

РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
Томский отдел
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ
СИБИРИ

Выпуск 25

Томск
2003

С.П. Кулижский

ЭРОДИРОВАННЫЕ ПОЧВЫ БЕЙСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

В Республике Хакасия главные массивы эродированных земель сосредоточены в междуречье Абакана и Енисея на территории Бейского района, где их площади определяются в 60–70 тыс. гектаров. Интенсивность эрозионного процесса достигает здесь максимума, поэтому для решения проблем, связанных с эрозией, необходимы всесторонние знания о почвах, их свойствах и взаимосвязях. Именно этому и посвящена данная работа

По почвенно-географическому районированию территория Бейского района приурочена к Иудино-Бейскому предгорно-степному району Почвенный покров хозяйств крайне неоднороден. Разнообразие почв обусловлено особенностями рельефа, почвообразующих и подстилающих пород, степенью выраженности эрозионных процессов

Общий рельеф местности холмисто-равнинный Наиболее выровненные участки характерны для центральной части Бейского района Равнинные участки отделены друг от друга моноклинальными куэстовыми грядами с резко асимметричными склонами и широкими плоскими ложбинами между грядами

Среди горных пород широко распространены красноцветные сланцы и песчаники девона и карбона, прикрытые тонким плащом третичных солоносных глин, делювиальных и аллювиальных отложений более позднего времени. Чернозёмы обыкновенные и выщелоченные сформировались на элювиально-делювиальных и красноцветных девонских отложениях. Чернозёмы южные повышенных участков сформированы на элювии красноцветных пород, а равнинных массивов – на делювиальных лессовидных суглинках и элювиально-делювиальных отложениях.

Степной пояс характеризуется господством растительности настоящих и луговых степей. Сухие степи приурочены к террасам и придолинным пониженным участкам рек Абакан и Енисей Наиболее характерными ассоциациями являются ковыльно-типчачковая, полынно-ковыльная и четырёхзлаковая степи Настоящие степи, составляя основной фон растительности, развиты на почвах каштанового и чернозёмного типов

Луговые степи распространены преимущественно по северным склонам и часто имеют вторичное послеледное происхождение, на севере они переходят на плакоры, что говорит о принадлежности северной окраины округа к другой подзоне На юге значительные участки пологих склонов занимают мелкодерновинные степи с основой травостоя из типчака, тонконога, змеевки, степных мятликов и ковыля обманчивого Под луговыми степями формируются выщелоченные и обыкновенные чернозёмы, в которых ведущим является дерновый процесс. Большие площади сте-

пей распаханы, и, в основном, степная растительность осталась по склонам, занимающая 30% общей площади.

В пределах района зональные крупнодерновинные степи с эдификаторами ковылём-волосатиком и овсецом пустынным, располагающиеся на местообитаниях, близких к плакорам, и занимающие 14% площади округа. На севере они переходят на южные крутые склоны и отмечаются более редко. Специфической группировкой для этой территории является степь с господством типчака енисейского, располагающаяся в более мезофильных условиях, по сравнению с другими фитоценозами мелкодерновинных степей.

Климат исследуемой территории резко континентальный с высокими летними температурами, малой облачностью, малым количеством осадков и быстрыми переходами от тёплого к холодному и от холодного к теплому времени года. По направлению к Саянам климат сухой степи быстро сменяется влажным климатом предгорий и низкогорий. Неустойчивый снежный покров степных районов сменяется мощным покровом в предгорьях и низкогорьях Саян, что приводит к резкому ослаблению мерзлотных явлений и усилению эрозионной работы талых вод. В Абаканской котловине наблюдается застой воздушных масс. Летом это приводит к более быстрому нагреванию воздуха, и, следовательно, к повышению дневных температур и среднего количества летних дней.

Анализ климатических данных выявляет ряд характерных черт, способствующих водной и ветровой эрозии. Малоснежные зимы, легкое передувание сухого снега с почвой зимними метелями с возникновением местами чёрных бурь, глубокое промерзание почвы зимой и медленное её оттаивание весной со сбросом небольших талых вод, ветреная сухая весна с частыми возвратами холодов, резкий разрыв в наступлении физической и микробиологической спелости почв, апрельско-июньский минимум в выпадении осадков, резкое увеличение скорости ветра и максимум пыльных бурь до установления зелёного защитного покрова (более 50% их приходится на этот период), июльско-августовский максимум осадков и температур с бурным развитием биологических процессов, с выпадением осадков в виде коротких, но интенсивных ливней, после короткого лета быстрый спад температуры с первыми осенними заморозками в сентябре, а иногда и в конце августа, с морозящими затяжными дождями, сильно затрудняющими уборку урожая, – все эти особенности климата, если их только не учитывать в системе сельскохозяйственного использования территории, становятся факторами активного развития водной и, особенно, ветровой эрозии почв.

Таким образом, специфические особенности климата, геологического строения и рельефа таят в себе свойства, которые, при известных условиях, благоприятствуют эрозионным процессам. Хозяйственная деятельность человека при иррациональном проявлении нарушает устоявшееся природное равновесие и приводит к резкому обострению эрозионного процесса.

Наряду с ветровой, проявляется и водная эрозия, которая местами резко обостряется в результате иррациональной обработки почвы. Одним из главных факторов, опре-

деляющих противодефляционную стойкость почвы, является гранулометрический состав. Лёгким почвам не хватает цементирующего материала (ила и мелкой пыли) для формирования достаточно крупных и механически прочных структурных отдельных частей. В тяжелых по гранулометрическому составу почвах цементирующего материала достаточно, однако эти почвы, в силу своего генезиса, характеризуются относительно пористой мелкокомковатой или комковато-зернистой структурой, имеющей низкую противодефляционную стойкость. При прочих равных условиях наиболее устойчивыми оказались почвы с содержанием ила 27% и с максимально возможным содержанием пыли. Увеличение содержания ила сверх 27% сопровождалось увеличением подверженности почв ветровой эрозии. Вовлечение в пашню склоновых земель значительно ускорило темпы эрозии и трансформацию почв в эродированные.

Развитие эрозионных процессов имеет своим следствием образование комплекса смытых и намывных (в случае водной эрозии) и свеянных и навеванных (в случае ветровой эрозии) почв. Отличаются они от «нормальных» почв рядом свойств, которые требуют учёта при их хозяйственном использовании и изучении.

Изменения почв под действием эрозии достаточно ярко отражаются на их морфологии. Характерным для эродированных почв является сокращение мощности профиля, уменьшение залегания границ между генетическими горизонтами, приближение к дневной поверхности горизонтов залегания карбонатов. Происходит изменение окраски пахотного слоя, который зависит от степени эродированности почвы и её генетической принадлежности. С увеличением степени смытости пашня приобретает буроватый цвет (среднесмытые почвы), а затем бурый (сильносмытые).

Эрозионные процессы оказали влияние на водные свойства выщелоченных и обыкновенных чернозёмов, при этом отмечается снижение максимальной гигроскопичности и влажности завядания. Несмытые чернозёмы обладают хорошей водоудерживающей способностью и имеют значительный диапазон активной влаги, равный 200 мм в метровом слое почвы. Водоудерживающая способность эродированных чернозёмов значительно ниже полнопрофильных. Запасы продуктивной влаги в метровом слое среднесмытого выщелоченного чернозёма составляют около 80% от запасов в несмытом. Величина влажности разрыва капилляров для несмытых чернозёмов равна 100–110 мм в метровом слое, а в среднесмытых – 80–90 мм, что является нижним пределом оптимальной влажности.

Смытые почвы отличаются повышенным содержанием песка (гранулометрических элементов крупнее 0,05 мм). Для них характерно снижение водопропускной способности, увеличение плотности почвы и плотности твёрдой фазы, уменьшение общей пористости и некапиллярной скважности. Это приводит к уменьшению водопропускности и общей влагоёмкости, а также к ухудшению аэрации.

Со смывом более гумусированных верхних почвенных горизонтов повышается плотность сложения и плотность твёрдой фазы эродированных почв, что влечет за собой уменьшение, в свою очередь, пористости на 4–5%.

Эродированные почвы характеризуются пониженной биологической продуктивностью. В результате ухудшения морфологических и водно-физических свойств,

на эродированных почвах района складываются менее благоприятные условия для развития растений.

Указанные неблагоприятные изменения в свойствах эродированных почв приводят к ухудшению их питательного режима, снижению урожая и его качества. Подсчитано, что, в среднем, на слабосмытых почвах недобор урожая составляет 10–20%, на среднесмытых – 40–60, а на сильносмытых – 80% и более.

Расташка почв в Хакасии часто сопровождалась неблагоприятными последствиями, в частности, усилением эрозонных и дефляционных процессов. В степной части эрозия пахотных почв вызывается кратковременными, но интенсивными явными дождями, выпадающими в июле – августе.

Для продуктивного использования эродированных почв и правильного подхода к их окультуриванию большое внимание должно уделяться изучению свойств, установлению степени эродированности. В связи с этим предпринята попытка, используя данные, полученные для эродированных чернозёмов Бейского района, изучить изменение физико-химических свойств в подтипах обыкновенных, выщелоченных и южных чернозёмов.

Для чернозёмов обыкновенных характерна мощность гумусового горизонта 27–30 см, н, как результат эрозии, этот подтип, в целом, является маломощным и малогумусным. Содержание гумуса в горизонте А колеблется от 5,0 до 6,2% у малогумусных маломощных, от 5,6 до 6,4% у малогумусных среднемощных и от 7,5 до 12% у среднемощных обыкновенных чернозёмов. У среднемощных чернозёмов происходит постепенное уменьшение количества гумуса с глубиной, а у маломощных – резкое. Ёмкость поглощения в горизонте А – 20–25 мг-экв/100 г у легкосуглинистых, у тяжелосуглинистых и глинистых – 45–51 мг-экв/100 г. Ёмкость поглощения по профилю изменяется более плавно, чем гумус, и убывает постепенно. Соотношение Са и Mg в горизонте А колеблется от 3,9 до 4,2, а к материнской породе сужается до 3. Следовательно, наблюдается биологическое накопление.

Южные чернозёмы обладают мощностью гумусового горизонта 18–28 см. Содержание гумуса у них в горизонте А колеблется от 2,8 до 3,4% у малогумусных маломощных и от 3,4 до 4% у малогумусных среднемощных. Реакция среды – щелочная (в почвообразующей породе увеличивается до 8,7). Ёмкость поглощения в горизонте А колеблется от 20 до 23 мг-экв/100 г почвы. В южных чернозёмах специфической особенностью является более узкое отношение Са и Mg. Обеспеченность подвижными формами фосфора низкая – 1–2, калия – средняя 13–18 мг-экв/100 г. Южные чернозёмы по гранулометрическому составу в большинстве случаев являются тяжелосуглинистыми и глинистыми. Щелочная среда и природа почвенного раствора оказывают существенное влияние на слабое структурное состояние южных чернозёмов, т.к. они менее оструктурены, обладают неблагоприятными водно-физическими свойствами.

Выщелоченные чернозёмы отличаются от других подтипов по значениям средних показателей почв. Мощность гумусового горизонта (А+В) составляет 40–54 см при содержании гумуса в горизонте А – 9% (в тучных) и 6,7–7,5% (в среднегумусных),

которое постепенно понижается по профилю. Ёмкость катонного обмена колеблется от 34 мг экв /100 г в горизонте А до 22 мг экв /100 г в горизонте В. Отношение Са к Mg составляет 2,6–5,5. Реакция среды в верхних горизонтах близка к нейтральной – 6,4–6,6, в нижних горизонтах – щелочная – 8,3–8,5. По гранулометрическому составу чернозёмы выщелоченные – средне- и тяжелосуглинистые. Обеспеченность подвижными формами фосфора низкая и средняя – 3–7,2, калия – средняя – 7,5–10,7 мг-экв/100 г. Данным подтипам чернозёмных почв свойственно значительное непостоянство в отношении интенсивности проявления эродированных процессов, вызванных совместным разрушающим действием воды и ветра. В силу рельефных условий, распаханности, большой пастбищной нагрузки значительная часть почв подвергается водной эрозии, а оголенная поверхность легко поддается дефляции.

В дальнейшем был проведен однофакторный дисперсионный анализ (ОДА) для изучения влияния степени эрозии на почвенные характеристики.

Средние значения содержания гумуса уменьшаются с увеличением степени эродированности. В незэродированных обыкновенных чернозёмах содержание гумуса в верхнем горизонте равно 5,3%, уменьшаясь до 1% в сильно эродированных, при F-критерии, равном 19,8, что говорит о тесной связи содержания гумуса с фактором «эрозия». Резкое снижение гумусированности в пахотном слое средне- и сильно эродированных почв объясняется постепенным включением в этот слой глеежележащих горизонтов с незначительной концентрацией органического вещества. Достоверное снижение содержания гумуса в пахотном слое эродированных почв также связано с выносом из верхнего слоя почвы частиц, характеризующихся высоким содержанием предиллюстой и илистой фракций и биогенных компонентов. Оставшаяся часть твёрдой фазы почвы имеет более грубый гранулометрический состав.

В подтипе выщелоченных и южных чернозёмов средние значения содержания гумуса уменьшаются с увеличением степени эродированности – от 5 до 0,8% в выщелоченных и от 2,3 до 0,6% в южных, но разность между степенями незначительная, что подтверждает метод линейных контрастов.

Исследовав зависимость содержания средних значений магния от фактора «эрозия», мы получили, что содержание магния уменьшается с увеличением степени эродированности в обыкновенных чернозёмах от 6% в незэродированных до 2,8% в сильно эродированных; в выщелоченных – от 6,5 до 3%; в южных – от 2,3 до 0,7%, соответственно. В выщелоченных и южных чернозёмах разность между степенью эродированности и содержанием магния незначительная, и не обнаружено достоверного влияния данного показателя на фактор. В обыкновенных чернозёмах наблюдается достоверное различие между генеральными средними по признаку «содержание магния», и происходит чёткое разделение почв по степени эродированности.

Исследование ёмкости катонного обмена показало наличие сильной связи её с изучаемым фактором. По всем подтипам чернозёмов обнаружено достоверное различие между генеральными средними, что и привело к отклонению основной гипотезы о равенстве средних. По показателю «ёмкость катонного обмена» происходит чёткое разделение чернозёмов по степени эродированности, в незэродированных

обыкновенных чернозёмах ёмкость катионного обмена в верхних горизонтах равна 37,6 мг-экв/100 г почвы, снижаясь в сильно эродированных до 13,6 мг экв Эрозия оказывает влияние не только на достоверное изменение в значениях средних величин по изменению свойств, но и на их вариабельность.

Аналогичная картина наблюдается в выщелоченных чернозёмах, где значение этого показателя изменяется, в зависимости от степени эродированности, от 30 – в эталоне до 13,7 мг-экв/100 г почвы в сильно эродированной почве, и в южных чернозёмах – от 23 до 8,5 мг-экв/100 г.

Содержание в чернозёмах Бейского района подвижного фосфора зависит от состава материнской породы и степени эродированности. Среди незэродированных почв самое низкое содержание фосфора в гумусовом горизонте отмечается у обыкновенных чернозёмов – до 3%, южных чернозёмов – 3–4%. Для выщелоченных чернозёмов характерно более высокое содержание фосфора – 5–6%. По результатам ОДА по всем изученным почвам отмечается уменьшение содержания подвижного фосфора с увеличением эродированности. На сильно эродированных почвах содержание подвижного фосфора в 3 и более раз меньше, чем в эталонных аналогах. В подтипе южных чернозёмов F-критерий равен 16, что говорит о сильной связи содержания подвижного фосфора и степени эродированности.

Калий в той же мере необходим для питания растений, как фосфор. Содержание калия в почве колеблется в больших пределах и зависит, главным образом, от состава почвообразующих пород и гранулометрического состава почвы. В исследованных почвах содержание калия увеличивается от выщелоченных чернозёмов к южным, далее к наиболее обеспеченным обыкновенным чернозёмам. В обыкновенных чернозёмах F-критерий имеет значение 19,8, что говорит о тесной связи содержания калия с фактором «эрозия». В средние и сильно эродированных обыкновенных чернозёмах количество калия в 2 и более раз меньше, чем в незэродированных. В подтипе выщелоченных и южных чернозёмов средние значения содержания калия уменьшаются с увеличением степени эродированности – от 6 до 5,7 мг экв в выщелоченных и от 15 до 14,6 мг экв. в южных, но разность между степенями незначительная. Это подтверждает метод линейных контрастов.

Говоря о гранулометрическом составе, нужно отметить, что наблюдается наиболее сильная связь между степенью эродированности и показателем содержания фракций физической глины в южных чернозёмах, что объясняется более интенсивным их использованием в сельском хозяйстве, как наиболее плодородных, в результате чего в районе на сегодняшний день все целинные южные чернозёмы распашаны. Средние значения содержания фракций физической глины уменьшаются с увеличением степени эродированности от 35,5% в слабо эродированных до 14,5% в сильно эродированных. В обыкновенных и выщелоченных чернозёмах средние значения показателя содержания фракций физической глины изменяются в меньшей степени – от 40% в незэродированных до 27% в сильно эродированных. В целом по подтипам, по изученному показателю происходит чёткое разделение чернозёмов по степени эродированности.

Для сравнительного анализа связи между изучаемыми признаками использован коэффициент рангов Спирмена, т к переменные распределены отлично от нормального, и мы применяем непараметрические показатели связи. Корреляционный анализ проведён отдельно по подтипам почв в зависимости от степени эродированности. В общей сложности проведено 450 сравнений переменных, из них для 290 сравнений коэффициенты корреляции достоверны.

Полученные коэффициенты парной корреляции и составленные уравнения регрессии потерь элементов плодородия в зависимости от физических и химических свойств эродированных чернозёмов позволяют установить некоторые количественные закономерности (таблица).

Из корреляционных матриц для основных свойств следует, что с увеличением степени эрозии наблюдается уменьшение содержания гумуса ($r = -0,91$), кальция ($r = -0,76$), магния ($r = -0,68$), также значительно обедняется верхний гумусовый горизонт элементами питания – фосфором и калием ($r = -0,54$ и $r = -0,67$). Снижаются значения ёмкости поглощения ($r = -0,83$). У данных признаков наблюдается сильная отрицательная связь, как и между содержанием гумуса и глубиной горизонта наблюдается линейная зависимость ($r = -0,89$). Обнаружено, что с увеличением эродированности эта связь лишь усиливается, что говорит о деградирующем действии эрозивного процесса на почвы. Это подтверждают уравнения зависимости между гумусом и ёмкостью поглощения, между кальцием и магнием.

Корреляционная зависимость между физическими и химическими свойствами чернозёмов и количеством выноса питательных веществ при эрозии, %

Выносимые питательные вещества у	Факторальные признаки x	Уравнение парной регрессии	Коэффициент корреляции
Обыкновенные чернозёмы			
Гумус	Ёмкость поглощения	$Y = -3,5 + 0,12x$	0,91
	Глубина горизонта	$Y = 5,33 - 0,13x$	-0,89
Кальций	Содержание магния	$Y = 1,35 + 3,27x$	0,71
	Ёмкость поглощения	$Y = -3,14 + 0,87x$	0,97
Фракция физической глины	Физический песок	$Y = 18,16 + 1,09x$	0,82
Выщелоченные чернозёмы			
Гумус	Ёмкость поглощения	$Y = -0,29 + 0,07x$	0,97
	Глубина горизонта	$Y = 0,84 - 0,01x$	-0,99
Кальций	Содержание магния	$Y = -0,38 + 3,42x$	0,43
	Ёмкость поглощения	$Y = -3,43 + 0,69x$	0,73
Фракция физической глины	Физический песок	$Y = 6,61 + 1,26x$	0,96
Южные чернозёмы			
Гумус	Ёмкость поглощения	$Y = -0,48 + 0,13x$	0,99
	Глубина горизонта	$Y = 0,95 - 0,01x$	-0,99
Кальций	Содержание магния	$Y = -4,38 + 6,11x$	0,77
	Ёмкость поглощения	$Y = -1,19 + 0,86x$	0,99
Фракция физической глины	Физический песок	$Y = -1,54 + 4,65x$	0,8

Процесс дефляции подчиняется закону зональности ландшафтов и в большей степени определяется соотношением фракций твердой фазы почвенного покрова. Чем суше климат природной зоны, тем активнее проявляется дефляция, тем легче гранулометрический состав развеваемых почв, тем сильнее подвергается золотой переработке поверхностный слой почвы, тем интенсивнее происходит отчуждение элементов плодородия. Коэффициент корреляции, равный 0,83, свидетельствует о тесной связи потерь частиц физической глины с фракцией физического песка. Зависимость между количеством физической глины (y) и физическим песком (x) выражается уравнением регрессии, представленном в таблице

Уравнение регрессии имеет линейную зависимость, что говорит о равномерном уменьшении содержания данных фракций с усилением эродированности. Физическая глина является исходным материалом в создании почвенных агрегатов. Чем сильнее диспергирована почва, тем больше мелких фракций в пахотном горизонте, тем легче отчуждается мелкозём, а вместе с ним и элементы плодородия - гумус, калий, фосфор.

Можно отметить усиление связи между кальцием и магнием ($r = 0,88$), фракцией физической глины и подвижным калием ($r = 0,66$) с увеличением степени эродированности. Сильная отрицательная связь наблюдается между признаками содержание гумуса и глубина горизонта ($r = -0,99$); щёлочность и содержание подвижного фосфора ($r = -0,87$); фракция физического песка и содержание гумуса ($r = -0,74$), ёмкость поглощения ($r = -0,83$). В выщелоченных чернозёмах связь между физико-химическими свойствами ярко выражена в сильно эродированных образцах, что является подтверждением того, что действие эрозии губительно для чернозёмов, и те участки, которые наиболее пострадали, списываются из разряда пашни, как непригодные.

В южных чернозёмах отчуждение фосфора происходит, в основном, с мелкозёмом, удаляемым с поля в виде поёма, резкого уменьшения фосфорных соединений при перевенении поверхностного слоя почвы не происходит. Значительное количество калия связано с почвенными коллоидами адсорбционными силами, и механическое воздействие ветра легко разрушает такие слабые связи. Кроме того, содержание калия в отдельных фракциях почв возрастает с дисперсностью частиц, и по этим причинам много усвояемого калия увлечется вместе с легко уносимой илстой фракцией. Коэффициент корреляции между потерей калия и физической глиной составляет 0,77.

Подводя итоги изучения влияния эрозионных процессов на чернозёмы Бейского района, следует констатировать, что почвы претерпели значительные изменения вследствие того, что современные процессы эрозии и дефляции вызывают быструю трансформацию почвенного покрова. Всесторонний учет сочетаний природных и хозяйственных факторов, от которых зависит проявление той или иной деградации почв, позволит разработать наиболее эффективные почвозащитные меры и тем самым улучшить процесс землепользования в земледельческой зоне Республики Хакасия, как наиболее агрохозяйственно ценной.