

УДК 631.43

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕСЧАНЫХ НАНОСОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Н. Н. Хаптухаева, В. А. Тармаев

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ
E-mail: tambel57@mail.ru*

Выявлены гидрологические особенности песчаных наносов в межгорных котловинах Селенгинского среднегорья. Расчетом квантильных характеристик установлено, что перевеянные почвы характеризуются слабым увлажнением и пониженной изменчивостью влажности по профилю. Для оценки пространственных закономерностей динамики почв и экосистем применен коэффициент топоклиматической контрастности.

Ключевые слова: почва, опустынивание, экспозиция, склоновая микрозона, плотность твердой фазы, плотность почвы, порозность, квантиль, экопара, эвапотранспирация, влагозапас, топоклиматическая разность (контрастность).

Селенгинское среднегорье, включающее район наших исследований, занимает юго-западную часть Забайкалья в пределах 105–108° в. д., 50–52° с. ш., но не в виде сплошного пространства, ограниченного этими координатами, а с исключением из него полос горно-таежных: с северо-запада и с востока (Фадеева, 1963). Засушливый характер климата, преобладание горно-котловинного рельефа на всей площади Бурятии, значительные по силе весенние ветры, господство на территории зоны сухих степей, нерациональное природопользование способствуют развитию процесса опустынивания почв.

Каштановые почвы, являясь основным пахотным фондом республики (42,3%), практически полностью подвержены дефляционным процессам (Корсунов, Цыбжитов, 1989). Под влиянием дефляции наблюдается значительное изменение мощности гумусового горизонта, в гранулометрическом составе преобладают фракции мелкого и среднего песка.

В связи с отмеченным возникла необходимость изучения процесса перевеивания не только как явления разрушения почв, но и как своеобразного генетического эолового фактора, формирующего специфические по свойствам почвы.

Исследования проведены в межгорных котловинах Селенгинского среднегорья и в пределах Кяхтинско-Кударинской равнины методом полигона-трансекта (ПТ). Объектом исследований послужили перевеянные почвы каштанового гене-

зиса и почвы, находящиеся под защитой лесных полос 10-летнего возраста. Высота склона 650–850 м н. у. м. при относительной высоте над урезом воды в р.Селенга (500 м н. у. м.) 100–200 м. Простираение песчаных гряд – параллельное руслу, с севера на юг.

При изучении физических и водно-физических свойств применены общепринятые методы исследования (Агрофизические..., 1966; Лакин, 1980; Дмитриев, 1995).

Для сверки многолетней информации влажности перевеянных почв каштанового генезиса вычислены непараметрические статистики – квантили (а именно находили нижний – 0,25 и верхний – (0,75 квантильные значения) и медиана (0,5) – середина эмпирического ряда. По квантилям 0,25 и 0,75 можно судить соответственно о степени иссушенности и увлажненности почвенного профиля за время исследований, а по медиане – о средних значениях влажности. Квантильные показатели при анализе почвенно-режимной информации получили достаточно широкое распространение (Соловьев, 1985; Благовещенский и др., 1987; Куликов и др., 1991).

Процесс опустынивания привел к определенной трансформации морфологического строения и изменению характера пространственной организации почв. Склон дифференцирован на разнокачественные ландшафтные микрозоны, верхне-склоновая микрозона характеризуется в равной мере сносом и поступлением минерального вещества, относительной сухостью, а средне- и нижне-склоновые микрозоны являются областью аккумуля-

муляции минерального вещества и характеризуются несколько большей увлажненностью. В зависимости от экспозиции склона и склоновой микрозональности (Милюков, 1974) почвы имеют ряд особенностей, которые, в частности, различаются по степени выраженности мощности генетических горизонтов. Установлено статистически достоверное увеличение мощности гумусово-аккумулятивного горизонта (гор. А1) и гумусовой толщи (гор. А+В) почв от водораздела к подножию песчаных увалов (табл. 1). Наименьшая вариабельность мощности гор. А1 характерна для водораздельной поверхности (10%), наибольшая – для склона южной экспозиции (36%).

Верхние перевеянные и выпаханые горизонты, в значительной степени обедненные гумусом, имеют повышенную плотность твердой фазы 2,74 г/см³. Более низкие значения плотности твердой фазы характерны для верхних дневных горизонтов, сохранивших небольшой запас низкоуплотненного гумусированного материала (табл. 2).

Для перевеянных почв характерна высокая плотность скелета, что связано с отсутствием в них какой-либо выраженной агрегированности. Элементарные частицы, не склеенные коллоидами, пребывают в обособленном состоянии, а потому склонны к плотной упаковке. Однако гумусовый горизонт почв имеет рыхлое сложение (1,21–1,30 г/см³), а порозность этих почв соответственно равняется 53,3 и 43,2%. В гор. В заметных отличий не наблюдается, и плотность почвы варьирует от 1,48 до 1,72 г/см³. Порозность уменьшается по всему профилю.

Наносы имеют пониженное уплотнение в связи с еще не

Таблица 1. Статистические параметры мощности гумусового горизонта почв полигона-трансекта

Table 1. Humic soils statistical thickness over transect areas

Склоновая микрозона и экспозиция	M±m	Σ	V, %	M±t _{0,95} m
Водораздел	20,5±1,0	2,10	10	17,3–23,7
Верхнесклоновая северной экспозиции	22,7±1,7	4,69	21	18,3–26,7
Среднесклоновая северной экспозиции	32,2±3,3	7,40	23	23,0–41,4
Нижнесклоновая северной экспозиции	28,7±2,0	4,80	17	23,6–33,8
Верхнесклоновая южной экспозиции	20,4±2,0	7,35	36	16,0–24,8
Среднесклоновая южной экспозиции	22,5±1,7	7,28	32	18,9–26,1
Нижнесклоновая южной экспозиции	28,3±2,4	9,64	34	23,0–33,4

Таблица 2. Некоторые физические свойства почв полигона-трансекта

Table 2. Some physical properties of soils over transect areas

Экспозиция склона, склоновая микрозона	Слой, см	Плотность, г/см ³		Порозность, %	
		твердой фазы	почвы		
Северная экспозиция: верхнесклоновая	0–21	2,59	1,21	53,3	
	21–50	2,46	1,48	39,8	
	50–74	2,57	1,45	43,6	
	74–130	2,43	1,51	37,9	
	среднесклоновая	0–30	2,62	1,51	42,3
		30–54	2,67	1,54	42,3
		54–73	2,60	1,52	41,5
		73–110	2,47	1,59	35,6
	нижнесклоновая	0–23	2,56	1,65	35,5
		23–45	2,70	1,72	36,3
45–68		2,80	1,77	36,8	
68–80		2,50	1,71	31,6	
80–100		2,42	1,65	31,8	
Юго-западная экспозиция: верхнесклоновая	0–10	2,39	1,57	34,3	
	10–27	2,35	1,58	32,8	
	27–50	2,36	1,66	29,7	
	50–80	2,37	1,66	30,0	
	80–100	2,44	1,66	32,0	
	среднесклоновая	0–10	2,29	1,30	43,2
		10–27	2,68	1,52	43,3
		27–39	2,51	1,53	38,9
		39–65	2,46	1,55	37,0
		65–75	2,45	1,57	35,9
		75–80	2,48	1,60	35,5
		80–115	2,49	1,60	35,7
		нижнесклоновая	0–14	2,74	1,51
	14–24		2,49	1,57	36,9
	24–35		2,65	1,62	38,9
	35–45		2,65	1,59	40,0
45–60	2,72		1,60	41,2	
60–68	2,76		1,60	41,9	
80–100	2,65		1,60	39,6	

устоявшимся сложением, так как известно, что установление так называемой равновесной плотности – процесс инерционный. Соответственно и порозность почв повышенная. В связи с этим расход продуктивной влаги из профиля почв с динамичным сложением происходит интенсивно в результате развития конвективно-диффузного механизма и влагоотдачи в атмосферу.

В песках обмен между воздухом атмосферы и почвенным воздухом совершается почти беспрепятственно. Насыщение песков влагой дождей снижает содержание воздуха в порах, но очень ненадолго, так как просачивание влаги происходит быстро и вслед за ней устремляется воздух (Гаель, Смирнова, 1999).

В целом вниз по профилю уплотненность почв возрастает, общая порозность снижается в соответствии с ростом в этом направлении так называемого нормального природного давления. Наиболее вероятные значения плотности скелета почв колеблются в пределах 1,6 г/см³.

Плотность почвы является параметром весьма неустойчивым, изменения этого показателя подвержены многим случайным факторам, поэтому экспозиционных и микроразнообразных закономерностей в их пространственной динамике обнаружить не удается. Этого можно попробовать добиться, применяя математико-статистические приемы.

Для всех склонов комплектуем 3 статистические выборки, соответствующие трем выделяемым склоновым микроразнообразиям, и 4 выборки согласно четырём румбам.

Выше диагонали матрицы оценка проведена по W-критерию Вилкоксона, которая в данном случае оценивает различие попарно сравниваемых выборок по такой структурной средней, как медиана. Известно, что из всех непараметрических статистик W-критерий считается достаточно мощным. Под диагональю показано различие сравниваемых выборок, полученное по критерию Фишера (F-критерий), который оценивает различие вы-

борок по дисперсии. Тем самым различие выборок анализируется на основе как усредняющего значения (медиана), так и характеристики вариабельности (табл. 3).

Расчеты показывают, что различия между большинством сопоставляемых выборок по объемной массе почв недостаточны для отклонения нулевой гипотезы. Это свидетельствует о том, что формирование и изменчивость плотности скелета почв мало зависит от характеристик рельефа. Исходя из такого свойства данного показателя, можно допустить, что полученные достоверные значения во многом обусловлены только случайным стечением обстоятельств.

Увеличение мощности супесчано-песчаного наноса в двучлене обычно сопровождается известным облегчением его гранулометрического состава, появлением рыхлосвязанных песчаных слоев. Одновременно возрастает глубина залегания водоупора и аккумулирующая способность почв (Зайдельман, 1985). В составе порового пространства песчаных слоев преобладают крупные поры некапиллярной размерности, поэтому они не в состоянии удерживать большое количество подвешенной влаги. Рост количества крупных влагопроводящих пор связан с общим увеличением порозности почв при осушении. Обычно супесчаные каштановые почвы при наименьшей влагоемкости в верхнем 1-м слое удерживают 120–200 мм влаги, что позволяет отнести их к мало-влажеомким почвам.

При высокой прогреваемости почв поступающая влага интенсивно испаряется, а в массивованных осадках сбрасывается вниз по профилю, причем столь быстро, что при обычных наблюдениях зафиксировать сквозное просачивание затруднительно. Д. Б. Базаров, А. Д. Иванов (1958) приводят данные Б. Т. Орлова, согласно которым барханный песок всего за 30 мин просочился на глубину 120 м.

Основу эвапотранспирационного расхода влаги на территории исследования составляют вы-

Таблица 3. Оценка достоверности различия почв по объемной массе между микроразнообразиями (А) и экспозициями (Б) (W-критерий Вилкоксона)

Table 3. Estimates of soil difference reliabilities in terms of a volumetric weight for minor zones (A) and exposed soils (B), using the W-criterion Wilcoxon

А				
–	Верхнесклоновая	Среднесклоновая	Нижнесклоновая	
Верхнесклоновая	–	Не достоверно	Не достоверно	
Среднесклоновая	Не достоверно	–	Достоверно	
Нижнесклоновая	Достоверно	Не достоверно	–	

Б				
–	Восточная	Западная	Северная	Южная
Восточная	–	Не достоверно	Не достоверно	Не достоверно
Западная	Не достоверно	–	То же	То же
Северная	То же	Не достоверно	–	"
Южная	"	Достоверно	Не достоверно	"

падающие атмосферные осадки. Расход почвенного влагозапаса редко превышает 100 мм, причем это имеет место исключительно в засушливые годы. Например, за расчетный период, когда выпало всего 128 мм, происходила сработка почвенного запаса влаги объемом до 114 мм на площадке в 10 м от лесной пограничной полосы, 130 мм – на целине. Отметим, что абсолютная подавляющая часть эвапотранспирационного расхода влаги в сухостепных ландшафтах осуществляется за счет слоя 0–50 см.

Почвы, формирующиеся в склоновых ландшафтах, характеризуются невысоким увлажнением, причем глубже 1 м толщи влажность слабо изменяется и часто составляет всего 5–10% от объема почвы. Только в редких случаях массивного выпадения дождей происходит глубокое промачивание почвы, и влажность возрастает до 20% от объема и больше. В верхних слоях временная изменчивость влажности выражена значительно сильнее, так же как и при выровненном рельефе. Слабая увлажненность выразилась в небольшом запасе влаги. Для перевеянных почв запас общей влаги в слое 0–100 см, превышающий 100 мм, – достаточно большая редкость. Особенно это хорошо видно при выровненной поверхности (рис. 1).

Как показывают исследования в расчлененном рельефе, несмотря на песчаный состав почв, происходит заметное перераспределение влаги, отчетливо видны две позиции с повышенным влагозапасом – подножия обеих экспозиций склона. Еще один максимум возникает в нижесклоновой микроразности теневой экспозиции. Самый значительный минимум соответствует средней части инсолируемого склона. Что касается склона других экспозиций, то следует отметить пониженный запас общей влаги, характерный для склона западной

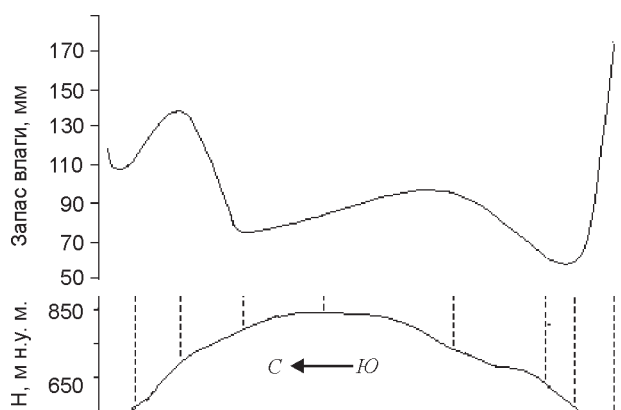


Рис. 1. Характерная кривая пространственного перераспределения влагозапаса склоновых почв (слой 0–100 см)

Fig. 1. A characteristic spatial redistribution curve for the slope soil moisture reserves (within the soil layer of 0–100 cm thick)

экспозиции. Это сближает его со склоном южной экспозиции. Такую же близость по пространственно-временной динамике влагозапаса проявляет склон восточной экспозиции, однако на этот раз к склону северной экспозиции.

Разумеется, нельзя за основу пространственной неоднородности влагозапаса брать боковое перемещение воды, хотя поверхностный сток с образованием оврагов имеет место, однако только исключительно в периоды или годы с затяжными «муссонными» дождями. Пространственная неоднородность почв по увлажнению возникает в первую очередь вследствие неравнозначности элементов рельефа по такой расходной статье баланса, как эвапотранспирация.

По характеру наклона квантильных кривых влажности можно судить о наличии вертикального влагообмена в профиле почвы. В частности, наклон эпюр квантилей влажности свидетельствует об отсутствии в нижней части профиля почвы резервной влаги, достаточной для капиллярной миграции в верхние слои, или (в 10 и 35 м от лесополосы) указывает на установившуюся капиллярную связь в профиле и возможность подтягивания влаги в зону эваподесукативного расхода (рис. 2). Под коренным сосновым лесом доминирует внутрпочвенный испарительный режим. Здесь диапазон колебаний почвенной влажности

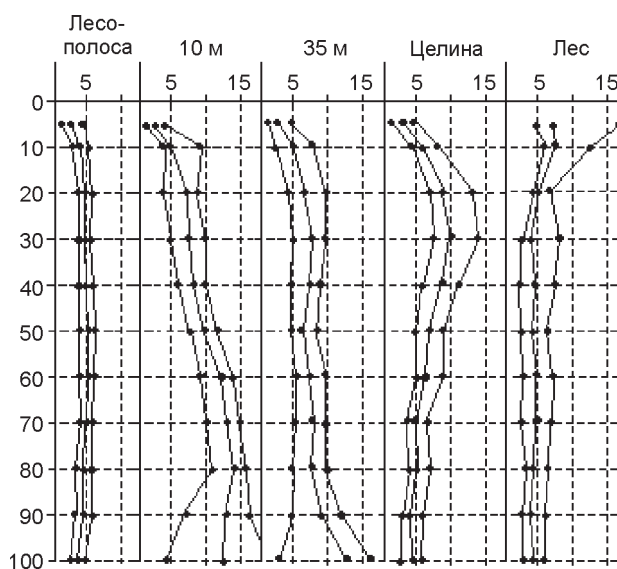


Рис. 2. Профильное распределение квантилей влажности почв в зоне влияния пограничной лесной полосы (% от объема почвы). Самая низкая влажность характеризуется левой кривой ($\alpha = 0,25$), среднее значение влажности – средней кривой ($\alpha = 0,50$), высокие уровни влажности – правой кривой ($\alpha = 0,75$)

Fig. 2. Profile quantile distribution of soil moisture within the forest-protecting areas (the percentage of the soil volume). The lowest, average and highest moisture values are shown by the left ($\alpha = 0.25$), middle ($\alpha = 0.50$) and right ($\alpha = 0.75$) curves, respectively

заметно больше, чем, например, под лесной полезащитной полосой. Лесонасаждения вызывают иссушение почв, причем под лесополосой отмечается минимальная изменчивость влажности, что видно по близости значений верхнего квартиля, дающего представление о высоких влажностях за рассматриваемый период, и нижнего квартиля, который характеризует низкое увлажнение.

Из сравнения эпюр квантилей экопары поле – целина вытекает, что в зоне влияния лесной полезащитной полосы резервирование влаги происходит тем больше, чем больше глубина. В этом же направлении отмечается расширение диапазона между квартилями, вызванная анизотропностью нижних слоев.

Температура проявляет закономерную изменчивость в соответствии с экспозиционным градиентом. Топоклиматическая разность между контрастными по тепловым ресурсам склонам составляет 3°C. Примечательно, что от весны к лету теплоэнергетическая контрастность склонов заметно снижается. Так, в середине июня топоклиматическая разность уменьшается до 1,5°C. Для оценки пространственных закономерностей динамики почв и экосистем предлагаем так называемый коэффициент топоклиматической контрастности (КТК), рассчитываемый как отношение влагозапаса в почвах склоновых позиций к влагозапасу вершинной поверхности (Романова и др., 1983). Для ПТ со своеобразным почвенным покровом установлено, что наибольшие контрасты свойственны системам вершина – северный склон и вершина – южный склон (табл. 4). Исключение составляет высокое значение КТК для системы вершина – подножие склона южной экспозиции. На основе полученных данных представляется

Таблица 4. КТК склоновых ландшафтов по запасу влаги в слое 0–100 см

Table 4. The topoclimatic contrasting factor (КТК) of slopes in terms of moisture contents of the soil layer of 0–100 cm thick

Экспозиция	Склоновая микрозона	КТК
Вершина	Северная	1,00
	Южная	0,91
Северная	Верхнесклоновая	1,69
	Среднесклоновая	1,38
	Нижнесклоновая	0,87
Южная	Верхнесклоновая	0,69
	Среднесклоновая	1,75
	Нижнесклоновая	0,93
Западная	Верхнесклоновая	0,71
	Среднесклоновая	1,21
	Нижнесклоновая	1,01
Восточная	Верхнесклоновая	1,20
	Среднесклоновая	1,31
	Нижнесклоновая	1,31

возможность быстро определить влагозапас в склоновых почвах. Для этого достаточно экспериментально установить влажность почв только вершинной поверхности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспозиция склона и при песчаном субстрате остается мощным дифференцирующим экологическим фактором. Установлено статистически достоверное увеличение мощности гумусово-аккумулятивного горизонта (гор. А1) и гумусированной толщи (гор. А + В) почв от водораздела с подножия песчаных увалов. Для почв с динамичным профилем характерна невысокая мощность гумусированной толщи.

Расчетом квантильных характеристик установлено, что перевеянные почвы каштанового генезиса характеризуются слабым увлажнением и пониженной изменчивостью влажности по профилю. В расчлененном рельефе, несмотря на песчаный состав почво-грунтов, происходит перераспределение влаги в пространстве, при этом в понижении рельефа влагозапас достигает относительно большой величины. Еще один максимум возникает в нижней склоновой микрозоне теневой экспозиции. Самый значительный минимум (около 70 мм) соответствует средней части инсолируемого склона. Расход почвенного влагозапаса происходит преимущественно в засушливые годы, когда значение этого параметра достигает 114–130 мм. Подавляющая часть эвапотранспирационного расхода влаги в сухостепных ландшафтах осуществляется за счет слоя 0–50 см.

Сравнение коэффициента топоклиматической контрастности показывает, что пространственная дифференциация почвенного влагозапаса происходит из-за различия расходной части водного баланса – испарения.

ЛИТЕРАТУРА

- Агрофизические* методы исследования. – М. : Наука, 1966. – 259 с.
- Базаров Д. Б., Иванов А. Д. Сыпучие пески Бурят-Монгольской АССР и меры борьбы с ними. – Улан-Удэ : Бургиз, 1958. – 84 с.
- Благовещенский Ю. Н., Самсонова В. Н., Дмитриев В. А. Непараметрические методы в почвенных исследованиях. – М. : Наука, 1987. – 96 с.
- Гаель А. Г., Смирнова Л. Ф. Пески и песчаные почвы. – М. : ГЕОС, 1999. – 252 с.
- Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении. – М. : Изд-во МГУ, 1995. – 319 с.
- Зайдельман Ф. Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны. – Л. : Гидрометеоздат, 1985. – 327 с.
- Корсунов В. М., Цыбжитов Ц. Х. Почвенный покров бассейна озера Байкал // Почвенные ресурсы Забайкалья. – Новосибирск : Наука, СО, 1989. – С. 4–12.

Куликов А. И., Дугаров В. И., Бадмаев Н. Б. Гидротермика склоновых почв Забайкалья // География и природные ресурсы. – 1991. – № 4. – С. 69–76.

Лакин Г. Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1980. – 293 с.

Мильков Ф. Н. Основные географические закономерности склоновой микроразнообразности ландшафтов // Склоновая микроразнообразность ландшафтов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1974. – С. 5–11.

Романова Е. Н., Мосолова Г. И., Береснева И. А. Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 245 с.

Соловьев И. Н. Статистический анализ данных режимных наблюдений за влажностью почвы // Почвоведение. – 1985. – № 12. – С. 125–130.

Фадеева Н. В. Селенгинское среднегорье. – Улан-Удэ, 1963. – 169 с.

Поступила в редакцию 31.07.2007 г.

HYDROLOGIC CHARACTERISTICS OF SAND DRIFTS IN BAIKAL LAKE CONTIGUOUS AREAS

N. N. Khaptukhaeva, V. A. Tarmaev

Sandy drifts hosted in intermountain troughs of Selenghian Mountains were studied in terms of their hydrologic characteristics. Low soil moisture and low moisture variability is established for winnowed soils, by virtue of a quantile analysis. In order to assess the spatial laws of soil-and-environment dynamics, the topoclimatic contrasting factor is used.

Key words: soil, desert-forming processes, exposure, slope minor zone, solid phase density, soil density, porosity, quantile, ecopair, evapotranspiration, moisture reserve, topoclimatic difference (contrast).