влажный и оптимальный (до 300 мг/кг, или 15% валового). Минеральные удобрения увеличивают содержание  $P_2O_5$  на 108 (НК) — 153% (НРК) против контроля, а урожай картофеля — на 55—88 ц/га.

В светло-каштановой карбонатной почве (в слое 0—40 см) усвояемого фосфора (по Мачигину) по пласту люцерны накапливается от 33 (апрель) до 42 мг/кг (июнь) и его обороту — 56 и 78 мг/кг. Под картофелем в почве фосфор мобилизуется до середины июля с последующим снижением в фазу клубнеобразования; под кукурузой — на богаре при 3 поливах в сентябре (31—33 мг/кг) и 7 поливах в июне (23 мг/кг) с минимумом в конце июля. При 3 поливах и весенней заделке всей дозы удобрений усвояемый фосфор достигает 42 мг/кг.

При дальнейшем увеличении числа поливов происходит снижение количества фосфора в почве и повышается урожай кукурузы: 3 полива дают прибавку зерна в 23 ц/га по сравнению с контролем и снижают среднесезонное количество фосфора на 3 мг/кг; при 6 поливах — соответственно 32 ц/га и 8 мг/кг. В сухом году фосфора в карбонатной почве бывает больше, чем во влажном, в оптимальном в почве варианта с полным удобрением на фоне навоза оно достигает 33—63 мг/кг. При дробном удобрении и на поливе доступный фосфор почвы интенсивнее потребляется растениями кукурузы на создание высокого урожая (до 73 ц/га). Установлена зависимость накопления усвояемого фосфора в почве от предшественников: монокультура сахарной свеклы в течение 4 лет — 31 мг/кг, кукуруза и шабдар — 23 мг/кг и люцерна — 21 мг/кг.

Достаточно обеспечены обменным калием предгорные темно-каштановые почвы под культурами овощного севооборота. Весной количество калия достигает 444—512 мг/кг, несколько снижаясь к осени (до 400—470 мг/кг). По всходам растений картофеля в почве в сухой год содержится калия 428 мг/кг, во влажный и оптимальный — 200—300 мг/кг. В фазу интенсивного клубнеобразования (август) из-за дефицита влаги (20—



40% ППВ) и снижения потребления его растениями содержание калия в почве увеличивается до 412 мг/кг. Глубже 40 см количество калия снижается, как и в черноземах, до 100—200 мг/кг.

В динамике обменного калия в светло-каштановой почве под картофелем установлены два пика — апрельский и сентябрьский (400—600 мг/кг) с минимумом в середине июня. Минеральные удобрения повышают количество калия до 465 мг/кг. В почве варианта с полным удобрением количество калия среднее (377 мг/кг) из-за усиленного потребления его растениями на создание высокого урожая клубней (250 ц/га). Среднесезонное содержание усвояемого калия в карбонатной светло-каштановой почве под кукурузой в сухой год (314 мм осадков) колеблется от 331 (при 6 поливах) до 549 мг/кг (при 3 поливах); во влажный (550 мм осадков) год — соответственно 375 и 486 мг/кг. Максимум обменного калия приходится на весну (500—680 мг/кг), минимум — на фазы 15—16-го листьев и выметывания метелок (снижение в 1,5 раза), когда он усиленно потребляется растениями кукурузы.

Под богарными посевами количество калия уменьшается постепенно до фазы молочной спелости; на фоне 6 поливов динамика калия скачкообразная: больше калия после полива с последующим снижением к концу вегетации кукурузы до показателей бесполивного варианта. В сухой год количество калия достигает на варианте с дробным удобрением от 299 (при 3 поливах) до 331 мг/кг (при 6 поливах), а во влажный почвы содержат калия еще больше (424 мг/кг без удобрений и 464—497 мг/кг удобренные варианты с НРК). Добавление к минеральным удобрениям 15 т/га навоза повышает содержание калия в сухой год до 581 мг/кг.

Установлено накопление значительного количества обменного калия в предгорной светло-каштановой почве после распашки трав. В первый же год подъема пласта люцерны в орошаемой почве минерализуется до 60, во второй год его оборота — 72% корневых остатков. В результате количество  $K_2O$  в пахотном слое возрастает соответственно от 514 до 751 мг/кг. Последующая бесменная культура сахарной свеклы снижает количество калия до 436; в почве после кукурузы и сидератов калия остается 410, под озимой пшеницей — 300—400 и

табаком — 310—330 мг/кг. Поливы возмещают калий, поглощенный растениями: в орошаемых и удобренных почвах к концу вегетации кукурузы мобилизуется от 39 (3 полива) до 70 мг/кг (6 поливов) обменного калия, эффективность которого проявляется в последствии.

На предгорных орошаемых темно-каштановых почвах урожай картофеля зависит от гидротермических условий года, удобрений, полива и содержания основных элементов пищи растений. Согласно принятой группировке почв обеспеченность их такова: в сухой год нитратным азотом — высокая на всех вариантах и средняя — на богаре; усвояемым фосфором (по Трюогу) — высокая на вариантах с Р и РК удобрениями, средняя — по NP, РК и низкая — на богаре, вариантах с НК и контроле. Урожай клубней относительно средний на фоне Р, NP, РК и NPK удобрений, низкий — на варианте с НК, контроле и богаре.

Во влажный год почвы оказываются средне обеспечены азотом (высоко — по NP) и хорошо — фосфором на богаре и контроле). Поэтому на всех удобренных вариантах можно получить высокие, на контроле и богаре — средние урожаи клубней. В оптимальный год обеспеченность почв азотом была хорошая на контроле, варианте с NP и богаре, средняя — на фоне Р, НК, NPK удобрений; фосфором — высокая на всех вариантах. Со всех удобренных вариантов собраны повышенные урожаи клубней, на контроле и богаре — низкие.

В среднем за три года урожаи клубней по 222—269 ц/га получены при таком соотношении элементов плодородия почвы на фоне NP и NPK удобрений: влажность — 73—75% ППВ, нитратный азот — 38—40 мг/кг и усвояемый фосфор (по Трюогу) — 190—245 мг/кг (рис. 16).

Ниже урожай из-за дефицита влаги и фосфора оказался на богаре и контроле, хотя азота было достаточно. Азотно-фосфорные и полные удобрения мобилизуют в почве при влажности 73—75% ППВ нитратного азота 7—9 мг/кг, усвояемого фосфора — 38—80 мг/кг против контроля, в результате получен дополнительный урожай клубней 88 ц/га. Поливы повышают влажность почвы на 9%, количество фосфора — на 9 мг/кг и дают прибавку урожая 27 ц/га.



Рис. 16. Опытные посадки картофеля на темно-каштановых почвах

Действие минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы возрастает с улучшением водного режима почвы. При оптимальном режиме водоснабжения (влагозарядковый и вегетационный поливы) и внесении 150 кг/га азота в 3 приема (60 кг/га — под предпосевную культивацию рано весной и 30 кг/га — во внекорневую подкормку на фоне  $P_{60}K_{40}$ , вносимого под весновспашку) можно получить 60 ц/га зерна с высоким содержанием белка (до 16,4%) и клейковины (32%).

Эффективность минеральных удобрений зависит от характера предшественников. По пласту и обороту пласта и зерновым предшественникам фосфорные удобрения вносят в дозе 90 кг/га, а дозы азотного удобрения снижают до 60—90 кг/га. По пропашным предшественникам (сахарная свекла, кукуруза) азотные удобрения дают в более высоких дозах — 120 и 150 кг/га, а дозу фосфорного снижают до 50 кг/га. На почвах с высоким содержанием усвояемого фосфора ( $P_2O_5$  — 50 мг/кг) фосфорные удобрения вносят лишь в рядки при посеве ( $P_{20}$ ).

Коэффициент использования фосфора из почвы (как и других элементов питания, характеризующих эффек-

тивное плодородие) и вынос его урожаем зависят от содержания фосфора в почве, гидротермических условий, биологических особенностей возделываемой культуры и уровня урожайности. Наибольшей способностью использовать фосфор из почвы обладают кукуруза (112—131% на каштановых почвах), сахарная свекла (59—62%), яровая и озимая пшеницы на поливе (53—74% против 27—29% на богаре). Меньше она у картофеля, лука и гороха — 28—42%.

Коэффициент использования  $P_2O_5$  из почвы возрастает с повышением урожайности. У сахарной свеклы он равен на светло-каштановых почвах 57% при урожайности корней 369 ц/га и 71% при урожайности 509 ц/га. Напротив, с повышением в почве количества  $P_2O_5$  снижается коэффициент использования фосфора растениями. Соответственно различны величины выноса NPK.

Средние величины выноса фосфора на создание 10 ц основной и соответствующего количества побочной продукции (в условиях Юго-Восточного Казахстана) составляют (кг): для сахарной свеклы — 1,2, картофеля — 1,5, кукурузы на зеленую массу — 1,5, на зерно — 10,5, ячменя — 9,5, пшеницы яровой — 13 и озимой — 9,5. Как видно из данных опытов КИЗа на светло-каштановых почвах Алма-Атинской области, чем выше урожай, тем больше питательных веществ выносятся из почвы (табл. 33).

Таблица 33

Вынос питательных веществ озимой пшеницей в зависимости от уровня ее урожайности, кг/га

Урожайность, ц/га	Вынос урожаем зерна и соломы		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$
25—30	80,0	23,5	99,0
30—35	107,5	26,0	167,8
35—40	117,2	32,0	170,8
40—50	128,6	41,5	198,8
50—55	160,2	47,9	192,0

Вынос питательных веществ возрастает при внесении удобрений. В среднем за 6 лет (1959—1964 гг.) со

100 ц клубней картофеля выносилось 77 кг/га азота, 20 — фосфора и 120 кг/га калия, а на фоне  $N_{80}P_{120}K_{60}$  — соответственно 86; 22 и 130 кг/га. Такая закономерность установлена на овощных культурах (табл. 34).

Таблица 34

Вынос NPK овощными культурами, кг/га

Культура	Вынос на 100 ц					
	без удобрений			на удобренном фоне		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Томаты	25,4	4,5	42,7	28,8	4,7	47,0
Лук	23,5	8,1	40,0	26,4	9,4	43,6

**Примечание.** Дозы удобрений для томатов —  $N_{60}P_{120}K_{60}$ ; лука —  $N_{75}P_{60}K_{60}$  (данные А. Д. Хватова).

Важна роль влажности почвы в предгорной пустынно-степной зоне. При создании оптимальной влажности (до 75% ППВ 6 поливами) на светло-каштановых почвах можно выращивать рекордные урожаи кукурузы, причем прибавка зерна по сравнению с бесполивым вариантом достигает 54 ц/га, то есть она оказывается больше, чем от удобрений. Такая прибавка, безусловно, — результат мобилизации эффективных форм питательных веществ самой почвы (NPK) и интенсивного потребления их растениями кукурузы. В подтверждение можно привести такие данные. По сравнению с бесполивым вариантом при 6 поливах среднесезонные запасы минерального азота (нитрато-аммонийного) оказались меньше почти на 100 кг/га, доступного фосфора — на 56 и обменного калия — 70 кг/га (табл. 35).

Разница питательных веществ, очевидно, расходует-ся на создание урожая. Во влажный год как на поливном, так и бесполивым вариантах потребление их растениями одинаково интенсивно. Значительна прибавка урожая и от удобрений. На фоне 6 поливов дробное внесение  $N_{130}P_{180}K_{80}$  дает прибавку урожая зерна 35 ц/га благодаря потреблению до 50 кг/га минерального азота, 38 кг/га фосфора и 80 кг/га калия

## Урожайность кукурузы на светло-каштановой почве в зависимости от поливов и удобрений (1962—1964 гг.)

Вариант опыта	Число поливов	Урожай зерна, ц/га	Соответствующая прибавка, ц/га	Рентабельность, %
Контроль (без удобрений)	0	18,7	—	100
»	3	53,3	34,6	275
»	6	73,0	54,3	342
$N_{130}P_{180}K_{80}$ дробно: под перепашку, культивацию и в 2 подкормки до фаэы 15—16-го листьев	0	46,2	27,5	173
	3	82,6	29,3	286
	6	107,7	34,7	349
$N_{130}P_{180}K_{80}$ под вспашку	3	73,6	20,3	273
Навоз 15 т + $N_{65}P_{90}K_{40}$ дробно	3	83,6	30,3	299

удобрений. Таким образом, 6 поливов и дробное внесение (NPK) удобрений создают в светло-каштановой почве наиболее благоприятный водно-пищевой режим и условия для интенсивного потребления питательных веществ почвы и удобрений растениями кукурузы для создания большого урожая. А затраты на поливы и удобрения оправдываются прибавками урожая (89 ц/га) и чистым доходом (423 руб/га, Л. Т. Сабирова).

Минеральные удобрения наряду с пополнением запасов питательных веществ повышали урожай озимой пшеницы и сахарной свеклы на орошаемой светло-каштановой почве опытного поля Казахского научно-исследовательского института земледелия. В среднем за 1965—1967 гг. наибольшую прибавку урожая зерна от внесения азотно-фосфорных удобрений дали сорта озимой пшеницы Безостая 1 и Мироновская 808—20 ц/га по  $N_{100}P_{100}K_{30}$  при максимуме урожая этих сортов соответственно 71 и 61 ц/га. Причем прибавка против контроля (45 ц/га) составила от  $N_{30}P_{70}K_{30}$  11 ц/га,  $N_{30}$ —1,2,  $N_{70}P_{30}$ —8,5 ц/га. В другом опыте урожай зерна Безостой 1 со сравнением с контролем (36,2 ц/га) повысился от  $P_{60}$  на 9,4,  $N_{60}P_{60}K_{40}$ —на 12,4 ц/га.

На почвах со средним содержанием усвояемого фос-

Урожайность культур овощного севооборота в зависимости от разных соотношений удобрений на полях Института картофельного и овощного хозяйства (почва светло-каштановая)

Культура и доза удобрений	Годы исследований	Урожай без удобрений, ц/га	Прибавка урожая от внесения удобрений, ц/га						Точность опыта	
			P	N	PK	NK	NPK	1,5 NPK	P, %	НСР0,95, ц/га
Картофель (N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub> )	1959—1970	152,9	40,3	61,3	60,2	40,6	82,7	73,4	2,3	13,2
	1970	164,0	40,0	71,0	66,4	37,5	85,7	91,2	3,7	24,9
Капуста (N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )	1959—1970	289,2	92,1	137,8	130,8	107,3	187,3	257,5	3,2	38,0
	1970	247,2	106,0	245,0	150,0	141,3	327,2	364,2	3,2	44,5
Лук (N <sub>75</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )	1965—1970	204,7	36,6	82,6	57,1	65,5	110,0	85,1	2,6	22,2
	1970	175,1	44,8	77,9	55,9	54,0	68,3	77,8	7,0	48,3
Томаты (N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub> )	1959—1970	388,2	104,9	88,2	90,9	57,7	112,4	172,6	3,3	44,7
	1970	346,8	113,1	163,2	174,1	146,8	213,6	259,7	1,7	26,5
Морковь (N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub> )	1965—1970	151,4	37,3	56,0	63,7	22,5	84,4	101,4	2,6	16,0
	1970	160,3	40,7	60,7	51,0	-0,6	91,9	112,5	1,2	38,9
Столовая свекла (N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub> )	1965—1970	286,8	25,3	81,4	61,5	44,7	99,9	176,1	4,1	47,9
	1970	293,1	39,1	25,8	81,8	85,3	135,0	179,7	5,5	33,8

фора (до 30 мг/кг) при увеличении дозы фосфорного удобрения с 60 до 90 кг/га в составе полного удобрения ( $N_{60}P_{90}K_{40}$ ) урожай зерна озимой пшеницы возрос с 48 до 53 ц/га. А при внесении 120 кг/га азота произошло увеличение белковости зерна с 13,7 до 14,8% и клейковины в муке — с 31,2 до 31,9%.

Урожай корней сахарной свеклы за 1967—1970 гг. на этих же почвах изменялись в зависимости от соотношений вносимых (основное и подкормки) минеральных удобрений; прибавки составили по  $N_{100}K_{60}$  — 13 ц/га (343. ц/га на контроле),  $P_{80}K_{60}$  — 48,  $N_{100}P_{80}$  — 70 и по  $N_{100}P_{80}K_{60}$  — 132 ц/га. Резко изменяется урожайность культур овощного севооборота в зависимости от разных соотношений минеральных удобрений (табл. 36). Наибольшие прибавки урожая получены: картофеля — 82,7 ц/га от внесения  $N_{80}P_{120}K_{60}$ , капусты — 257 по  $N_{100}P_{60}K_{60}$ , лука — 110 по  $N_{75}P_{60}K_{60}$ , томатов — 173 по  $N_{60}P_{120}K_{60}$ , моркови и столовой свеклы — соответственно 101 и 175 ц/га по  $N_{60}P_{60}K_{45}$ .

Важно установить соотношение элементов питания для каждой сельскохозяйственной культуры в зависимости от меняющихся ее потребностей. Изменяя дозы НРК, а также их соотношения (как в удобрении, так и почве) в период вегетации можно влиять на рост и развитие растений (З. И. Журбицкий.)

Последствие минеральных удобрений проявляется на темно-каштановых почвах в течение 5 лет, составляя при возделывании лука 28—30% по РК и НРК удобрениям (табл. 37).

Таблица 37

Урожайность лука в зависимости от последствия удобрений

Вариант опыта	Средний урожай за 5 лет, ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	%
Контроль (без удобрений)	128	—	—
$P_{60}$	145	16,7	13
$N_{75}P_{60}$	142	13,2	9
$P_{60}K_{60}$	185	56,8	30
$N_{75}K_{60}$	130	1,7	1,3
$N_{75}P_{60}K_{60}$	179	50,4	28
НСР <sub>0,95</sub> = 19 ц/га; P = 8,2%			



Последствие навоза и минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы Безостая 1 (1965—1967 гг.)

Вариант опыта	На второй год после внесения		На третий год после внесения	
	урожай, ц/га	прибыль, руб/га	урожай, ц/га	прибыль, руб/га
Контроль (без удобрения)	39,6	—	28,8	—
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	45,0	5,4	31,0	2,2
Навоз 20 т	46,4	6,8	31,2	2,4
Навоз 20 т + P <sub>60</sub>	47,7	8,1	31,8	3,0

Таблица 39

Влияние удобрений на урожай ярового ячменя и плодородие горизонтов темно-каштановой почвы (1971—1972 гг.)

Вариант опыта	Среднее содержание в слое 0—40 см подвижных форм, мг/кг			Урожай зерна, ц/га	Прибавка, ц/га	Вынос на 1 т зерна, кг		
	азота	фосфора (по Мачигину)	калия			азота	фосфора	калия
Гор. А без удобрений	54	32	915	27,6	—	18	6	8
Гор. А с N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>40</sub>	63	45	1180	36,1	8,5	23	7	8
Гор. В без удобрений	47	25	890	24,1	—3,5	19	6	7
Гор. В с N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>40</sub>	57	50	980	30,0	2,4	24	7	8
Гор. С без удобрений	44	21	890	9,5	—18,1	16	6	6
Гор. С с N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>40</sub>	40	27	1189	26,5	—1,1	21	8	6
				т, %				
				—1,3				

Дольше последствие органического удобрения как источника азота. За три года заделки навоза в почву возделываемыми культурами используется до 75% со-

держась в нем общего азота, 65% валового фосфора и 90% калия. Остальная часть НРК навоза потребляется в последующие годы. В условиях богары последствие навоза продолжительнее, чем на поливе.

По данным КИЗа, наибольшее последствие при поливе установлено от совместного внесения 20 т навоза с 60 кг/га  $P_2O_5$  (табл. 38).

Чистый доход от внесения 20 т навоза под сахарную свеклу составил 82 р. 77 к., а от его последствия на продуктивность озимой пшеницы дополнительно получено 43 р. 50 к. прибыли с 1 га посевов.

Органо-минеральные удобрения служат мощным средством восстановления плодородия почв, подвергающихся планировке или эрозии. Обнажение на дневную поверхность горизонта В орошаемой темно-каштановой почвы снижает урожай ячменя на 3,5 ц/га, а горизонта С — на 18,1 ц/га. После внесения  $N_{120}P_{120}K_{40}$  плодородие горизонтов почв выравнивается: горизонт В дал прибавку зерна в 2,4 ц/га, а производительность горизонта С составила 90% к урожаю горизонта А (табл. 39). Одновременно отмечено увеличение в этих горизонтах содержания питательных веществ. По сравнению с яровой пшеницей на богаре ячмень выносит почти в 2 раза меньше элементов питания на создание 1 т зерна: азота — 18—23 кг против 30—40, фосфора — 6—7 против 10—14, калия — 8 против 20—30 кг (Ж. Ш. Шарахимбаев).

Нами начаты опыты по испытанию эффективности высоких доз навоза (40, 60, 80 т/га) в выравнивании дифференциального плодородия разных горизонтов (АВС) этих почв. Данные аспиранта Ж. Елемесова (1974—1975 гг.) показывают восстановление плодородия комбинаций генетических горизонтов почв в первый же год от внесения 60 т/га навоза (урожай сена люцерны составил 89—103% к естественному горизонту А).

**Эффективное плодородие сероземов.** В пахотном слое лугово-сероземной почвы предгорий максимум накопления гидролизуемого азота отмечается под яровой пшеницей (140 мг/кг) и люцерной (до 126 мг/кг), минимум — под озимой пшеницей и кукурузой (49 и 56 мг/кг); среднее содержание — под сахарной свеклой и овощами (70—107 мг/кг). В сезонной динамике максимум азота отмечен в мае, минимум — в августе с резким убыванием глубже 40 см. В обыкновенном сероземе азота содер-

жится меньше, но распределение его по профилю более равномерное (на глубине 40—100 см — 52—61 мг/кг). Больше азота в обоих подтипах серозема под удобренными культурами озимой пшеницы и сахарной свеклы. После уборки урожая в удобренной почве  $N_{110} P_{100} K_{30}$  под озимой пшеницей Безостая 1 содержалось 66 мг/кг азота против 44 мг/кг на варианте удобрений; соответственно получен урожай зерна 49,6 и 34,6 ц/га.

В первой половине вегетации растений (май—июнь) после двух подкормок посевов сахарной свеклы в почве со средней обеспеченностью усвояемым фосфором количество гидролизующего азота достигает 125 мг/кг. Во второй половине вегетации (август—сентябрь) оно снижается до 87 мг/кг в лугово-сероземной почве и 67 мг/кг в обыкновенном сероземе. Соответствующая разница в 38 и 39 мг/кг, очевидно, мобилизовалась в минеральные (аммиачную и нитратную) формы азота и отрицательно сказалась на урожае, снизив его на 206 ц/га, рекордный урожай сладких корней (до 558 ц/га) получен на варианте почвы, обеспеченной усвояемым фосфором (35—50 мг/кг, по Мачигину) и со средним количеством (67—106 мг/кг) гидролизующего азота.

Энергия нитрификации понижена в богарных сероземах. Прибавка азота нитратов к исходному содержанию в слое 0—30 см в середине июня под озимой пшеницей по черному пару составляет 35 мг/кг и монокультуре — 28 мг/кг. Максимум накопления его в слое 0—150 см (78 мг/кг) отмечается ранней весной. В верхнем метровом слое целинного обыкновенного серозема энергия нитрификации составляет 63 мг/кг, из них 31—46 мг/кг нитратного азота мобилизуется в слое 0—40 см, глубже она снижается в 3—4 раза, а в лёссе (80—100 см) она равна 1 мг/кг.

Повышенной энергией нитрификации обладают целинные лугово-сероземные почвы предгорий — 75 мг/кг; еще выше она на пашне — в июле содержание нитратного азота в верхнем метровом слое почвы под кукурузой — 87—178 мг/кг, сахарной свеклой — 94—143 мг/кг, или 304—623 кг/га. Следовательно, на поливе и при достатке органического вещества, богатого азотом, нитратонакопление в сероземе протекает интенсивнее. Оно повышается и при внесении органо-минеральных удобрений. Вместе с тем избыток влаги, как и резкий ее де-

фицит в почве, подавляет нитрификацию, усиливая аммонификацию.

В сероземах основная часть мобилизованного и внесенного удобрениями азота аммония (50—91%) фиксируется в слое 0—10 см с последующим (через 10—15 дней) вовлечением его в процесс нитрификации. Содержание аммонийного азота варьирует в зависимости от погодных условий и поливов: 76—96 мг/кг — во влажный и 9—12 мг/кг — в сухой годы; оно возрастет и после полива. В сероземе с признаками гидроморфности аммония накапливается больше, чем в обыкновенном. Запасы аммонийного азота в лугово-сероземной почве (при объемном весе 1,2 г/см<sup>3</sup>) изменяются: под яровой пшеницей от 147 (всходы) до 343 кг/га (после уборки); под паром — от 108 (весной) до 332 кг/га (в конце лета). Азотные удобрения, сидераты и пласт люцерны повышают аммоний в почве. При внесении мочевины и аммофоса количество этой формы азота в предгорных сероземах в конце июня достигает 60 мг/кг в отличие от 33—39 мг/кг весной и осенью; в сероземе с признаками гидроморфности оно снижается до 24 мг/кг.

В северных орошаемых сероземах (на пару) нитратный азот достигает 378 кг, а в лугово-сероземной почве изменяется от 567 (под яровой пшеницей) до 754 кг/га (пар). При отвальной вспашке богарных сероземов осенью перед посевом озимой пшеницы парующая почва (0—30 см) содержит 94 мг/кг нитратов, а по безотвальной обработке — 43 мг/кг, с максимумом накопления нитратного азота (250—311 кг/га) под орошаемыми культурами.

В лугово-сероземной почве и летом отмечается накопление нитратов под сахарной свеклой и кукурузой, а в начале осени — под горохом и вико-овсяной смесью.

Выявлены интересные закономерности внутрисевооборотной динамики нитратов под возделываемыми культурами. Максимумы накопления нитратного азота в почвах установлены под кукурузой по сахарной свекле в июле — до 261 мг/кг, а по кукурузе в сентябре — лишь 77 мг/кг; под сахарной свеклой по гороху в июле — до 197, в сентябре — лишь 78 мг/кг; под ячменем по гороху в мае — до 74 и в сентябре — до 134 мг/кг; под горохом по сахарной свекле в августе — до 47 и сентябре — до 57 мг/кг. Минимальное количество нитратного азота в

почвах обнаружено: под ячменем — в июле, под сахарной свеклой — в мае и сентябре, под кукурузой — в мае — июне и горохом — в июле. Предшественники сахарной свеклы в звеньях севооборотов по запасам нитратного азота в слое почвы 0—40 см располагаются в таком убывающем порядке: люцерна первого и второго годов — сахарная свекла (169 кг/га) — озимая пшеница — горох на зерно — сахарная свекла (161 кг/га) — люцерна второго года — ячмень — сахарная свекла (147 кг/га) — кукуруза на силос — озимая пшеница — сахарная свекла (123 кг/га) — люцерна и сахарная свекла второго года (108 кг/га).

В сухой год 95% (весна) — 78% (лето) нитратов содержится в слое 0—40 см лугово-сероземной почвы, а во влажный — 70% (весна) — 60% (лето) их вымывается в слой 40—50 см.

В благоприятные по гидротермическим условиям сезоны года в профиле лугово-сероземных почв накапливается до 420 кг/га усвояемого фосфора. Наибольшее его количество в окультуренных почвах под овощными культурами и сахарной свеклой (30—70 мг/кг), наименьшее — под монокультурой пшеницы (7—24 мг/кг), кукурузой (3—16 мг/кг), в саду (4—11 мг/кг) и под люцерной (5—7 мг/кг). В почве (в слое 0—20 см) полей свекловичного севооборота среднесезонное содержание под сахарной свеклой — 35 мг/кг. Фосфор в почве увеличивается в первой и снижается во второй половине лета с повторным ростом в сентябре; его количество в 3 с лишним раза возрастает при 26-летней монокультуре сахарной свеклы.

В почве под культурами пропашного севооборота во влажный год максимум фосфора отмечается в июле: до 30 мг/кг — под ячменем, 40 мг/кг — под горохом и кукурузой и 90 мг/кг — под удобренной сахарной свеклой. В последнем случае ощущается избыток фосфора из-за внесения больших доз удобрений. Рациональной дозой внесения фосфорных удобрений в почву с содержанием 35—40 мг/кг  $P_2O_5$  считается 60 кг/га, когда возможно получение урожая сладких корней до 500 ц/га при условии обеспеченности усвояемым азотом.

Увеличение дозы фосфорного удобрения с 60 до 120 кг/га в составе полного удобрения ( $N_{150}K_{100}$ ) дает прибавку урожая корней сахарной свеклы с 52 до

79 ц/га. На почвах, содержащих более 40 мг/кг усвояемого фосфора, урожай повышается от применения азотно-калийных удобрений. А фосфорные удобрения снижают урожай и сахаристость корней (табл. 40).

Усвояемый фосфор в почве под кукурузой после внесения одинарной дозы минеральных удобрений по вариантам возрастает в такой последовательности: на

Таблица 40

Эффективность фосфорных удобрений на лугово-сероземной почве и урожай корней сахарной свеклы (А. Т. Пономарева)

Доза $P_2O_5$ на фоне $N_{150}K_{100}$ , кг/га	Длительность внесения удобрений и содержание усвояемого фосфора в почве, мг/кг					
	3 года, 28—30		6 лет, 34—36		26 лет, 59	
	ц/га	% сахара	ц/га	% сахара	ц/га	% сахара
0	312	14,8	430	16,5	447	14,8
20	346	15,0	472	16,7	453	14,9
60	418	14,6	494	16,7	460	14,7
120	437	14,9	474	16,4	445	14,7
P, %	4,4—9,5	—	3,4—6,2	—	6,4—13,2	—

контроле — 19,8;  $N_{60}$  — 19,8; NPK — 26,3; NP — 26,9; PK — 27,3 и P — 35,9 мг/кг. Максимум накопления его наблюдается в начале августа, в фазу выметывания метелок и молочной спелости (до 53 мг/кг по  $P_{60}$ ), минимум — в сентябре. Фосфорные удобрения оказывают длительное последствие на растения.

Довольно пестрое распределение обменного калия в почвах сероземного пояса под производственными посевами (400—800 мг/кг) при резком снижении его глубже слоя 0—40 см (123—193 мг/кг в июне и июле). А в сравнительно недавно освоенных почвах оно колеблется от 535 до 1000 мг/кг. В лугово-сероземной почве меньше калия под сахарной свеклой (465 мг/кг), овощами (570 мг/кг), больше — под кукурузой (608—636 мг/кг). Последняя культура интенсивно потребляет калий в первой половине вегетации, и в июле его содержание понижается до 250 мг/кг. Наоборот, в почвах, занятых ячменем, горохом, начиная с августа происходит накопление калия. В сравнении с пропашными культурами калия меньше потребляют озимая пшеница и ячмень, поэтому

## Влияние удобрений на урожай сахарной свеклы и плодородие лугово-сероземной почвы (1964—1965 гг.)

Вариант опыта	Среднее содержание (в слое 0—40 см) усво- яемых форм, мг/кг		Урожай корней, ц/га	Прибавка, ц/га	Сахар в корнях	
	азота (N—NO <sub>3</sub> + N—NH <sub>4</sub> )	фосфора (по Мачи- гину)			%	ц
Контроль (без удобре- ний)	54	15	398	—	16,3	69
Фон — N <sub>120</sub> K <sub>90</sub>	69	16	466	—	15,5	72
Фон + метафосфат	79	31	531	64	17,1	91
Фон + ортофосфор- ная кислота (P <sub>120</sub> )	78	40	539	72	17,9	96
Фон + суперфосфат (P <sub>120</sub> ) m, % = 1,6; НСР <sub>0,95</sub> = 13 ц/га	80	38	537	70	16,4	68

под ними в почве содержится больше K<sub>2</sub>O — 632—740 мг/кг. Несколько меньше калия под люцерной — 540—600 мг/кг. Поливы и удобрения мобилизуют обменный калий в почве.

В связи с изучением динамики питательных веществ в учхозе «Джанашарское» Энбекшиказахского района испытывалось влияние жидких концентрированных фосфорно-азотных удобрений на урожайность растений. Ортофосфорная кислота (с 54% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) под сахарную свеклу в лугово-сероземные почвы вносилась дробно — под основную вспашку (P<sub>60</sub>), предпосевную культивацию (P<sub>30</sub>) и в подкормку (P<sub>30</sub>). Она способствовала повышению эффективных форм азота, фосфора и тем самым создала благоприятные условия почвенного питания растений. В результате по ортофосфорной кислоте сахарная свекла дала наивысший урожай корней и выход сахара — соответственно 539 и 96 ц/га против 398 и 69 ц/га на контроле (табл. 41, М. И. Кельдибеков).

По суперфосфату урожай выше, но низок выход сахара. На создание 100 ц сладких корней поливная культура без удобрений потребляет меньше питательных веществ (особенно РК). Сахарная свекла на создание



Рис. 17. Уборка пшеницы с опытного поля Джанашарского учхоза

100 ц урожая потребляет 40 кг азота, 15 кг фосфора и 70 кг калия. Вынос элементов урожаем данной культуры из лугово-сероземной почвы учхоза составил: азота и калия — 35 (на контроле) — 55 кг/га (по  $N_{120}P_{120}K_{90}$ ), фосфора — 5—11 кг/га.

Синтетическая мочевина под озимую пшеницу Безостая 1 в лугово-сероземные почвы вносилась под предпосевную культивацию ( $N_{60}$ ) и в виде ранневесенней подкормки ( $N_{30}$ ). Она также способствовала повышению питательных элементов в почве, увеличению урожая зерна на 13 ц/га и содержания в нем белка — на 0,7% (рис. 17, табл. 42). Для образования 1 т зерна из почвы выносятся 29—32 кг азота, 10—15 кг фосфора и 38—58 кг калия. На удобренном фоне пшеница выносит больше NPK (К. К. Кубенкулов).

В заключение надо отметить, что в обрабатываемых почвах предгорий Заилийского Алатау режимы питательных веществ складываются в связи с потенциальными их ресурсами и условиями перевода в усвояемые



Влияние удобрений на урожай озимой пшеницы Безостая 1  
и плодородие лугово-сероземной почвы (1968—1970 гг.)

Вариант опыта	Среднее содержание (в слое 0—40 см) усвояемых форм, мг/кг		Урожай зерна, ц/га	Прибавка, ц/га	Вынос на 1 т зерна, кг		
	азота	фосфора			азота	фосфора	калия
Без удобрений	55	36	29,7	—	29	10	38
Фон — P <sub>80</sub> K <sub>40</sub>	51	60	33,8	4,1	28	15	41
Фон + N <sub>90</sub> m, % = 1,5—2,5; НСП <sub>0,95</sub> = 1,7—2,2 ц/га	67	46	43,0	13,3	32	13	58

формы. Нашими исследованиями установлена коррелятивная зависимость динамики элементов питания растений от гидротермических условий, обработок, поливов, удобрений и возделываемых культур. Каждый из этих факторов определяет вид, динамику питательных веществ в почвах предгорий. Совокупность агротехнических и агрохимических мероприятий приводит к окультуриванию почв, повышению их эффективного плодородия и сглаживанию различий по урожаю.

Поливы и удобрения посевов одновременно с повышением урожаев способствуют мобилизации питательных веществ в почвах. При этом динамика их прослеживается на всю глубину промачивания почв и распространения основной массы корней растений — в пределах верхних слоев почвы 0—50 и 0—100 см. Под пропашными и овощными культурами мобилизуется значительное количество элементов питания; под зерновыми культурами и травами их накапливается меньше. Целина всех подтипов почв в сухой период года характеризуется малым содержанием эффективных форм питательных веществ. Все это подтверждает мнение о том, что для каждой сельскохозяйственной культуры должны быть свои условия плодородия и своя классификация почв по плодородию. Управление условиями и элементами плодородия

почв согласно требованиям возделываемых растений — залог получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

\* \*  
\*

Почвы предгорий в результате длительного поливного земледелия приобрели признаки и свойства окультуренных почв, главным из которых является высокая мобильность усвояемых форм питательных веществ. В освоенных почвах режимы элементов питания растений (азот, фосфор, калий) складываются в связи с их запасами и условиями перевода в усвояемые формы. Имеется прямая зависимость динамики НРК от гидротермического режима, обработок, поливов, удобрений и возделываемых сельскохозяйственных культур.

Широкие пределы колебаний гидролизуемого азота (1—7,5% общего) подтверждают высокую его мобильность под всеми культурами. Количество азота в почвах, как правило, бывает повышено в сухой и занижено во влажный годы, оно подвержено сезонным изменениям. Целинные почвы содержат подвижного азота меньше, чем освоенные, последние — меньше, чем парующие. Минеральные удобрения способствуют мобилизации гидролизуемого азота.

Энергия нитрификации в испытанных почвах изменяется в широких пределах — 45—185 мг азота нитратов на 1 кг почвы. На поливе и при достатке органического вещества, богатого азотом, интенсивность нитрификации возрастает, она повышается и при внесении органо-минеральных удобрений (навоз, аммиачная селитра совместно с суперфосфатом). Максимум нитратов отмечается в верхнем слое почвы 40 см; глубже, особенно в лёссе, нитрификация подавлена. Избыток и дефицит влаги в почве затормаживают этот процесс и усиливают аммонификацию. В сухой и влажный годы от 40 до 70% минерального азота в почвах представлено в аммонийной форме. Накоплению аммония способствует навоз, сидераты, пласт люцерны и повышенные дозы азотных удобрений (до 60 мг/кг).

По накоплению нитратов для среднегумусного чернозема преимущество имеет сад с пропашными культу-

рами в междурядьях, затем идут сады с естественным и люцерновым задернением междурядий, последнее место занимает целина. В почве больше нитратов накапливается под пропашными и меньше — под зерновыми культурами. Неодинаковы их количества по разным предшественникам. В сухой год до 95% нитратов содержится в слое почвы 0—40 см, а во влажный — до 70% их вымывается глубже. С поливными же водами нитраты могут выщелачиваться до 3 м. В почвах пара установлено преимущественное накопление нитратного азота — 45—83 мг/кг, или 60—80% минерального, что в переводе на его запасы составляют 300 кг/га в пахотном слое выщелоченного чернозема и 750 кг/га в слое 0—100 см лугово-сероземной почвы. Сидерация чины, внесение навоза и минеральных удобрений влекут за собой накопление нитратов в почве.

С увеличением влажности возрастает усвояемый фосфор в почвах и улучшается питание растений этим важным элементом. В черноземах под садами с задерненными междурядьями усвояемого фосфора содержится меньше, чем в парующих междурядьях; больше — под пропашными культурами, чем зерновыми и целинной растительностью. Под картофелем его количество не достигает уровня оптимальной обеспеченности. Азотно-фосфорные удобрения увеличивают долю усвояемого фосфора от 3 до 8% валового и на 153% по сравнению с контролем. В карбонатной почве усвояемого фосфора (по Мачигину) по пласту люцерны меньше, под кукурузой при 3 поливах — больше, чем при 6, в сухом году — больше, чем во влажном. А в выщелоченных почвах установлена обратная зависимость. В оптимальном году в почве варианта с полным удобрением и на фоне навоза количество усвояемого фосфора достигало 63 мг/кг. Наибольшее оно под овощными культурами и сахарной свеклой, наименьшее — под монокультурой пшеницы, кукурузой без удобрений, в саду и под люцерной. В почве под культурами пропашного севооборота больше фосфора во влажный год при максимуме в июле. Установлена также зависимость мобилизации усвояемого фосфора в почве от предшественников.

Обменный калий в изученных почвах под возделываемыми культурами по сезонам года изменялся согласно гидротермическому режиму почвенно-атмосферной

среды. Из минерального резерва почвы доступный калий мобилизуется под действием атмосферных и поливных вод; его содержание в почве варьирует под возделываемыми культурами и их предшественниками. Накопление калия происходит после распашки трав — до 500—700 мг/кг (по Протасову). Среди пропашных культур сравнительно меньше калия под сахарной свеклой, больше — под овощами и кукурузой (до 636 мг/кг). Меньше калия потребляют озимая пшеница и ячмень. Орошение, минеральные удобрения и навоз способствуют мобилизации калия в почве. В этом отношении среднее положение между вариантами с РК удобрениями и контролем занимает пар. В целинной почве по мере ее иссушения к осени и вследствие трансформации в необменное состояние происходит снижение содержания усвояемого калия.

На современном уровне развития науки и техники применяемые агротехнические и агрохимические мероприятия способствуют окультуриванию предгорных почв региона, повышению эффективного плодородия и приводят к сглаживанию их различий. Рациональные нормы поливов и дозы удобрений одновременно с повышением урожаев способствуют мобилизации элементов питания растений в почвах. В почвах под пропашными и овощными культурами отмечается наибольшая мобилизация удобрений NPK, под зерновыми и травами их накапливается меньше. Целинные почвы в сухой период года отличаются низким содержанием усвояемых форм питательных веществ. Следовательно, для каждой возделываемой культуры должны быть свои условия и уровень плодородия почв — по количеству в них основных элементов питания растений. Определение таких условий и уровня плодородия соответственно требованиям растений — основная задача агрономического почвоведения.

На основе данных динамики питательных веществ окультуренных почв северного склона Заилыйского Алатау предлагаются следующие поясная почвенно-агрохимическая характеристика региона и рекомендации сельскохозяйственному производству.

*I пояс* — выщелоченные черноземы среднегорья с выборочным бесполивым земледелием, где отмечается слабое действие азотных и высокая эффективность

фосфорных удобрений. Действие фосфорных удобрений значительно повышается при их совместном внесении с калийными. Необходимо внести  $K_{45}$  для сохранения необходимого соотношения питательных веществ (НРК) в почве и продуктивного роста растений картофеля — основной культуры пояса. В этой зоне из-за наличия потенциальных возможностей накопления значительных запасов влаги и нитратного азота (до 300 кг/га в пахотном слое) излишне основное внесение азотных удобрений. Наиболее эффективно внесение удобрений под картофель при весновспашке и локально в посадочные борозды. На выщелоченных черноземах перспективно внесение аммофоса (вместо НРК удобрений) и внекорневая подкормка сернокислой медью (0,05 %-ным раствором) в фазе бутонизации картофеля.

*II пояс* — черноземные и темно-каштановые почвы с развитым бесполовым и поливным земледелием. Здесь установлено среднее действие азотных, высокое — фосфорных и низкое — калийных удобрений. При длительном задернении междурядий садов улучшаются физические свойства, повышается содержание гумуса, азота и фосфора с увеличением их подвижности в орошаемом среднегумусном черноземе. Необходимый уровень эффективного плодородия почв обеспечивается орошением, своевременными укосами, послеуборочными поверхностными обработками почвы и периодическим внесением минеральных удобрений. На орошаемых темно-каштановых почвах наибольший урожай клубней картофеля (до 227 ц/га) можно получить при таком соотношении элементов плодородия по  $N_{60}P_{90}$ : полевая влажность — 73—75 % ППВ, нитратный азот — 38—40 мг/кг и усвояемый фосфор — 190—254 мг/кг в пахотном слое.

Поливы повышают влажность почвы, содержание фосфора и дают прибавку урожая. В овощном севообороте на поливе высокий эффект в мобилизации доступного азота дают сидераты. Из-за резкого снижения содержания в почвах калия под растениями во влажные и оптимальные годы для его мобилизации, поддержания оптимального соотношения НРК в почвах и повышения содержания крахмала в клубнях необходимо вносить в эти почвы калийные удобрения ( $K_{60}$ ). В темно-каштановой почве в связи с вымыванием нитратного азота (10—14 кг/га — до 3 м) поливными и атмосферными водами

для предотвращения этого явления азотные удобрения необходимо вносить весной перед посадками и давать подкормки в течение вегетации растений; поливы следует проводить часто, медленной струей (из-за низкой водопроницаемости почв) и небольшими нормами, рассчитанными на увлажнение (до 75% ППВ) корнепитаемого слоя почвы (до 1 м).

Основа повышения продуктивности предгорных каштановых и сероземных почв, подвергающихся планировке или водной эрозии, — внесение эффективных доз и соотношение удобрений. Внесением органических удобрений можно пополнить запас перегноя, мобилизовать почвенный фосфор и улучшить физические, физико-механические свойства почвы, а внесением минеральных удобрений  $N_{120}P_{120}K_{40}$  — увеличить запас усвояемых питательных веществ в ней.

*III пояс* — предгорные пустынно-степные светло-каштановые почвы и сероземы, где на богаре понижено действие  $NP$  удобрений, но оно высокое на поливе без добавления калия, которого в этих почвах содержится достаточное количество. При орошении и внесении органико-минеральных удобрений в светло-каштановые почвы наблюдаются активная мобилизация питательных веществ и усиленное потребление их растениями на создание большого урожая, что является одним из важных результатов окультуривания почв пустынно-степных предгорий. Благоприятный водно-пищевой режим светло-каштановой почвы под кукурузой — ведущей культурой зоны — создается на фоне 6 поливов и дробного внесения удобрений, обеспечивающих самые высокие урожаи (107 ц/га) и рентабельность производства зерна. Внесение навоза (15 т/га) под вспашку совместно с суперфосфатом ( $P_{30}$ ) создает благоприятные условия для мобилизации доступного фосфора. Этот же эффект можно получить и в сероземах.

*IV пояс* — предгорные полугидроморфные (лугово-сероземные) почвы, где слабое действие азотно-калийных удобрений на недавно освоенных почвах и высокая эффективность фосфорных удобрений как на вновь осваиваемых, так и старопахотных почвах. В связи с повышенным содержанием гидролизующего азота и высокой энергией нитратообразования на лугово-сероземных почвах внесение азотных удобрений выгодно в виде под-

кормки пропашных культур во время их вегетации. Ортофосфорная кислота и метафосфат из фосфоритов Каратау ( $P_{120}$ ), наряду с увеличением урожаев сахарной свеклы (до 539 ц/га против 398) и сахара в корнях (до 17,9% против 16,3%), способствуют повышению содержания в почве доступного фосфора (до 53 мг/кг) и минеральных форм азота (до 100 мг/кг). Под озимую пшеницу аналогичный эффект дает мочеви́на ( $N_{90}$ ). На окультуренных, давно орошаемых лугово-сероземных почвах в связи со снижением количества обменного калия вследствие большого его выноса растениями нужно вносить калийные удобрения, устанавливая приемлемые для конкретной культуры и почвенной разности оптимальные дозы и соотношения NPK. Внекорневая подкормка сахарной свеклы микроэлементами (медь, бор, марганец) повышает сахаристость корней.

Для лугово-сероземных почв очень важно установить оптимальный поливной режим исходя из дефицита влаги в корнеобитаемом слое с учетом гидротермического режима вегетационного периода и глубины залегания грунтовых вод. Регулированное орошение создает в профиле почвы луговой режим. Количество поливов необходимо определить с учетом погодных условий года и возможного капиллярного подпитывания во влажный год корнеобитаемого слоя почвы пресными грунтовыми водами.



## ЛИТЕРАТУРА

Авдоини Н. С. Богатство черноземных почв и их плодородие. М., 1935.

Агрохимическая характеристика почв СССР. Вып. 8. Казахстан и Челябинская область. М., «Наука», 1968.

Амантаев Е. А., Юсумбаев С. С., Жумабаев Р. Б. Динамика подвижных питательных веществ под озимой пшеницей на поливе в зависимости от предшественников. «Вестник с.-х. науки», 1970, № 2.

Антипов-Каратаев И. Н., Филиппова В. Н. Влияние длительного орошения на процессы почвообразования и плодородие почв степной полосы Европейской части СССР, М., 1955.

Болотина Н. И. Влияние орошения на питательный режим предкавказских черноземов. «Почвоведение», 1959, № 1.

Булахова П. С. Динамика азота в почве в зависимости от содержания междурядий садов. Тр. КазСХИ, т. 8. Серия агрономическая, Алма-Ата, 1960.

Бунтяков С. И. Изменение нитратов и фосфорной кислоты под культурными растениями. Журн. опыт. агрономии юго-востока, т. 5, вып. 1, 1927.

Важенин И. Г., Карасева Г. И. О формах калия в почве и калийном питании растений. «Почвоведение», 1959, № 3.

Гедройц К. К. Почвенные поглощенные катионы и поглощенный аммоний как источник азота для растений и действие его на почву. Труды НИУ, вып. 113, 1933.

Глазовская М. А. Почвы Занлийского Алатау и возможность их хозяйственного использования. Изв. Каз. фил. АН СССР. Серия почвенная, вып. 1—2, 1945.



Глинка К. Д. К вопросу о классификации Туркестанских почв. «Почвоведение», 1909, № 4.

Гпездилова Л. П. Динамика физических свойств, полевой влажности и элементов пищи лугово-сероземных почв. Автореф. канд. дисс., Алма-Ата, 1966.

Дашевский Л. И., Антонова Т. Н. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на эффективность азота и фосфора. Бюлл. Киргизского НИИ земледелия, № 3, Фрунзе, 1958.

Докучаев В. В. Русский чернозем. Изд. 2, М., Сельхозгиз, 1952.

Дубовик Л. Д. Формы калия в светло-каштановой почве в условиях поливного земледелия. «Вестник с.-х. науки», Алма-Ата, 1971, № 7.

Дурасов А. М. Черноземы Заилийского Алатау. «Почвоведение», 1960, № 5.

Жориков Е. А. Динамика питательных соединений в почве полей различного культурного состояния. Тр. Ср.-Аз. станции удоб., вып. 8. Серия научная, вып. 15. Ташкент, 1930.

Жуков М. С. Питательный режим почвы при различных способах орошения. «Земледелие», 1955, № 6.

Журбицкий З. И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. М., 1963.

Иванов П. К. Повышение плодородия черноземных и каштановых почв, М., Изд-во АН СССР, 1959.

Имангазиев К. И. Система удобрения растений свекловичного севооборота в орошаемом земледелии. Алма-Ата, 1956.

Костычев П. А. Почвы черноземной области, их происхождение, состав и свойства. М., 1949.

Кудрин С. А. Фосфор в сероземах. Изв. АН УзбССР 1947, № 1.

Любарская Л. С. Накопление и превращение фосфора в различных почвах. В сб.: «Удобрение и плодородие почв», М., 1966.

Пономарева А. Т. Фосфорный режим почв и фосфорные удобрения. Алма-Ата, «Кайнар», 1970.

Простаков П. Е. Агрономическая характеристика почв Северного Кавказа, т. 1. Водный режим и режим азотных соединений предкавказских черноземов в условиях сухого и орошаемого земледелия. М., Россельхозиздат, 1964.

Пчелкин В. У. Почвенный калий и калийные удобрения. М., «Колос», 1966.

Рубинштейн М. И., Отаров Г. О. О водном режиме богарных сероземов Южного Казахстана. «Почвоведение», 1964, № 4.

Симакин А. И. Агрохимическая характеристика черноземов Краснодарского края и приемы использования удобрения. Автореф. докт. дисс., Краснодар, 1966.

Синягин И. И. Состав и некоторые свойства органического вещества сероземов в связи с их культурным состоянием. Тр. КИЗа, вып. 1, Алма-Ата, 1939; Калий в почвах сероземной зоны. «Почвоведение», 1940, № 11.

Соколов А. В. Распределение питательных веществ в почве и урожай растений М.—Л., Изд-во АН СССР, 1947; Запасы и подвижность усвояемых веществ в почвах. В сб.: «Проблемы почвоведения», М., Изд-во АН СССР, 1962.

Тихова К. И., Адерихин П. Г. Динамика питательных веществ в почве и поглощение их кукурузой. «Почвоведение», 1959, № 3.

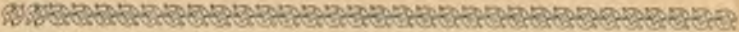
Францесон В. А. Черноземные почвы СССР. Избр. труды, М., 1963.

Чириков Ф. В. Агрохимия калия и фосфора. М., 1956.

Шмук А. А. Динамика режима питательных веществ в почве. Труды, т. 1, М., 1950.

Шулов И. С. Исследование в области физиологии питания растений. М., 1913.

Щусьев С. В. К вопросу о плодородии почвенных горизонтов. Журн. опыт. агрономии, т. 2, кн. 5, 1901.



## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Почвы Заилийского Алатау . . . . .	6
Краткий обзор условий почвообразования . . . . .	6
Особенности образования и распространения горных почв	8
Почвы и сельскохозяйственное их использование , . . .	17
Динамика питательных веществ в почвах . . . . .	40
Объекты и методика исследования . . . . .	40
Черноземы . . . . .	44
Каштановые почвы . . . . .	76
Сероземы . . . . .	112
Плодородие почв, эффективность удобрений и урожай расте- ний . . . . .	146
Литература . . . . .	187



ИБ № 87

*ТЛЕПБАЙ ТАЗАБЕКОВИЧ ТАЗАБЕКОВ*

**ПЛОДОРОДИЕ ГОРНЫХ И ПРЕДГОРНЫХ ПОЧВ**

Редактор **В. Г. Семькина**  
Художественный редактор **Б. Жапаров**  
Художник **С. Р. Харченко**  
Технический редактор **О. А. Иванова**  
Корректоры **О. В. Веретельникова, Р. Х. Арсланова**

Сдано в набор 21/X 1976 г. Подписано к печати 15/II 1977 г.  
Формат 84×108<sup>1/32</sup>. Объем в усл. печ. л. 10,1. Уч.-изд. л. 10,1.  
Бумага тип. № 2. УГ09732. Тираж 2200 экз. Цена 41 коп.

Издательство «Кайнар», 480009, г. Алма-Ата, Советская, 50.

Заказ № 1874. Фабрика книги производственного объединения полиграфических предприятий «Кітап» Государственного комитета Совета Министров Казахской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 480046, г. Алма-Ата, пр. Гагарина, 93.

**В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ „КАЙНАР“ В 1977 ГОДУ  
ВЫХОДЯТ СЛЕДУЮЩИЕ КНИГИ:**

**Коллектив авторов. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ СЕВЕРНОГО  
КАЗАХСТАНА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ.** 10 п. л., 46 коп.

В книге освещаются вопросы потенциального и эффективного плодородия почв, условий минерального питания зерновых культур и эффективности удобрений в зависимости от особенностей их использования — места в севообороте, доз, сроков и способов внесения, сочетаний и т. д. Вскрыты дополнительные резервы повышения урожайности и улучшения качества зерновых культур за счет применения соломы, химических мелиорантов, ретардантов, биологических средств борьбы с корневыми гнилями.

Книга рассчитана на агрохимиков, почвоведов, агрономов, преподавателей и студентов агрономических факультетов вузов и техникумов, научных сотрудников институтов, опытных станций и зональных агрохимических лабораторий.

**Ю. В. Федорин. ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ПРЕДГОРНЫХ РАВ-  
НИН КАЗАХСТАНА.** 10 п. л., 40 коп.

В книге раскрываются различные качества земель важного в хозяйственном отношении региона — предгорных равнин Казахстана. Рассмотрены материалы по освоению и окультуриванию почв, даются рекомендации по повышению их плодородия. Приводятся районирование рассматриваемой территории и прогноз увеличения площади орошаемых земель.

Книга предназначена для работников областных и районных управлений сельского хозяйства, руководителей и специалистов совхозов и колхозов.