

УДК УДК 553.3

БОЛОТА КАК САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ СИСТЕМА В ПРИРОДЕ**Евсеева К.А., Краева Ю.В., Сальников В.Н.***Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Томск, e-mail: gluby@sibmail.com*

В болотах, как в неравновесных системах, наблюдается появление пространственных упорядоченных структур. Это сложная система, состоящая из ряда подсистем – вода, порода, растительность, газ, которая образует специфическую самоорганизующуюся геометрию пространства кристаллографии. Возникают, так называемые, временные упорядоченные структуры.

Ключевые слова: болото, самоорганизующаяся система, вода, порода, растительность, газ**MOORS AS THE SELF-ORGANIZING SYSTEM IN THE NATURE****Evseeva K.A., Kraeva J.V., Salnikov V.N.***National exploratory Tomsk polytechnic university, Tomsk, e-mail: gluby@sibmail.com*

In moors as in nonequilibrium systems, occurrence of the space ordered structure is watched. It is the difficult system consisting of a number of inter-systems – water, breed, greenery, gas which one will organise specific self-organising geometry of room of crystallography. Originate, a so-called, temporary ordered structure.

Keywords: a moor, a self-organising system, water, breed, greenery, gas

Законы природы приводят к появлению определённого порядка из первоначального хаоса и затем усложнению и развитию образовавшихся упорядоченных структур [2]. Существует ли общий подход к описанию динамических коллективных явлений в многокомпонентных системах, обладающих свойством самоорганизации? Возможно ли последующее совершенствование и усложнение возникшей структуры? Для того чтобы выработать подход, который имел бы возможность приложения к самым различным явлениям в разных научных дисциплинах, был предложен термин синергетика. Термин предложен Г. Хакеном (1980). Происходит слово от греческого «синергена» – содействие, сотрудничество (συν – вместе и ενεργος – действующий, работающий) [11]. Под синергетикой Г. Хакен предложил понимать область науки, которая занимается изучением эффектов самоорганизации в физических системах, а также в родственных им явлениях в более широком классе систем.

В синергетике возникновение упорядоченных сложных систем обусловлено рождением коллективных типов поведения под воздействием флуктуаций, их конкуренцией и отбором того типа поведения, который оказывается способным выжить в условиях конкуренции. Как замечает сам Хакен, это приводит нас в определенном смысле, своего рода, обобщенному дарвинизму, действие которого распространяется не только на органический, но и на неорганический мир.

В физике явления самоорганизации прослеживаются, начиная с атомарного уровня и вплоть до галактик. Возникающие

объекты принимают удивительные формы, которые сильно отличаются друг от друга. Например, циклоны, ураганы, смерчи, торнадо [6, 7, 9]. Любая структура существует в пространстве и времени только за счет диссипации (рассеяния) энергии – разница лишь в характерных временах существования [8]. Для поддержания более сложной структуры требуется больше энергии, которую необходимо рассеять, иначе произойдет катастрофа. Например, наша цивилизация, в которой происходит увеличение сложности её структуры, требует роста производства и потребления энергии интенсивнее чем по экспоненте.

Но обратимся к диссипативным структурам в окружающей природе на макроуровне – например, к болотам. Болотами называют участки земной поверхности, характеризующиеся избыточным увлажнением верхних горизонтов почвогрунтов и горных пород. Болота характеризуются болотной растительностью и образованием торфа. Болота – это экосистемы с характерным только для них водным режимом и своеобразным круговоротом вещества и энергии. Главная особенность, отличающая болотные экосистемы от всех других – превышение накопления органического вещества над его разложением и как результат – накопление торфа. Растение, вода и торф составляют неразделимое единство в болотах зон с гумидным климатом [1]. Наиболее подходящие условия для образования и развития торфяных болот в Таёжной зоне, особенно много их в местах максимального оледенения – на равнинах северо-запада и северо-востока Европейской части России и в За-

падно-Сибирской низменности. Поэтому не только современные природно-климатические условия, но и историческое прошлое определяет степень заболоченности и интенсивности болотообразования. Под торфом понимают отмершие растительные остатки коричневого, бурого или черного цвета. Степень разложения растительного остатка бывает различна. Полагали, что болота являются равновесными системами, но оказывается и эти системы можно отнести к далеким от равновесия. Функционирование экосистем верхних болот сопровождается интенсивным отложением торфа. В результате первичный торф местности выравнивается, но вместо него образуется новый, болотный рельеф: выпуклая форма болотной поверхности, причем центр может на 10 метров превышать уровень на границе (рис. 1).

Однако такая форма характерна лишь для небольших болот. С ростом размера меняется и рельеф болота. На его поверх-

ности возникают регулярные периодические структуры понижений и повышений (фото. 1). Это, так называемый, грядово-мочажинный или грядово-озерковый комплекс.

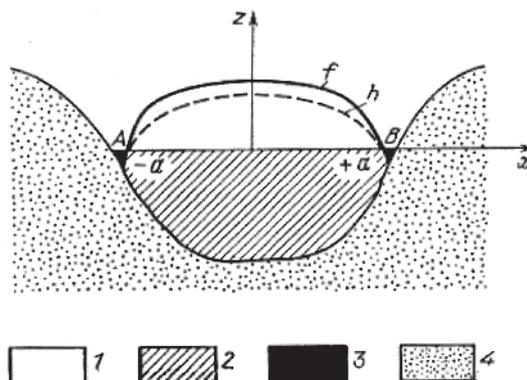


Рис. 1. Примерный профиль верхового болота: 1 – верховой торф; 2 – низинный торф; 3 – вода; 4 – подстилающая порода; f – поверхность болота; h – поверхность водного зеркала [8]



Фото 1. На болотах большого размера наблюдаются регулярные периодические структуры торфа с «окнами» воды (Г.А. Елина, 1990) [1]

Принято, что развитие болотного рельефа обусловлено неравномерностью торфо-накопления в различных участках болота. Локальная скорость этого процесса зависит, в основном, от гидрологии данного участка, уровня болотных вод и проточности. Условия возникновения и существования грядово-мочажинных комплексов (вид начального распределения, величина эффективных осадков, коэффициент фильтрации,

диаметр болота) исследовали с помощью машинной имитации (рис. 2) [8].

Имитационный эксперимент показал последовательное изменение поверхности болота (верхние линии) и водного зеркала (нижние линии). Структура болота существует в пространстве и времени за счёт диссипации влаги, считает автор экспериментов [8]. Меньшее количество энергии, поступающее извне, он объясняет количе-

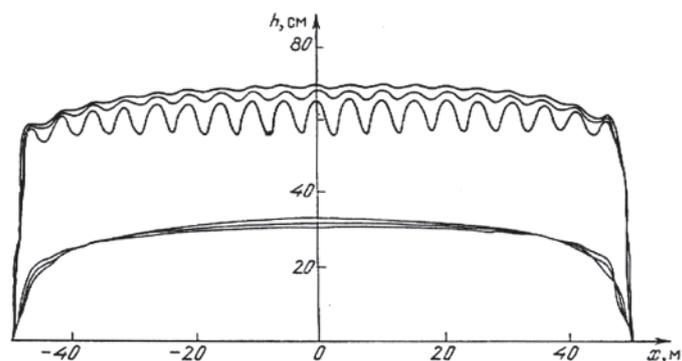
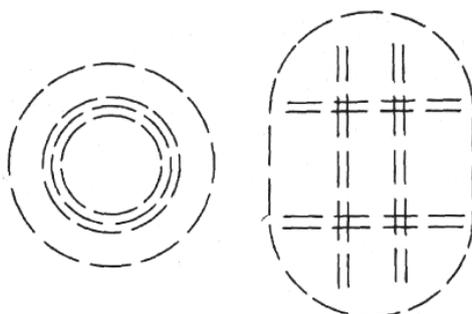
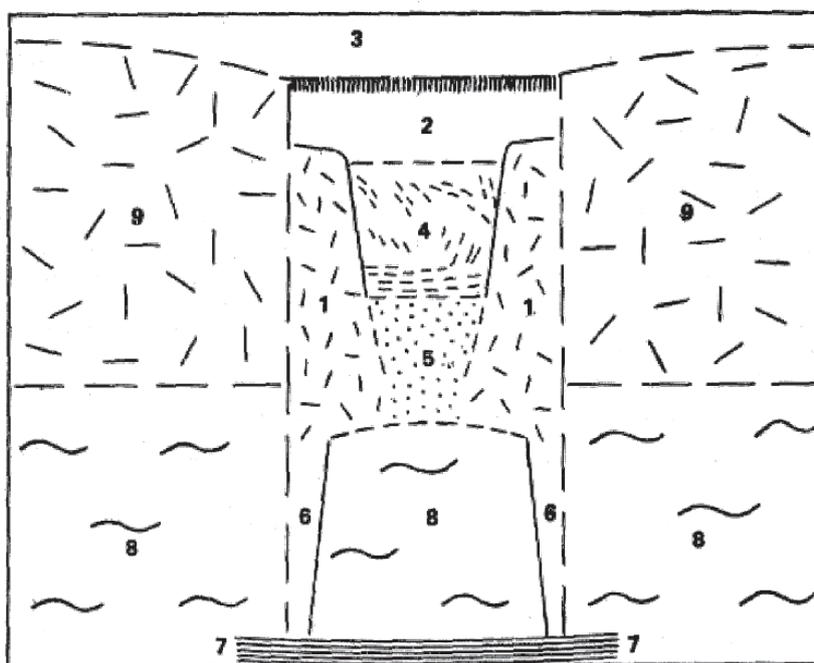


Рис. 2. Изменение профиля болота в ходе имитационного эксперимента, $D = 00$ м (Ю.М. Свирежнев, 1987)



а



б

Рис. 3. Схема расположения поясов вторичных водоемкостей – обводненных разрывов на круглом и овальном верховых массивах:

(а). б – схема преобразования в озеро. 1 – оползшие под стенками мочажини блоки торфа; 2 – вода; 3 – плавающий ковер сфагновых мхов; 4 – затонувшие, слаборазложившиеся сфагнумы; 5 – торфяная взвесь, образующаяся из размокающего торфа; 6 – разрывы в торфяном дне мочажини (выходы газов и вод); 7 – озерные глины, подстилающие торфяной купол; 8 – низинные торфа (осоковые); 9 – верховые торфа (сфагновые пушицевые) [10]



Фото 2. Заболоченная поверхность в бассейне р. Пясины. Такой своеобразный рельеф образуется при морозном растрескивании пород и росте в них ледяных жил [13]

Поверхность болота, состоящая из постоянно действующих гексагональных ячеек Бернара, декорируется впоследствии растительностью и обрамляется торфяниками, заполняясь постоянно подходящими восходящими водами подземных водоносных горизонтов. Особенно наглядно они проявляются при замерзании болотного массива, где на периферии окон образуются ледяные жилы, именно они уходят на глубину, образуя дополнительные стенки ячеек. Окраины обычно или совсем не замерзают, или лёд на них наиболее тонок. Такие ячейки проявляются и при вытаивании мёрзлых горных пород, где скрепляющим материалом являются гексагональные решётки льда, но они на 80% заполнены горными породами (песчаниками, глинами, почвой).

На фото 3 представлены ячейки бывших мёрзлых горных пород, напоминающих волны диссипации на поверхности кипящей жидкости. Эти структуры не являются вторичными, как и на болоте. Они образуются сингенетично болотным системам и эволюционируют на основании второго закона термодинамики. Уменьшение энтропии при «раскристаллизации» болота идёт, в основном, за счёт более тёплых потоков из литосферы и повышенного давления в водоносных горизонтах. Болота можно рассматривать как системы раз-

грузки артезианских вод. Действительно, эксперименты показывают, что фильтрационный сток, изученный в верхнем слое торфа на округлом верховом массиве, оказался небольшим: 1 л/с на 1 км фронта стекания. Так как фронт стекания ориентирован перпендикулярно поясам «вторичных» водоёмкостей, то «окна» и озёрки никак не могли возникнуть под действием стока. Поэтому выделяют ещё один регулирующий фактор развития торфяных куполов и образования в них обводнённых поясов – это газы, заключённые в толще торфа (В.А. Фриш, 1993).

Подмечено, что по краям водоёма на торфяниках поднимаются пузырьки газа – метана, оксидов азота и др. Сфагновый мох погибает и возникают пятна чёрного полеридного торфа. Наблюдаются мелкие извержения – выбросы торфяной желчи по узким вертикальным каналам. Имеются описания настоящего фонтанирования жидкого торфа и даже воспламенения газов, выходящих из недр торфяного купола. Это явление в народе получило название «неопалимая купина». Установлено, что зимой фонтанирующие воды со дна мочажины относительно тёплые (до +6°C). Они способны проплавить ледовый покров. На круглых верховных массивах образуется специфический радиально-центрический узор тре-

щин, а на овальных – разрывы (трещины) перпендикулярны друг другу. Как считает В.А. Фриш, основная закономерность «торфяной тектоники» заключается в том, что газы, заключённые в глубинах торфяного

массива, обуславливают не только возникновение отдельных мочажин и озёрков, но и развитие принципиально различных по своей геометрии поясов на верховых массивах различной конфигурации.

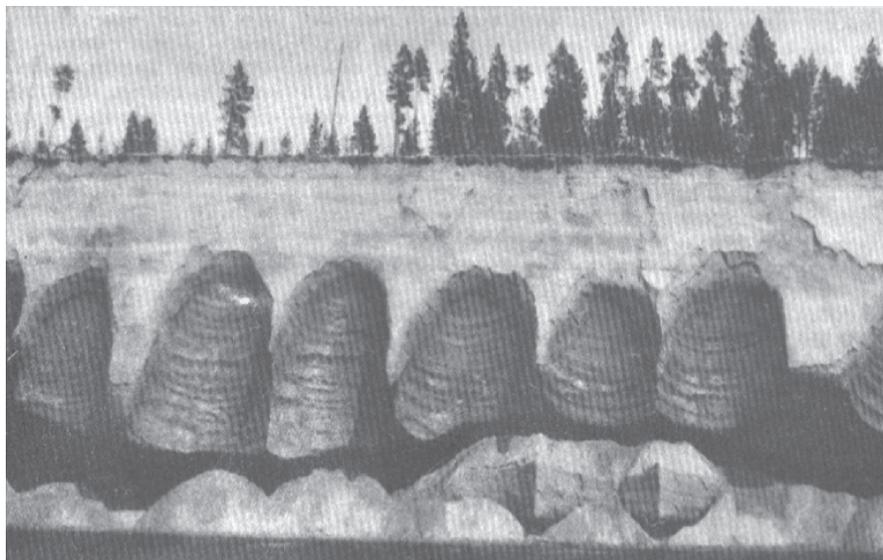


Фото 3. Фигуры вытаивания и обрушения льдистого песчаного берега р. Лены ниже Якутска. Первоначально порода представляла собой монолит, скрепленный большим количеством льда-цемента. Но достаточно какого-то внешнего воздействия (в данном случае волн от проходящих пароходов), чтобы лед начал таять и порода обрушивалась целыми блоками. (П.Ф. Швецов, Б.И. Втюрин, 1986) [13]

До недавнего времени бытовало мнение, что современные болота не имеют никакой пользы, поэтому их следует осушать везде как можно скорее и как можно больше. Преобразование природы, всё более ускоряющийся, уже привело к коренному изменению многих ландшафтов. Мелиорация вызвала значительные сдвиги в природных экосистемах многих регионов средней полосы и северо-запада Европейской части России. Например, 2–3 метровый торфяной слой болот срабатывается до минерального грунта через 10–20 лет после осушения. В Белоруссии на распаханых полях, случаются пыльные бури – в воздух поднимаются чёрные тучи пересушенного торфа. Также мелеют малые реки и ручьи – истоки крупных рек; снижается уровень грунтовых вод на прилегающих к осушенным болотам территориях; усыхают леса, сокращается генофонд болотных растений и количество перелётных птиц.

Вода болот – это огромный пока мёртвый капитал, представляющий существенный потенциальный фонд будущего, когда ещё острее станет нужда в пресной воде (фото. 4).

В настоящее время только в болотах Карелии запас воды составляет примерно 70 км³. Это столько же, сколько во всех

малых озёрах. Торфяная залежь – это архив истории за последние 10 тыс. лет. Как пишет Г.А. Елина [1], в которой заключена память о росших в лесах и на болотах, деревьях, травах, мхах. Благодаря постепенности и непрерывности нахождения торфа, из него удастся извлечь ценнейшую информацию: состав растительности лесов и болот и последовательность их смен от времени отступления ледника до современности. Распространённым элементом ландшафта Западной Сибири и Томской области в частности являются различные болота. Развитию их благоприятствует равнинный характер территории и климат [3]. Наибольшее распространение болот наблюдается к северу Томской области, и особенно в таёжной зоне, на плоских междуречных пространствах (рис. 5).

Распространённым элементом ландшафта Западной Сибири и Томской области в частности являются различные болота. Развитию их благоприятствует равнинный характер территории и климат [3]. Наибольшее распространение болот наблюдается к северу Томской области, и особенно в таёжной зоне, на плоских междуречных пространствах (см. рис. 5).



Фото. 4. Разорванные на отдельные части болота в центральной части северной Карелии.
Фото. М.И.Федорова (из работы Г.А. Елиной, 1990) [1]



Рис. 5 Схема расположения болотных ландшафтов в бассейне р.Чая в Томской области
(Ю.А. Харанжевская, 2011) [12]

Например, проведенная оценка современного состояния заболоченных территорий южно-таежной подзоны, (бассейн р. Чаи, Томская область), с учетом данных о подземном стоке, а также созданная карта преобладающих видов болотных биогеоценозов, могут быть использованы для решения водно-экологических задач и при-

нятия управленческих решений в сфере водного хозяйства, планирования, развития населенных пунктов и производственных предприятий региона [12]. Савичев в своих работах отмечает заболачивание в настоящее время территории Западно-Сибирской низменности, т.е. подтоплением Томской области, а возможно и трансгрессией Ле-

довитого океана и предлагает возобновить проект переброски северных рек в Среднюю Азию. В Карелии предыстория болот началась 12 тыс. лет назад, когда ледник последнего (Валдайского) периода начал отступать, оставляя огромное количество воды, которая скапливалась в понижениях рельефа. Постепенно вода уходила в озера, моря, океаны. Но не вся, часть её сохранилась в мелководных послеледниковых водоёмах. Потепление, наступившее 9500 лет назад, и обилие воды были «пусковым механизмом», который дал толчок к образованию болот. Дальше болота распространялись со скоростью 400 га/год и за 9500 лет заняли площадь 3,63 млн. га, т.е. около 30% территории.

В болотах местами могут накапливаться железные руды (сидерит, лимонит). Например, Бакчарское месторождение железных руд в Томской области.

Практическое значение болот заключается в использовании торфа на топливо, удобрения и для получения технических продуктов – воск, биостимуляторы, креолин, фенолы. Применяется как утеплительный материал (изоплиты), для пищи скоту. В Томске есть НИИ торфа. Томская область покрыта озёрами и болотами на 50%. В ней расположено самое крупное в мире Васюганское болото (фото. 5).

При воздействии температуры, давления и растворов, растительные остатки, деревья и торф превращается в уголь (фото. 6).



Фото 5. Бакчарский район. Болото в районе д. Сухое. Фото. В.Н. Сальникова



Фото 6. Горловский угольный разрез. Искитимский район. Новосибирская область. Фото. В.М. Литовченко

Низинные болота (эфтрофные). Располагаются в понижениях рельефа (осока, мхи, ольха, береза). Питаются грунтовыми

водами. Автотрофная растительность. Эти болота самые богатые питательными веществами. Верховые болота (олиготрофные).

Располагаются на водоразделах. Грунтовые воды глубоко. Здесь развивается олиготрофная растительность малотребовательная к содержанию питательных веществ – сфагновый мох. Образуются месторождения торфа. Верховые болота на востоке и северо-востоке Амурской области, Хабаровского края называются «мари» (фото 7). Переходные болота (мезотрофные), с мезотрофной растительностью. Для ее произрастания требуется сравнительно небольшое количество минеральных веществ. Например, многие пресные озёра Обь-Иртышского междуречья приурочены к верхним участкам речных долин – древних долин стока. К ним в первую очередь относятся озёра верхней части долины и, несмотря на ши-

рокое распространение озёр, происходит усыхание водоемов Западной Сибири. Н.А. Ярославцев (2005) предполагает, что существование и распространение многоуровневых ячеистых структур, представляет собой естественную системообразующую и необходимую составляющую Природы, которая характеризуется математическими моделями, под названием – «странный аттрактор» и возникает при самоорганизации диссипативных систем [14].

Итак, в болотах, как в неравновесных системах, мы также наблюдаем появление пространственных упорядоченных структур. Это сложная система, состоящая из ряда подсистем – вода, порода, растительность, газ, которая образует специфическую само-



Фото 7. Мари (болота). Геолого-съёмочный отряд. Район притоков верховья реки Зеи, Амурская область. Фото В.Н. Сальникова, 1965 г.

организующую геометрию пространства кристаллографии. Возникают, так называемые, временные упорядоченные структуры.

Список литературы

1. Елина Г.А. Чтобы болота не стали пустошью // Природа. – 1990. – №9. – С. 34–43.
2. Кадомцев Б.Б., Рязанов А.И. Что такое синергетика? // Природа. – 1983. – № 8. – С. 2–11.
3. Кирпотин С.Н. Ландшафтная экология с основами управления окружающей среды. – Томск: ТГУ, 2002. – 179 с.
4. Сальников В.Н. Вихрь, рванувший из болот // Свет (Природа и человек). – 1993. – № 7,8. – С. 37–38.
5. Сальников В.Н. Электромагнитные системы литосферы и техногенеза (аномальные явления // ТПИ. – Томск, 1991. – 384 С. – Доп. в ВИНТИ 18.03.91, № 1156-В91.
6. Энергоинформационная модель кристаллографической самоорганизации травертиновых чаш на примере Томской Области / В.Н. Сальников, Е.Н. Сальникова, Н.С. Новгородов, Е.С. Потялицына // Проблемы экоинформатики: матер. 6-го Межд. симп. – М., 2004. – С. 169–173.
7. Сараев В.А. Вихревые системы Земли. – Томск, 1976. – 166С. ВИНТИ, №3137-76 Деп.
8. Свирежев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. – М.: Недра, 1987. – 368 с.
9. Сергеев А.Н., Руднев С.В. JCS моделирование роста и деформации кристаллов. – Томск: Изд-во ТПУ, 1994. – 209 с.
10. Фриш В.А. «Окна» верховых болот // Природа. – 1993. – № 12. – С. 76–79.
11. Хакен Г. Синергетика. – М.: 1980. – 404 с.
12. Харанжевская Ю.А. Подземный сток бассейна р. Чая (Западная Сибирь) и его многолетняя изменчивость. автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2003 – 23 с.
13. Швецов П.Ф., Втюрин Б.И. Подземные льды // Природа. – 1986. – № 2. – С. 38–45.
14. Ярославцев Н.А. О существовании многоуровневых ячеистых энергоинформационных структур. – Омск: Полиграфический центр КАН, 2005. – 184 с.