

УДК 546.791:631.4

ДЕЙСТВИЕ МАЛЫХ ДОЗ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ДАГЕСТАНА

© Т.А. Асварова

Ключевые слова: ферменты; почва; доза; гамма-излучение; радионуклиды.

Приведены данные радиэкологических исследований по оценке влияния малых доз ионизирующего излучения на ферментативную активность на участках Дербентского района на территории Приморской низменности. Установлено, что каталаза, дегидрогеназа, инвертаза устойчивы к воздействию дозы гамма-излучения 25–30 мкР/ч. Дозы в пределах от 35 до 60 мкР/ч оказывают ингибирующее действие на показатели активности ферментов в солончаке луговом.

Изучение хронического воздействия малых и ультрамалых доз ионизирующей радиации, вызванных естественными и искусственными радионуклидами на человека и среду его обитания, является одной из основных проблем современной радиэкологии.

Изменения биологических свойств почв юга России на территории Ростовской области, Северо-Западного и Центрального Кавказа под влиянием различных факторов техногенного загрязнения (нефтепродукты, тяжелые металлы, ионизирующее и неионизирующее излучения и др.) отмечены в ряде работ [1–4].

Экологическая значимость ионизирующего излучения, относящаяся к наиболее опасным антропогенным факторам, все больше возрастает в современном мире и становится предметом особого изучения.

В течение ряда лет нами проводились исследования по изучению влияния малых доз (доз близких к естественному фону) ионизирующего излучения на микроорганизмы, растения, почвенные животные на участках Дербентского района на территории Приморской низменности [5].

Вопрос изучения последствий хронического действия малых доз ионизирующего излучения на почвенные ферменты в аспекте биодиагностики и биомониторинга почвенного покрова на территории Дагестана остается не изученным.

Цель данной работы – изучить влияние повышенного естественного радиационного γ -фона на ферментативную активность в почвах на территории Приморской низменности.

Для достижения данной цели проведены исследования по действию различных доз гамма-излучения на активность ферментов в почвах на участках старых заброшенных буровых скважин Дузлакского и Берикевского газонефтяных месторождений на территории Приморской низменности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Гамма-съемка почвенно-растительного покрова выполнена с помощью поискового дозиметра СРП-68-01 и дозиметра МКС-10Д.

Содержание ^{226}Ra и ^{232}Th определяли гамма-спектрометрическим методом на установке на базе детектора сцинтилляционного монокристалла NaI (ТТ). Содержание ^{238}U и ^{232}Th определяли радиохимическим методом с помощью ионно-обменных колонок с анионитом ЭДЭ-10П, и последующим колориметрированием с арсеназо III на «Specol» $\lambda = 670$ нм [6].

Определение активности ферментов каталазы и дегидрогеназы проведено по методу А.Ш. Галстяна, инвертазы – по модифицированному колориметрическому методу Ф.Х. Хазиева [3].

Колориметрирование полученных в результате химических анализов окрашенных растворов дегидрогеназы и инвертазы проводили на спектрофотометре КФК-2МП, соответственно, при длине волны $\lambda = 540$ нм и $\lambda = 670$ нм. Ошибка анализа для каталазы и дегидрогеназы не превышала 10 %, а для инвертазы 40 %. Анализ одной пробы проводили в 3–5 повторностях.

Агрохимические показатели почв и статистическая обработка результатов исследований проведены общепринятыми методами [7–8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На территории Приморской низменности естественные выходы термальных подземных минерализованных вод верхнемеловых отложений связаны с глубинными разломами, они гидрогеологически взаимосвязаны и представляют единый высоконапорный водоносный горизонт трещинно-пластовых вод [9]. Рассолы газонефтяных месторождений Южного Дагестана: Берикей, Дузлака, Дагестанских Огней, приуроченных к толще мезозойских отложений, относятся к хлоркальциевому типу.

Для солончаковых почв на участках Дузлак, Юный пахарь, Берикей (с. Сигляр) характерна слабая дифференциация профиля, высокая степень засоления, увеличение глубины залегания минерализованных грунтовых вод. По характеру засоления солончаки относятся к хлоридно-сульфатному типу. Содержание гумуса в пределах 1–1,7 %. Растительность представлена ячме-

нем заячьим, солянкой древовидной, петросимонией супротиволистной, петросимонией трехтычинковой, резушкой низкой и др.

В табл. 1 даны показатели химических свойств солончаковой почвы на участках Дузлак и Юный пахарь Дербентского района.

Исследования природного γ -излучения почвенно-растительного покрова на участках Дузлак, Юный пахарь и Берикей (с. Сигляр) Дербентского района показали высокие колебания значений мощности доз гамма-излучения, сформированного за счет повышенного содержания ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{238}U в почвах вследствие разлива на поверхность почв подземных пластовых вод старых заброшенных скважин газонефтяных месторождений. Средние концентрации радионуклидов в солончаковой почве Дузлака составляют в среднем $^{232}\text{Th} - 12,3 \cdot 10^{-4} \%$, $\text{Ra}^{226} - 1,58 \cdot 10^{-10} \text{ г/кг}$, $^{238}\text{U} - 5,8 \cdot 10^{-4} \%$, эти значения выше кларковых величин $^{232}\text{Th} - 8 \cdot 10^{-4} 10 \%$, ^{226}Ra , дочерний изотоп ^{238}U , кларк $2,10^{-11} \%$, и $^{238}\text{U} - 3 \cdot 10^{-4} \%$ в земной коре. Эти дозообразующие тяжелых естественных радионуклидов (ТЕРН) ^{232}Th , Ra^{226} , ^{238}U и создают повышенный природный гамма-фон на изучаемых участках. Средняя мощность дозы γ -излучения равна 10 мкР/ч.

На повышенные концентрации ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra в пластовых водах, формирующиеся в результате длительного поступления на земную поверхность в процессе бурения и эксплуатации скважин некоторых нефтяных и газовых месторождений, приводящие к радиоактивному загрязнению почв, указывают работы ряда авторов [10].

Гамма-активность почв на участках Дузлак и Юный пахарь местами более чем в 20 раз выше и превышает местный фон. Колебания мощности доз γ -излучения почвенно-растительного покрова участка Дузлак составляют от 15 до 60 мкР/ч. Значения γ -фона 500 мкР/ч и выше в виде отдельных пятен, отмечены вблизи источника на бугре и образовавшейся на склоне бугра канавки с водой, постоянно изливающейся из заброшенной буровой скважины. С удалением от источника даже на 5–10 м уровень γ -излучения резко уменьшается до 50 мкР/ч и ниже, достигая фоновых значений. Обнаружена зависимость между интенсивностью излучения и расстоянием от скважины.

Эти данные совпадают со значениями измерений γ -фона на территории Приморской низменности, полученными А.А. Бабаевым [9].

На участке Юный пахарь уровень γ -фона колеблет-

ся от 9 до 35 мкР/ч, эти данные совпадают со значениями измерений γ -фона.

Значения величин γ -фона почвенно-растительного покрова на исследованных участках неравномерны. Уровень γ -излучения на опытных участках превышает его уровень на контрольных участках в 2–4 раза и обусловлен в основном повышенным содержанием ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U .

Изучение влияния дозовой нагрузки γ -излучения и физико-химических свойств на почвенные ферменты проводили на контрольном и 3-х опытных (варианты – фоновый уровень мощности дозы γ -излучения) участках района Дузлак и Юный пахарь (табл. 2, рис. 1).

Из табл. 2 видно, что пределы колебаний активности фермента каталазы составляют от 2,5 до 7,4 мл $\text{O}_2/\text{г}$, дегидрогеназы от 2,7 до 6,2 мг ТФФ/10 г/24 ч, инвертазы от 3,6 до 33 мг глюкозы/1 г/24 ч в солончаковой почве на изученных участках.

Инвертазная активность отличается значительным варьированием. Высокое варьирование активности инвертазы отмечали различные авторы при исследовании влияния антропогенных факторов: сельскохозяйственного использования, загрязнения тяжелыми металлами, гидроморфизма, СВЧ-излучения [2, 4].

При оценке биологической активности по предложенной сравнительной шкале [3] исследованная солончаковая почва характеризуется как бедная и среднеобогатенная ферментами, ее дегидрогеназная и инвертазная активность оценивается как слабая и средняя.

Фоновый уровень мощности малых доз γ -излучения в варианте 1 (25–30 мкР/ч) оказывает отрицательное (ингибирующее) воздействие на активность каталазы – 6,5 O_2 мл $\text{O}_2/\text{г}$ за 1 мин. и дегидрогеназы – 4,5 мг ТФФ на 10 г за 24 часа в солончаке на участке Дузлак по сравнению с данными на контрольном участке (10–15 мкР/ч), соответственно 7,4 O_2 мл/г за 1 мин. и 6,2 мг ТФФ на 10 г за 24 часа. При повышении доз в варианте 2 (35–45 мкР/ч) и в варианте 3 (50–60 мкР/ч) на участке происходит резкое снижение активности каталазы и дегидрогеназы по сравнению с контролем. Активность каталазы в варианте 3 (50–60 мкР/ч) ниже контроля в 3 раза, дегидрогеназы в 2 раза. Такая же закономерность наблюдается в солончаке участка Юный пахарь (табл. 2, рис. 1).

Обнаружено, что дегидрогеназа более чувствительна, чем каталаза. По степени устойчивости к воздействию γ -излучения ферменты образовали следующий по убыванию ряд: каталаза > дегидрогеназа > инвертаза.

Таблица 1

Химические свойства солончака (0–15 см) на участках Дербентского района

Варианты, от скважины, м	γ -фон, мкР/ч	Гигр. влага	Гумус, %	pH	CO_2 карбонатов, %
Дузлак, контроль, 50	10–15	17,2	1,69	7,2	7,24
Вариант 1, 15	25–30	15,4	1,55	8,4	905
Вариант 2, 10	35–45	18,7	1,67	8,0	8,15
Вариант 3, 5	50–60	13,3	1,08	8,6	9,96
Юный пахарь, контроль, 60	9–13	22,9	1,53	8,2	8,15
Вариант 1, 25	20–25	27,3	1,69	8,5	11,7
Вариант 2, 20	25–30	28,5	1,42	7,3	6,34
Вариант 3, 10	30–35	26,7	1,02	8,6	17,2

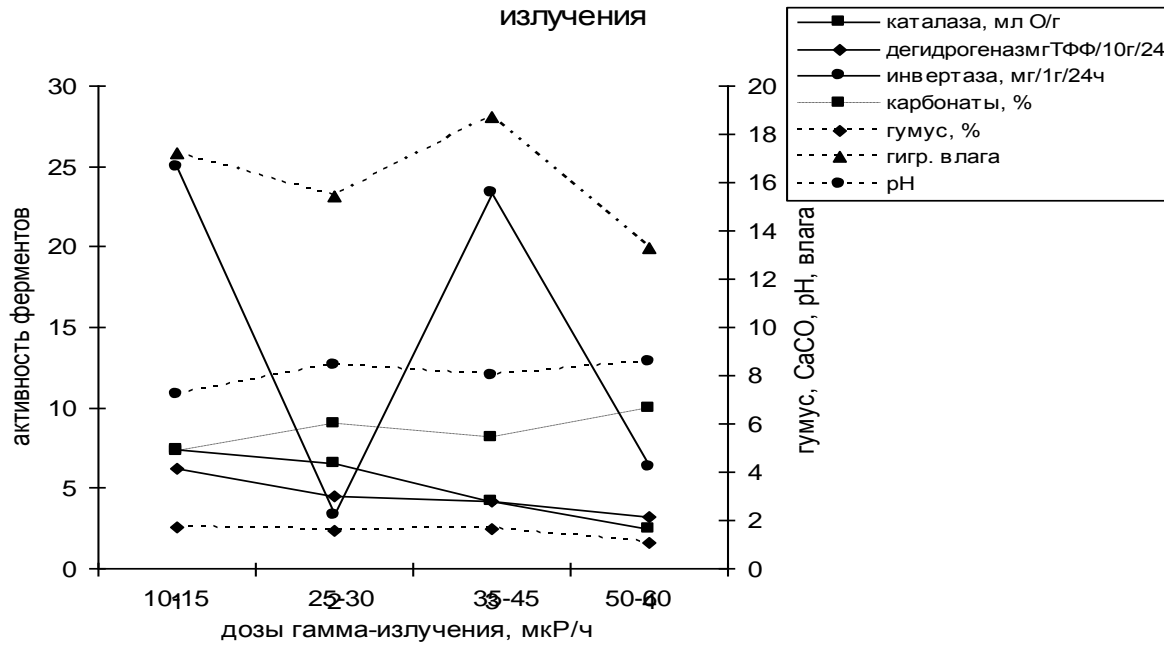


Рис. 1. Активность ферментов в зависимости от дозы гамма-излучения

Таблица 2

Изменение активности ферментов от дозы γ -излучения и хранения почвенных образцов в воздушно-сухом состоянии на участках Дербентского района

γ -фон, мкР/ч	Каталаза, мл О ₂ /г		Дегидрогеназа, мг ТФФ/10 г/24ч		Инвертаза, мг глюкозы/1 г/24 ч	
	2,5 мес.	2 года	2,5 мес.	2 года	2,5 мес.	2 года
Дузлак						
10–15 контроль	7,4 ± 0,24	7,3 ± 0,19	6,2 ± 0,3	4,6 ± 0,26	33,0 ± 2,74	5,0 ± 0,7
25–30	6,5 ± 0,2	7,8 ± 0,23	4,5 ± 0,52	8,3 ± 0,27	3,3 ± 5,46	4,5 ± 0,86
35–45	4,2 ± 0,23	3,0 ± 0,3	4,2 ± 0,2	7,5 ± 0,3	23,4 ± 2,34	4,2 ± 0,64
50–60	2,5 ± 0,21	2,5 ± 0,29	3,2 ± 0,25	4,1 ± 0,2	6,3 ± 3,21	3,2 ± 0,73
Юный пахарь						
9–13 контроль	5,0 ± 0,27	4,5 ± 0,3	5,7 ± 0,11	5,4 ± 0,3	3,6 ± 4,2	5,1 ± 0,89
20–25	5,0 ± 0,26	2,1 ± 0,33	5,1 ± 0,2	7,5 ± 0,32	3,6 ± 2,7	5,1 ± 0,7
25–30	4,0 ± 0,27	2,7 ± 0,21	3,9 ± 0,19	2,0 ± 0,27	5,7 ± 4,37	3,9 ± 0,9
30–35	3,6 ± 0,24	1,5 ± 0,24	2,7 ± 0,23	2,5 ± 0,3	4,0 ± 3,7	3,1 ± 0,9

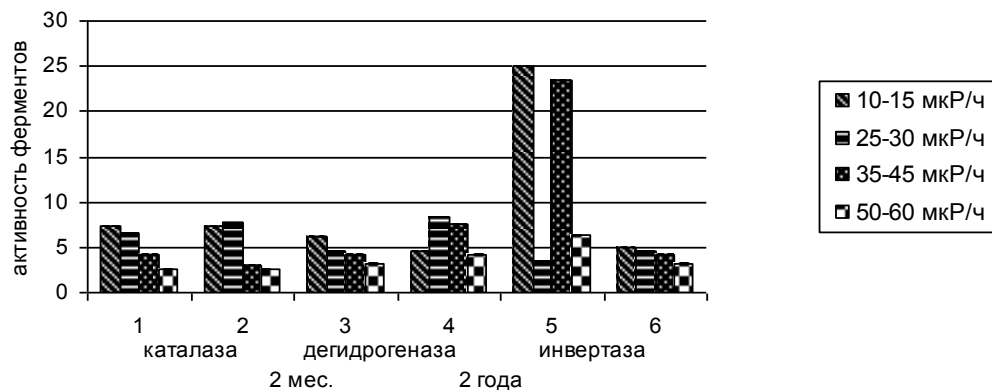


Рис. 2. Динамика изменения активности ферментов почвы, отобранных на участке Дузлак: ряды 1, 2, 3 через 2,5 месяца хранения; ряды 4, 5, 6 через 2 года хранения почвенных образцов

Выявлена высокая корреляционная зависимость между активностью ферментов и физико-химическими свойствами почв. Высокие показатели отрицательной корреляционной зависимости установлены между различными мощностями доз фонового γ -излучения и активностью каталазы и дегидрогеназы ($r = -0,95$) и ($r = -0,96$), соответственно. Высокая положительная корреляционная зависимость фермента дегидрогеназы обнаружена с содержанием гумуса и гигроскопической влагой в почве ($r = +0,91$) и ($r = +0,65$), соответственно, и отрицательная корреляция с рН ($r = -0,61$) и карбонатами ($r = -0,87$). Засоленность почвы способствует быстрой инактивации ферментов.

На активность ферментов в почвах, в особенности на активность дегидрогеназы в солончаке, оказывает положительное влияние высокая степень увлажнения. Именно условия увлажнения связаны с повышением биологической активности почв.

Высокая корреляционная зависимость между активностью ферментов в почвах и мощностью доз γ -излучения в большей степени можно объяснить различными значениями интенсивности мощности доз γ -излучения, созданного за счет неравномерного распределения радионуклидов ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra в почвах на изученных участках.

Исходя из данных (табл. 1, 2), видно, что на фоне химических свойств – гигроскопической влаги, гумуса, рН, карбонатов, практически не различающихся на исследованных участках, влияние радиационных факторов – малых доз фонового γ -излучения на изменение активности ферментов в почве выражалось довольно четко.

Таким образом, малые дозы фонового уровня γ -излучения оказывают ингибирующее действие на активность ферментов в солончаковой почве на участке Дузлак и Юный пахарь.

К отмеченному факту влияния мощности дозы γ -излучения – 50–60 мкР/ч, в значительной степени понижающей биологическую активность ферментов дегидрогеназы, каталазы, инвертазы в солончаковой почве в условиях хронического действия ионизирующей радиации, возможно, следует отнести более внимательно как к возможному чувствительному тесту на повышение природного радиационного γ -фона.

Аналогичная динамика изменения в сторону снижения активности ферментов отмечается при влиянии электромагнитных полей на чернозем обыкновенный карбонатный Нижнего Дона [2, 4].

Нами изучено также влияние сроков хранения на активность ферментов в почвенных образцах после воздействия фонового γ -излучения на участках Дузлак и Юный пахарь.

Из табл. 2 и рис. 2 видно, что активность каталазы практически не изменяется в солончаковых почвах и через 2,5 месяца, и через 2 года отбора почвенных образцов. Здесь можно говорить о стабилизации каталазы в исследуемых почвенных образцах.

Выявлено значительное увеличение активности дегидрогеназы в почвенных образцах через 2 года хранения, поскольку дегидрогеназа более чувствительна к ионизирующему излучению по сравнению с другими ферментами.

Таким образом, дегидрогеназа более радиочувствительный фермент, а каталаза более устойчивый. Так, увеличение активности дегидрогеназы выше контрольных значений наблюдалось только на 90-е сутки после

облучения почвы, а активность каталазы возвращается к контрольным значениям после облучения через 180 суток. Активность инвертазы сохраняется независимо от дозы гамма-излучения [2].

Определение дегидрогеназы в почвенных образцах через 2 года хранения во всех вариантах с дозами 25–30, 35–45, 50–60 мкР/ч показало некоторое увеличение дегидрогеназной активности, по сравнению с показателями фермента через 2,5 месяца хранения. По данным авторов [1], активность дегидрогеназы при хранении почвенных образцов очень изменчива и непредсказуема, в течение двух месяцев хранения активность дегидрогеназы то уменьшалась, то резко увеличилась. Возможно, 2,5 месяца хранения почвенных образцов являются недостаточным сроком для устойчивости дегидрогеназы. Однако исследованиями [1] определено, что, начиная с третьего месяца, значительных изменений активности дегидрогеназы не происходит, а также установлено, что различия ферментативной активности в зональных почвах Юга России сохраняются на начальных сроках хранения (для активности каталазы – 8 недель, дегидрогеназы – 4 недели) независимо от способа хранения образцов.

В наших исследованиях активность дегидрогеназы также оказалась динамичным показателем. Вероятно, на увеличение активности дегидрогеназы почти в 2 раза в почвенных образцах после 2-х лет хранения, отобранных на участках с различными дозами γ -излучения, влияет процесс восстановления и стабилизации активности фермента.

При исследовании влияния ионизирующего излучения на различные ферменты (растворы ферментов и гомогенаты тканей) получены данные [5], свидетельствующие о вторичном характере изменений активности фермента. Показана устойчивость ферментов сразу после облучения и постепенное снижение активности, часто прогрессирующее во времени. Активность инвертазы снижается через 2 года во всех вариантах доз γ -излучения.

Восстановление показателей ферментативной активности носит линейный характер, с увеличением времени хранения происходит восстановление биологических свойств солончаковой почвы. По скорости восстановления показатели ферментативной активности образовали ряды по срокам хранения (2,5 месяца и 2 года): каталаза > дегидрогеназа > инвертаза.

Дегидрогеназа как более радиочувствительный фермент по сравнению с устойчивой каталазой на естественных участках с повышенной радиоактивностью на территории Дербентского района может быть использована в качестве одного из критериев биологической активности ферментов почв в радиоэкологических исследованиях.

ВЫВОДЫ

1. Каталаза, дегидрогеназа, инвертаза устойчивы к воздействию доз γ -излучения в пределах от 20 до 30 мкР/ч на участках Дузлак и Юный пахарь Дербентского района.

2. На фоне влияния устойчивых значений химических свойств (гумус, рН, влажность, содержание солей и др.) солончаковой почвы, воздействие более высоких доз γ -излучения от 35 до 60 мкР/ч оказывает ингибирующее действие на активность ферментов, в особенности на дегидрогеназу.

3. Установлено, что дегидрогеназа более радиочувствительный фермент по сравнению с устойчивой каталазой при воздействии малых доз гамма-излучения на ферментативную активность почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Даденко Е.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Изменение ферментативной активности при хранении почвенных образцов // Почвоведение. 2009. № 12. С. 1481-1486.
2. Денисова Т.В. Влияние электромагнитных полей на биологические свойства почв: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ростов н/Д, 2011. 50 с.
3. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. 216 с.
4. Колесников С.И., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение биологических свойств почв Адыгее при химическом загрязнении // Почвоведение. 2009. № 12. С. 1499-1505.
5. Асварова Т.А., Газалиев Н.А. Действие малых доз радиации на морфоэкологические показатели почвенных беспозвоночных // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Ростов н/Д, 2009. № 1. С. 105-110.
6. Попов Д.К., Поникарова Т.М., Поникаров В.И. Методические рекомендации по определению валового урана и тория в породах, почвах, золе растений. Л., 1981. 15 с.

7. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу. М.: МГУ, 1961. 488 с.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980. 293 с.
9. Бабаев А.А. Радиоактивность минеральных вод Дагестана. Махачкала, 1972. 25 с.
10. Титаева Н.А., Таскаев А.И., Овченко В.Я., Алексахин Р.М., Шуктумова И.И. Особенности формирования изотопного состава почв при длительном контакте с радиоактивными пластовыми водами // Геохимия. 1977. № 9. С. 1368-1375.

Поступила в редакцию 25 сентября 2012 г.

Asvarova T.A. EFFECT OF LOW DOSES OF GAMMA RADIATION ON THE ENZYMATIC ACTIVITY OF SOILS OF DAGESTAN

The aim of this work is to study the effect of increased natural radiation γ -phone on the enzymatic activity in soils in areas of old abandoned wells gas deposits in the Coastal Plain. It is found that catalase, dehydrogenase, invertase resistant to γ -radiation dose – 25–30 mkr/hour Doses in the range of 35 to 60 mkr/hour have an inhibitory effect on the performance of enzyme activity in a salt marsh meadows. The scientific novelty of this work lies in the fact that it set to doses of gamma radiation, providing a stimulating and inhibitory effect on the activity of soil enzymes.

Key words: enzymes; soil; dose of gamma radiation; radionuclides.

УДК 551.4 (571.5)

ПОЧВЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЕ

© И.А. Белозерцева, А.А. Черкашина

Ключевые слова: почва; антропогенное влияние; нормирование; Тункинская котловина.

Проведенные авторами полевые физико-географические исследования позволили выявить некоторые особенности формирования и современного состояния почв Тункинской котловины. В результате анализа трендов зависимости «нагрузка – эффект» по почвенно-растительным показателям выявлены предельно допустимые и недопустимые пастбищные нагрузки.

Тункинская котловина расположена в долине р. Иркутка, от устья р. Кырена, вниз по Иркутку. Ее длина составляет около 200 км, высота – от 500 до 1400 м. Она входит в систему межгорных понижений гор Восточного Саяна в Бурятии, ограничена хребтами Тункинские Гольцы на севере и Хамар-Дабан на юге. Котловина орошается р. Тункой, Хорбяткой, Жемчугом, Богорхоном, Улан и Холе Хоргонами и Зактуем.

Актуальность работы и целесообразность проведенных исследований обусловлены недостаточной изученностью почв, испытывающих влияние сельскохозяйственной деятельности. Изучение почв, оценка их современного состояния необходимы для решения и экологических, и социально-экономических проблем, рационального использования природных ресурсов.

Цель данной работы: на основе комплексных исследований провести анализ современного состояния и трансформации почв Тункинской котловины, провести нормирование пастбищных нагрузок.

Полевые физико-географические исследования проведены на экспериментальных полигонах «Тункинского» стационара в Юго-Западном Прибайкалье в 2004–2011 гг. На распределение современных ланд-

шафтов этой территории решающее значение оказали характер горного рельефа, контрастность климатических и мозаичность почвенно-грунтовых условий. Большое влияние на ландшафты в последнее время оказывает деятельность человека. Особенно интенсивно это сказывается в днищах падей и предгорьях, где наблюдаются пастбища, заброшенные пашни и вырубленные леса.

В Тункинской котловине и ее горном обрамлении выделяются пять высотных поясов – нивальный, гольцовый, подгольцовый, горно-лесной и горно-лессостепной. Основной фон в котловине составляют дерново-подзолистые и серые метаморфические почвы, на которых произрастают темнохвойные и сосновые леса. Широкое распространение имеют мелколиственные и смешанные леса на серых почвах. Горно-лесной пояс самый развитый в котловине. Основными почвами в высокогорье являются – петроземы и литоземы (грубогумусовые). В горно-таежной зоне котловины на южных склонах формируются серые почвы, а на северных – подбуры грубогумусированные и дерново-подзолистые почвы. На северных склонах в относительно пониженных элементах рельефа формируются (торфяно-) крио-