

2 मृदावरण

महत्वाचे मुद्दे-

- पृथ्वीचे अंतरंग
- पृथ्वीच्या अंतरंगाची रचना व घटना
- वेगनरचा खंडवहन सिद्धान्त
- वेगनरच्या सिद्धान्ताचे स्पष्टीकरण
- वेगनरच्या सिद्धान्ताला पुष्टी देणारे पुरावे / गुण
- वेगनरच्या सिद्धान्तावरील आक्षेप / दोष किंवा टीका
- वेगनरच्या सिद्धान्ताचे महत्त्व डब्ल्यू. एम. डेव्हिसची क्षरणचक्र (खनन) संकल्पना
- डेव्हिसच्या सिद्धान्ताचे स्पष्टीकरण
- डेव्हिसच्या सिद्धान्ताचे गुण / सकारात्मक बाजू
- डेव्हिसच्या सिद्धान्तावरील टीका / दोष
- डेव्हिसच्या सिद्धान्ताचे महत्त्व

प्राकृतिक भूगोल या विषयाच्या अभ्यासात अनेक नैसर्गिक घटकांचा समावेश असला तरी मृदावरणाच्या अभ्यासाला या विषयामध्ये अनन्यसाधारण महत्त्व आहे. मृदावरणाचा अभ्यास हा प्राकृतिक भूगोलाच्या अभ्यासाचा पायाच समजला जातो. पृथ्वीवरील सर्वात उंच हिमालयाच्या (8848 मीटर) शिखरापासून ते पृथ्वीच्या केंद्रापर्यंत (6371 कि.मी.) सर्व भागांचा अभ्यास हा मृदावरणाच्या अभ्यासाचा भाग आहे. जीवावरणावर प्रभाव पाडणाऱ्या मृदावरणातील सर्व घटना व घटक त्यांची निर्मिती जसे की विविध खंडांची व सागराची निर्मिती व वितरण, पृथ्वीच्या अंतरंगाची रचना व घटना, हिमालयासारखे उंच घडीचे पर्वत, ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून तयार झालेले सहयाद्रीसारखे पर्वत, पठार, नर्मदा व तापीसारख्या रुंद व लांबच लांब खचदऱ्या (Rift Valley) लोणारसारखे उल्कापातातून तयार झालेले विवर (Crater) ब्लॅक फॉरेस्टसारखे गट पर्वत ही अंतर्गत हालचाल व बहिर्गत आघातातून तयार झालेली भूरूपे, तसेच अग्निजन्य खडकांच्या झिजेतून तयार झालेली दख्खनच्या पठारावरील काळी कापसाची मृदा (Black Cotton Soil), अतिपावसाच्या प्रदेशातील तांबडी मृदा (Laterite Soil), गंगा-सिंधू सारख्या नद्यांच्या खोऱ्यात तयार झालेली गाळांची मैदाने, जगाच्या विविध भागांत आढळणारी वाळवंटे, त्यातील विविध भूआकार, वाळूच्या टेकड्या याबरोबरच सागरी किनारे, सागराच्या स्वनन, संचयन क्रियेतून तयार झालेले विविध भूआकार, क्षरणचक्र (Cycle of erosion) त्यावर प्रकाश टाकणारे विविध विचारप्रवाह व सिद्धान्त (Theory's) हा सर्व मृदावरणाच्या अभ्यासाचा भाग आहे. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाबरोबरच पृथ्वीच्या अंतर्गत भागाचा अभ्यासही मृदावरणाच्या अभ्यासाचा भाग आहे. पृथ्वीच्या

अंतरंगाची रचना व घटना त्या संदर्भातील विविध शास्त्रज्ञांचे विचार, त्यातून पृथ्वीच्या अंतरंगाचे साकारलेले रेखाचित्र हा मृदावरणाच्या अभ्यासाचाच भाग आहे.

पृथ्वीचे अंतरंगाचे पुरावे

(Interior of the Earth)

'पृथ्वीचे अंतरंग हे माणसाला न उकललेले एक गूढ आहे. विविध साधनांच्या साहाय्याने मानवाने प्राचीन काळापासून खगोलशास्त्राचा अभ्यास केला आहे. काही काळापूर्वी आकाशात उंच जाणारे फुगे वापरून वातावरणाची माहिती मानवाने मिळविली. नंतर विमाने, उपग्रह व प्रचंड शक्तीच्या दुर्बीण वापरून सूर्यमाला व आकाशगंगेच्या पलीकडे त्याने पाहिले. परंतु अजून तरी अशी कोणतीही क्ष-किरणांसारखी (x-ray) साधने उपलब्ध नाहीत की ज्याच्या साहाय्याने आपण पृथ्वीच्या अंतरंगात प्रत्यक्ष डोकावू शकतो. म्हणूनच पृथ्वीचे अंतरंग हे माणसासाठी गूढ आहे. अलीकडच्या काळात विविध साधनांच्या साहाय्याने मानवाने पृथ्वीच्या अंतरंगाविषयी बरीच विश्वासाह माहिती मिळविण्याचा प्रयत्न केला आहे. परंतु त्याविषयी शंका आहेतच. पृथ्वीच्या एकूण खोलीपैकी (6371 कि.मी.) मानवाने जास्तीत जास्त खोल रशियातील पांढऱ्या समुद्राजवळ (White Sea) फक्त 12 कि.मी. खोलीपर्यंत भूपृष्ठाला छिद्र पाडून पृथ्वीच्या अंतरंगात डोकावण्याचा प्रयत्न केला आहे. एकूण पृथ्वीच्या खोलीचा विचार करता हा प्रयत्न अत्यल्प आहे. पृथ्वीच्या अंतरंगात कोठे कोणती खनिजे आहेत, अंतरंगाची रचना व घटना कशी आहे याविषयी निश्चित अशी माहिती उपलब्ध नाही. पृथ्वीच्या अंतरंगाविषयी जी काही माहिती शास्त्रज्ञांनी मिळविलेली आहे त्यातील बरीच अप्रत्यक्ष पुराव्यावरच अवलंबून आहे. तापमान, घनता, दाब, ज्वालामुखी व भूकंप लहरी यांच्या अभ्यासातून पृथ्वीच्या अंतरंगाची माहिती मिळविण्याचा प्रयत्न केला आहे.

1)तापमान (Temperature) : सुमारे 450 कोटी वर्षापूर्वी सूर्यापासून पृथ्वी अलग झाली असा काही शास्त्रज्ञांचा (इ.स. 1755 लाप्लास) अंदाज आहे. पृथ्वी सूर्यापासून अलिप्त झाली. त्या वेळी ती वायुरूप अवस्थेत होती. नंतर ती थंड होत गेली. प्रथम वरचा भाग थंड झाला. त्यामुळे त्याला घन स्वरूप प्राप्त झाले. आतील भाग मात्र अजूनही प्रचंड उष्ण, द्रवरूप व वायुरूप असावा असा अंदाज आहे. भूपृष्ठापासून जसजसे खोल जावे तसतसे दर 32 मीटर खोलीला 1° से. ने तापमानात वाढ होत जाते. खोलीनुसार तापमानात होणाऱ्या वाढीच्या दराचा विचार केल्यास सरासरी 48 कि.मी. खोलीवर 1100° से., 700 कि.मी. वर 1900° से. व 2900 कि.मी. खोलीवर 3700° से. तर पृथ्वीच्या केंद्रभागी तापमान 5000° से. पर्यंत आहे. या केंद्राकडे वाढत जाणाऱ्या तापमानावरून पृथ्वीच्या अंतरंगातील घटना व रचना कशी असेल याचा अंदाज येतो, काही ठरावीक खोलीवर तापमानात वाढ झाल्यामुळे कोणतेही खनिज वितळल्याशिवाय राहत नाही. म्हणूनच तज्ज्ञांनी अंदाज बांधला आहे की पृथ्वीचा बाह्य गाभा हा द्रवरूप आहे.

२)घनता (Density) : पृथ्वी वायुरूप, द्रवरूप व घनरूप अवस्थेतून जाताना तिथे स्वतःभोवती व सूर्याभोवती फिरणे या क्रियेत जास्त घनतेची खनिजे केंद्राजवळ संचयित झाली तर वजनाने हलकी

खनिजे पृष्ठभागालगत जमा झाली. पृथ्वीची सरासरी घनता 5.51 इतकी आहे. पृष्ठभागाजवळ असलेल्या सिलिका व अॅल्युमिनिअम (Sital sial) सारख्या हलक्या घनतेच्या खनिजांमुळे पृथ्वीची घनता 2.7 इतकी आहे तर केंद्रस्थानी संचयित झालेल्या निकेल व फेरस (Ni+fe Nife) सारख्या जास्त घनतेच्या खनिजांमुळे पृथ्वीची घनता 13.6 पर्यंत वाढली आहे. या घनतेच्या अभ्यासावरून पृथ्वीच्या अंतरंगात कोणत्या थरात किती खोलीवर कोणती खनिजे आहेत याचा अंदाज बांधता येतो.

3)दाब (Pressure) : वातावरणाचा व भूपृष्ठाचा पडणारा दाब पृथ्वीच्या अंत- रंगातील घटना व रचनेवर परिणाम करतो. एक अवकाशीय बल बरोबर 14.7 lb / sq inch या दराने वाढत जाणाऱ्या दाबाचा विचार केला तर पृथ्वीच्या केंद्रावर्ती 3.5 दशलक्ष अवकाशीय बल असेल. या पृथ्वीच्या केंद्रावरील प्रचंड दाबामुळेच केंद्रस्थानी उष्णता जास्त असूनही पृथ्वीचा केंद्रभाग घन तर बाह्य गाभा द्रवरूप आहे असा शास्त्रज्ञांनी अंदाज बांधला आहे.

4)ज्वालामुखी (Volcano) : पृथ्वीच्या अंतरंगात डोकावण्याचा आरसा म्हणून ज्वालामुखीकडे पाहिले जाते. ज्वालामुखीच्या उद्रेकाबरोबर विविध प्रकारची खनिजे, लाव्हा- रस, चिखल, विविध वायू बाहेर पडतात. त्यातून पृथ्वीच्या अंतरंगाविषयी प्रत्यक्ष व सत्य माहिती मिळते. या माहितीच्या आधारे शास्त्रज्ञांना वास्तव व खात्रीशीर अंदाज बांधता येतो.

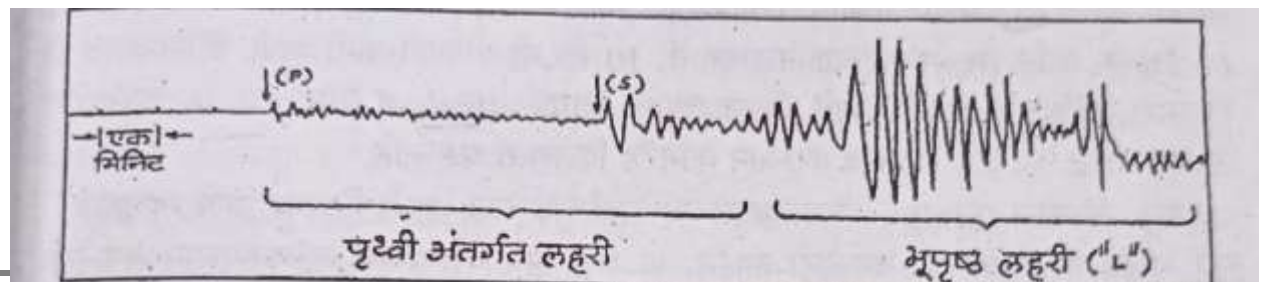
5)भूकंपलहरी (Seismic Wave) : नैसर्गिक कारणाने भूपृष्ठाखाली निर्माण झालेल्या हालचालीमुळे भूपृष्ठाला हादरे बसतात. यालाच भूकंप असे म्हणतात. भूकंपाखाली जेथे खडकातील स्थानांतर किंवा हालचाली होऊन भूकंप निर्माण होतो, त्याला 'भूकंपनाभी' किंवा 'भूकंपकेंद्र' (Earthquake Focus) असे म्हणतात. केंद्रापासून निघालेल्या लहरी भूकंपमापकावर (Seismometre) नोंदविल्या जातात. भूकंपलहरींची तीव्रता रिश्टर स्केल (Richter Scale) या एककात मोजली जाते.

भूकंपाच्या केंद्रबिंदूपासून प्रवास सुरु झालेल्या लहरींचे पूर्ण प्रवासात वर्तन कसे आहे, यावरून पृथ्वीच्या अंतरंगाविषयी बरीचशी खात्रीशीर माहिती उपलब्ध होते. भूकंपलहरी तीन प्रकारच्या असतात

(अ) प्राथमिक लहरी किंवा अनुतरंग ('P' लहरी - Primary - Waves)

(ब) दुय्यम लहरी किंवा अस्तरंग (S लहरी Secondary Waves)

(क) भूपृष्ठ-लहरी किंवा पृष्ठतरंग ('L' लहरी Surface Waves).



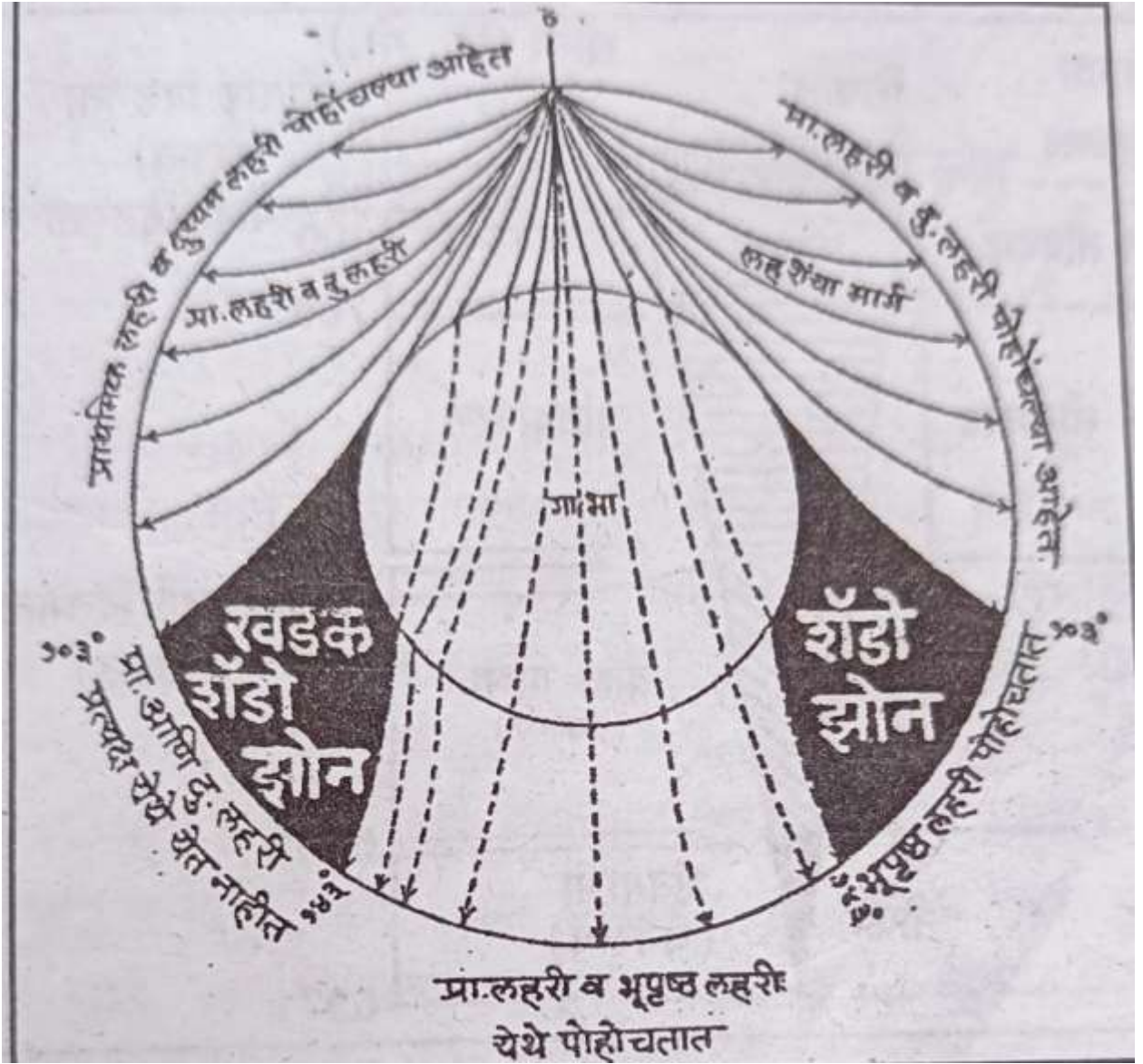
भूकंपलहरींच्या अभ्यासातून असे निदर्शनास येते की प्राथमिक व दुय्यम लहरींचा वेग लवचीक व मृदू भागांत कमी होतो तर कठीण भागातून प्रवास करताना या लहरींचा वेग वाढतो.

(अ) प्राथमिक लहरी किंवा अनुतरंग (P' लहरी Primary Waves) प्राथमिक : लहरी या सर्वांत वेगवान लहरी म्हणून ओळखल्या जातात. भूकंपमापन यंत्रावर सर्वांत अगोदर या लहरींची नोंद होते. जास्त वारंवारिता कमी लांबी व उभ्या दिशेने प्रवास करणाऱ्या म्हणून या लहरी ओळखल्या जातात. या लहरींचे वैशिष्ट्य म्हणजे अधिक घनतेच्या खडकातून प्रवास करताना त्यांचा वेग दर सेकंदाला 8 ते 14.5 कि.मी. इतका तीव्र असतो.

(ब) दुय्यम लहरी किंवा अवतरंग ('S' लहरी - Secondary Waves) : दुय्यम लहरींचा वेग प्राथमिक लहरीपेक्षा कमी असतो. त्यामुळे भूकंपमापन यंत्रावर या लहरींची नोंद उशिराने होते. या लहरींचे वैशिष्ट्य म्हणजे त्या द्रव माध्यमातून प्रवास करत नाहीत. पृथ्वीच्या अंतरंगात 2900 कि.मी. खोलीपर्यंतच त्या प्रवास करतात. तेथून पुढे जात नाहीत. यावरून असा निष्कर्ष निघतो की पृथ्वीचा 2900 कि.मी. पुढील अंतर्गत भाग द्रवरूप आहे. येथून पुढच्या भागात भूकंपमापन यंत्रावर या लहरींची नोंद होत नाही. त्यास छाया विभाग (Shadow Zone) असे म्हणतात

क) भूपृष्ठ लहरी किंवा पृष्ठतरंग ('L' लहरी - Surface Waves) : कमी वेगाने प्रवास करणाऱ्या परंतु अत्यंत विध्वंसकारी लहरी म्हणून या लहरींना ओळखले जाते. या लहरी भूपृष्ठाला समांतर प्रवास करतात. या लहरींच्या अभ्यासावरून पृथ्वीच्या पृष्ठभागाच्या रचनेची माहिती मिळते.

तापमान, घनता, वाथ, ज्वालामुखी व भूकंपलहरींचा सविस्तर अभ्यास करून भूगर्भ- शास्त्रज्ञांनी पृथ्वीच्या अंतरंगाचे एक रेखाचित्र तयार केले ते पुढीलप्रमाणे-



पृथ्वीच्या अंतरंगाची रचना व घटना

(Composition and Structure of Interior of the Earth)

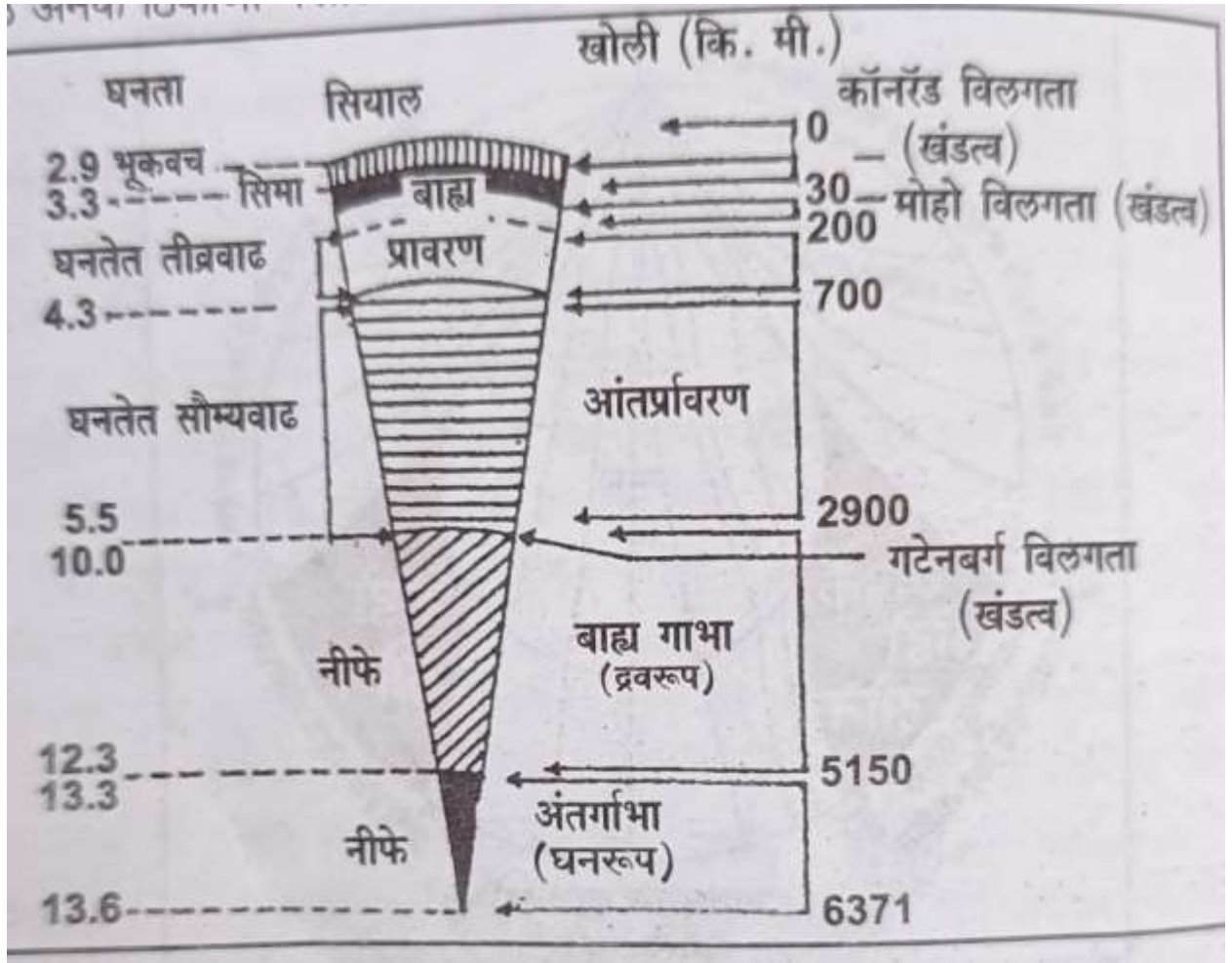
विविध साधने, निष्कर्ष व कसोट्यांचा वापर करून पृथ्वीच्या अंतरंगाची रचना व घटना अभ्यासली असता पुढीलप्रमाणे अंतरंगाचे थर व घटक आढळून येतात. पृथ्वीच्या अंतरंगाचे प्रमुख तीन व काही उपथर आहेत.

1)शिलावरण किंवा कवच (Lithosphere or Crust) : पृथ्वीच्या बाह्य घनरूप आवरणास 'शिलावरण' किंवा 'कवच' असे म्हणतात. सामान्यतः भूपृष्ठापासून 235 कि.मी. खोलीपर्यंतच्या भागाचा समावेश शिलावरणात होतो. शिलावरणाचा 29% भाग भूमीने तर 718 भाग पाण्याने व्यापलेला आहे. पर्वतीय भागात शिलावरणाची जाडी 60 कि.मी. पर्यंत तर सागराच्या तळावर ती 10 कि.मी. पेक्षाही कमी आहे. शिलावरणाची सरासरी जाडी 335 कि.मी. आहे. शिलावरणाचे सियाल (Sial) व सिमा (Sima) असे दोन उपथर आहेत. या दोन थरांच्या दरम्यान कॉनरॅड विलगता थर आहे.

अ)सियाल (Sial): "शिलावरणाच्या सर्वांत वरच्या थरास सियाल असे म्हणतात." सर्व भूखंडे ही सियालची बनलेली आहेत. हा थर कमी वजनाच्या खजिनांपासून बनलेला असून या थरात सिलिका (Si) व अॅल्युमिनिअम (Al) ही मूलद्रव्ये मोठ्या प्रमाणात आढळतात. म्हणून या थरास (Si + Al Sial) सियाल या नावाने ओळखतात. या घराची सरासरी जाडी 29 कि.मी असून घनता 2.7 इतकी आहे. सियाल थरामध्ये प्राथमिक भूकंप- लहरींचा वेग दर सेकंदाला 5.6 कि.मी. असतो तर दुय्यम लहरींचा वेग दर सेकंदाला 3.2 कि.मी. पेक्षा कमी असतो. सियाल हा थर प्रामुख्याने ग्रॅनाईट या खडकांपासून बनलेला आहे. काही ठिकाणी ग्रॅनाईटचे रूपांतरित खडकात रूपांतरण झाले आहे. ज्वालामुखीच्या उद्रेकांमुळे अनेक ठिकाणी बेसॉल्टचे आवरण तयार झाले आहे.

ब) सिमा (Sima) : "शिलावरणातील सियाल घराच्या खालील घरास सिमा असे म्हणतात." सिमा या घरात सिलिका (Si) व मॅग्नेशिअम (Ma) या दोन मूलद्रव्यांचे प्रमाण अधिक असल्याने यास सिमा ((Si+Ma Sima) या नावाने ओळखतात, भूमिखंडांखाली सिमाची जाडी 13 कि.मी. तर सागरतळावर ती 3 से 5 कि.मी. पर्यंत आहे. सिमा थराची घनता 2.9 ते 3.3 एवढी आहे. या घरात बेसॉल्ट व बोगटातील खडक आढळतात. या धरातून प्राथमिक भूकंपलहरी दर सेकंदाला 6.4 कि.मी. ते 7.2 कि.मी. वेगाने प्रवास करतात तर दुय्यम लहरी दर सेकंदाला 3.2 ते 4 कि.मी. वेगाने प्रवास करतात. महासागरांचे तळ मुख्यतः सिमा घरापासून तयार झाले आहेत. सिमा घराची घनता सियाल घरापेक्षा जास्त आहे.

क)कॉनरॅड विलगता थर (Conrad Discontinuity): "सियाल व सिमा घरांच्या दरम्यान जेथे घनता बदलते त्या थरास 'कॉनरॅड विलगता' थर असे म्हणतात." 1925 साली अमेरिकन भूकंपशास्त्रज्ञ व्हिक्टर कॉनरॅड यांनी हा थर शोधलेला असून त्यांच्याच नावाने या घरास ओळखतात.



३) प्रावरण (Mantle) : “शिलावरण किंवा कवच व गामा यांच्या दरम्यान असलेल्या थरास प्रावरण असे म्हणतात.” प्रावरणाची खोली 2900 कि.मी. पर्यंत आहे. प्रावरण या थराने पृथ्वीच्या एकूण घनफळापैकी 83% भाग व्यापलेला आहे. प्रावरणाची घनता 3.1 ते 5.6 च्या दरम्यान आहे. प्रावरणाचे बाह्य प्रावरण व अंतप्रावरण असे दोन वर असून शिलावरण व प्रावरणाच्या दरम्यान मोहो विलगता थर आहे.

अ) मोहो विलगता (खंडत्व) थर (Moho Discontinuity): “शिलावरण व प्रावरण यांना विलग करणाऱ्या थरास मोहो विलगता थर या नावाने ओळखतात.” क्रोएशियन भूकंपशास्त्रज्ञ अँड्रिज मोहोरोव्हिसिक यांनी 1909 च्या दरम्यान या खंडत्व घराचा शोध लावला. या थरात भूकंपलहरींचा वेग एकदम वाढतो.. (ब) बाह्य प्रावरण (Outer Mantle) : बाह्य प्रावरणाचा विस्तार शिलावरणाच्या खाली 700 कि.मी. पर्यंत आढळतो. या थरात ऑलिव्हिन 60 ते 70% व पायराक्झिन 15 ते 20% ही मूलद्रव्ये आढळतात. बाह्य प्रावरणाची सरासरी घनता 4.3 च्या दरम्यान आहे. भूगर्भीय हालचालींचा मुख्य उगमस्रोत बाह्य प्रावरणासच मानतात. बाह्य प्रावरणाच्या वरच्या भागात भूकंपलहरींचा वेग एकदम मंद होतो. (क) अंतप्रावरण (Inner Mantle) पृथ्वीच्या अंतरंगात 700 ते 2900 कि.मी. खोलीपर्यंत

अंतप्रवरण आहे. अंतवरणात अधिक घनतेची सिलिका द्रव्ये व विविध ऑक्साइड्स सापडतात. अशाच प्रकारची द्रव्ये उल्कांच्या आंतरभागात असतात. प्रावरणाची रचना उल्कांच्या अभ्यासावरून चांगली समजू शकते. प्रावरणास पृथ्वीच्या अंतर्गत शक्तीचे भांडार व उगमस्थान समजले जाते.

3)गाभा (Core) : “पृथ्वीच्या अंतरंगात 2900 कि.मी. पासून 6371 कि.मी. पर्यंत म्हणजे केंद्रापर्यंतच्या भागास ‘गाभा’ असे म्हणतात.” पृथ्वीच्या एकूण घनफळापैकी 16% घनफळ गाभ्याचे आहे. तर गाभ्याचे वस्तुमान 32% आहे. गाभ्याची घनता 9.5 पासून 13.6 पर्यंत वाढत गेलेली आहे. येथे तापमानात व दाबात प्रचंड वाढ झालेली दिसते.. गाभ्याचे तीन उपथर असून गटेनबर्ग हा गाभा व प्रावरण या दोघांचा विभाजक थर आहे.

अ)गटेनबर्ग बिलगता घर (Gutenberg Discontinuity) प्रावरण व गामा यांच्या सीमावर्ती भागास ‘गटेनबर्ग बिलगता’ असे म्हणतात.” जर्मन-अमेरिकन “ भूकंपशास्त्रज्ञ बेनो गटेनबर्ग यांनी या घराचा शोध 1914 साली लावला. या घरातही घनता व भूकंप लहरींच्या वेगात एकदम बदल झालेला दिसतो.

ब) बाह्य गाभा (Outer Core) पृथ्वीच्या अंतरंगात बाह्य गाम्याचा विस्तार 2900 कि.मी. पासून 5150 कि.मी. खोलीपर्यंत आहे. बाह्य गाभ्याचे खास वैशिष्ट्य म्हणजे या घरातून दुय्यम ‘S’ लहरी प्रवास करू शकत नाही. यावरून हा भाग द्रवरूप आहे. या निष्कर्षाप्रत भूगर्भशास्त्रज्ञ आले आहेत. बाह्य गाम्याची घनता 10 ते 12.3 इतकी आहे. (क) अंतर्गाभा (Inner Core) : अंतर्गाभा भूपृष्ठापासून 5150 कि.मी. ते 6371 कि.मी. खोलीपर्यंत म्हणजे पृथ्वीच्या केंद्रापर्यंत आढळतो. गाभ्याची घनता 13.3 ते 13.6 पर्यंत आहे. पृथ्वीचा गाभा निकेल (Ni) व लोह (Fe) या मूलद्रव्यांपासून बनलेला असल्याने त्यास निफे (Ni + Fe Nife) या नावाने ओळखतात. पृथ्वीच्या गाभ्यात निकेल = व लोहाचे प्रमाण 80% तर सिलिका व इतर मूलद्रव्यांचे प्रमाण 20% आहे. जास्त वजनाच्या मूलद्रव्यांमुळे गाभ्याची घनताही जास्त आहे. केंद्रस्थानी प्रचंड तापमान असूनही हा भाग घनरूप आहे. यामागे पृथ्वीच्या केंद्रावर असलेला प्रचंड दाब हेच कारण असावे असे तज्ज्ञांचे मत आहे. वरील पृथ्वीच्या अंतरंगाचे भूगर्भशास्त्रज्ञांनी विविध निकष वापरून साकारलेले रेखाचित्र पृथ्वीच्या अंतरंगाचे गूढ बऱ्याच अंशी सोडविण्यास मदत करते.

वेगनरचा खंडवहन सिद्धान्त

(Wagner's Continental Drift Theory)

सध्या अस्तित्वात असलेले सात खंड व चार महासागर यांची रचना कशी झाली असावी ? पृथ्वीच्या निर्मितीबरोबरच ही रचना अस्तित्वात होती की काळाच्या ओघात पृथ्वीवर काही उलथापालथ होऊन सध्याची रचना अस्तित्वात आली. या रचनेत काही बदल होत आहेत काय ? या निर्मितीमागील कारणे व शक्ती कोणत्या भूपृष्ठरचनेविषयीचे हे व असे अनेक प्रश्न भूगर्भशास्त्रांपुढे पूर्वीपासूनच निर्माण होत आहेत. फ्रान्सीस बेकन या इंग्रज तत्ववेत्त्याने इ.स. 1620 मध्ये प्रथम खंड व महासागर यांच्या वितरणाचा विचार व्यक्त केला. त्याने जगाचा नकाशा कापून सर्व खंड जोडण्याचा प्रयत्न केला. त्याच्या असे निदर्शनास आले की युरोप व आफ्रिका या खंडांची पश्चिम किनारपट्टी व उत्तर तसेच दक्षिण अमेरिकेचा पूर्व किनारा यात बराच सारखेपणा आहे. त्यानंतर अँटोनिओ शनीडर या फ्रेंच भूगोलतज्ज्ञाने 1858 साली बेकनच्या मताला सहमती दर्शविली. परंतु शास्त्रीय प्रगतीच्या अभावामुळे ते खंड व महासागराच्या वितरणावर शास्त्रीय दृष्टिकोनातून मत मांडू शकले नाही.

आल्फ्रेड वेगनर (1880-1930)

त्यानंतर मात्र 1912 साली वेगनर या शास्त्रज्ञाने भरपूर पुराव्यांच्या आधारे भूखंडे व महासागरांच्या वितरणावर आधारित सिद्धान्त मांडला. आल्फ्रेड वेगनर या जर्मन हवामान, भूशास्त्र व वनस्पतिशास्त्राच्या अभ्यासकाने सध्या अस्तित्वात असलेल्या खंडांचे वहन झालेले आहे, असे गृहीतक शास्त्रीय दृष्टिकोनातून सर्वप्रथम मांडले.

1912 साली आल्फ्रेड वेगनरने त्यांचा जगप्रसिद्ध भूखंडवहनाचा सिद्धान्त प्रसिद्ध केला. 1915 साली त्याने आपल्या जर्मन भाषेत प्रसिद्ध केलेल्या भूखंड व महासागराची उत्पत्ती 'Origin of Continents and Ocean' या ग्रंथात हा सिद्धान्त भरपूर पुराव्यानिशी ठामपणे मांडला. त्यानंतर 1924 साली त्याचा हा ग्रंथ प्रथम इंग्रजी भाषेत प्रसिद्ध झाला तोपर्यंत त्याच्या या खंडवहनाच्या सिद्धान्तास जगन्मान्यता मिळाली होती.

वेगनरच्या सिद्धान्ताचे स्पष्टीकरण

वेगनरच्या मते पृथ्वीच्या अंतरंगाची रचना वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांनी बनलेल्या थरांच्या स्वरूपात असून सिलिका व अँल्युमिनिअमसारख्या कमी घनतेच्या मूलद्रव्यांपासून बनलेले भूखंड (सियाल) हे सिलिका व मॅग्नेशिअमसारख्या जास्त घनतेच्या (सिमा) थरावर तरंगत आहेत.

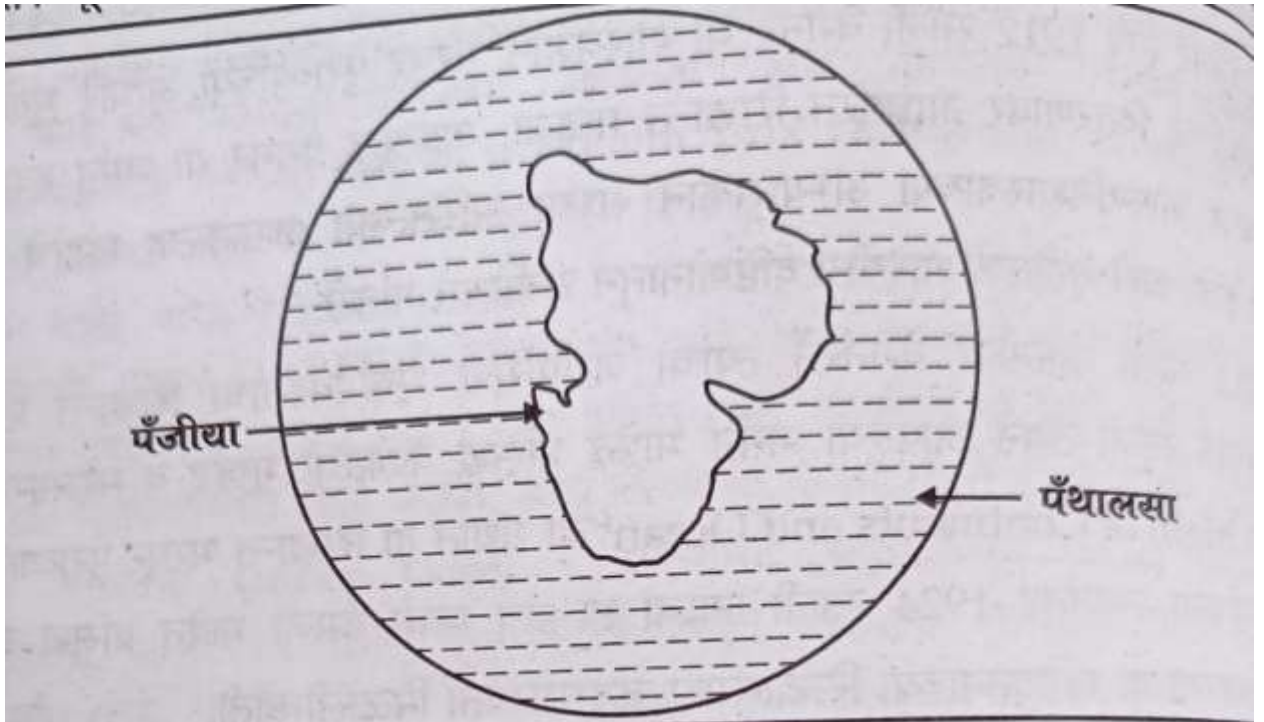
हवामानशास्त्र, 'भूशास्त्र व वनस्पतिशास्त्राचा अभ्यासक असलेल्या वेगनरला प्राचीन काळातील हवामानविषयक खुणा तसेच वनस्पती व प्राणी यांचे अवशेष यात वेगवेगळ्या खंडांत बरेच साम्य आढळले. उष्ण कटिबंधात हिमावर्णाचे अवशेष आढळले. त्यावरून त्याने काही गृहीतके धरली की -

1) एकतर सध्या अस्तित्वात असलेल्या हिमावर्णाच्या खुणा, वनस्पती व प्राण्यांची जीवाश्मे यांच्या अस्तित्वावरून सध्याचे हवामान कटिबंध बदललेले असतील व भूखंडे स्थिर असतील किंवा

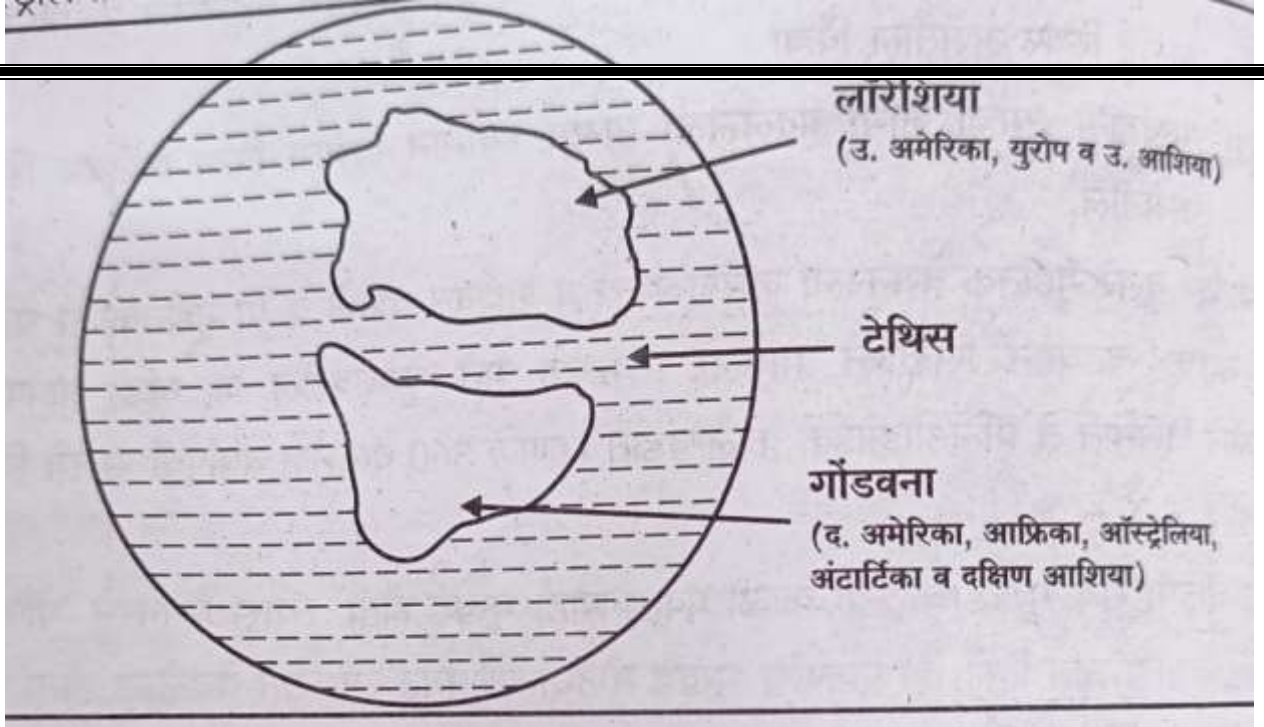
2) भूखंडांनी त्यांची जागा बदललेली असून हवामान विभाग किंवा कटिबंध स्थिर असतील.

यातील दुसरे गृहीतक वेगनरला जास्त सत्य व शाश्वत वाटले व या गृहीतकाला धरून त्याने त्याचा खंडवहन सिद्धान्त मांडला. त्याच्या मते पृथ्वीवरील जे खंड आपणास विखुरलेले दिसतात ते पॅलिओझोईक कालखंडात म्हणजे 360 दशलक्ष वर्षांपूर्वी सलग किंवा एकत्र होते.

सध्याच्या सर्व भूखंडांचा त्या काळी एकच मोठा भूखंड होता. त्यास वेगनरने 'पॅजिया' (Pangea) असे नाव दिले. हा एकसंध भूखंड मोठ्या खोलगट सागराने वेढलेला होता. त्या महासागरास त्याने पॅथालसा (Panthalasa) असे नाव दिले. पुढे कार्बोनिफेरस कालखंडात साधारणतः 300 दशलक्ष वर्षांपूर्वी काही अद्भुत शक्तीमुळे घडामोडी होऊन पॅजियाचे विभाजन दोन भागांत झाले. पॅजियास पूर्व-पश्चिम दिशेत मोठी भेग पडली व त्याचे उत्तर व दक्षिण असे दोन भाग झाले. उत्तरेकडील भागास लॉरेशिया (Laurasia) आणि दक्षिणेकडील भागास गोंडवना (Gondwanaland) अशी नावे त्याने दिली. लॉरेशिया व गोंडवनाच्या दरम्यान एक लांब अरुंद असा द्रोणी भाग किंवा समुद्र निर्माण झाला. या समुद्रास 'टेटिस' (Tethys) असे नाव दिले. सध्या मात्र हा टेटिस समुद्र अस्तित्वात नसून नंतरच्या हालचालीमुळे त्याचा लोप होऊन तेथे हिमालय वा वली पर्वताची निर्मिती झाली आहे. भूमध्य व तांबडा समुद्र हे त्या काळातील टेटिस समुद्राचे अवशेष आहेत. लॉरेशियामध्ये सध्याचे उत्तर अमेरिका, युरोप व उत्तर आशिया खंड होते तर दक्षिणेकडील गोंडवनामध्ये द. अमेरिका, आफ्रिका, दक्षिण आशिया, अंटार्क्टिका व ऑस्ट्रेलिया खंडांचा समावेश होता.



त्यानंतर मेसोझोईक कालखंडात साधारणतः 245 ते 266 दशलक्ष वर्षांच्या दरम्यान लॉरेशिया व गोंडवना या दोन्ही खंडांचे उत्तर-दक्षिण दिशेत भेग पडून विभाजन झाले. उत्तर व दक्षिण अमेरिका



पश्चिमेकडे दूर वाहत गेला. आफ्रिका, युरोप व उत्तर-दक्षिण अमेरिकेच्या दरम्यान खोलगट भागात पाणी साठून सध्याच्या अटलांटिक महासागराची निर्मिती झाली. गॉडवना या मुख्य भागाचे विखंडन होऊन अंटार्क्टिका खंड दक्षिण ध्रुवावर आऊन स्थिरावला तर ऑस्ट्रेलिया खंड दूर आग्नेय दिशेकडे सरकला. आफ्रिकेपासून अलग झालेला भारतीय उपखंड पुन्हा उत्तरेकडे सरकला व रशियाच्या मूळ मूमीवर जाऊन धडकला. त्यामुळे लॉरेशिया व गॉडवना भूमीच्या दरम्यान असलेल्या टेथिस समुद्राचा लोप झाला व हिमालय या वली पर्वताची निर्मिती झाली.

खंडांच्या या हालचालींच्या दरम्यान युरोप व उ. अमेरिका खंडांच्या दरम्यान उ. अटलांटिक महासागर, आफ्रिका व द. अमेरिका खंडांच्या दरम्यान द. अटलांटिक महासागर आफ्रिका, ऑस्ट्रेलिया व भारतीय उपखंडाच्या दरम्यान हिंदी महासागर तर आशिया व उत्तर अमेरिकेच्या दरम्यान उ. पॅसिफिक व ऑस्ट्रेलिया व दक्षिण अमेरिकेच्या दरम्यान दक्षिण पॅसिफिक महासागराची निर्मिती झाली.

वेगनरने त्याच्या या सिद्धान्तात पर्वतांच्या निर्मितीवरही प्रकाश टाकला आहे. वेगनरच्या मते भूखंड सरकण्याच्या या प्रक्रियेत सागरतळावर साचलेल्या गाळावर प्रचंड दाब पडून सध्याच्या वळी पर्वतांची निर्मिती झाली असावी. त्यासाठी त्याने काही उदाहरणेही दिली. उत्तर व दक्षिण अमेरिका पश्चिमेकडे सरकल्यामुळे पॅसिफिक महासागरातील गाळास घड्या किंवा वळ्या पडून उत्तर अमेरिकेच्या पश्चिम किनारपट्टीवर रॉकिज तर दक्षिण अमेरिकेच्या पश्चिम किनारपट्टीवर अँडिज या घडी पर्वताची निर्मिती झाली. त्याचप्रमाणे लॉरेशिया व गॉडवना हे भूखंड परस्परांकडे सरकल्यामुळे त्यांच्या दरम्यान असलेल्या टेथिस समुद्राच्या तळावर साचलेल्या गाळास घड्या पडून हिमालय व आल्प्स या पर्वतांची निर्मिती झाली असावी. याबरोबरच खडकांच्या निर्मिती प्रक्रियेवरही वेगनरने आपल्या सिद्धान्तात प्रकाश टाकला आहे.

वेगनरच्या सिद्धान्ताला पुष्टी देणारे पुरावे / गुण

वेगनरने आपल्या सिद्धान्ताची सत्यता पटविण्यासाठी पुढील काही पुरावे दिले आहेत.

1)भौगोलिक पुरावा किंवा तंतोतंत जुळणारे किनारे (Jig Saw fit Coastlines) : पृथ्वीवरील भूमिखंड एकमेकांच्या जवळ आणल्यास ते एकमेकांशी तंतोतंत जुळतात. अटलांटिक महासागराच्या पूर्व व पश्चिम किनाऱ्यावरील भूभाग जवळ आणला तर तो एकमेकांस जुळतो. दक्षिण अमेरिका खंडातील ब्राझीलचा फुगवटा व आफ्रिका खंडाच्या पश्चिम भागातील गियानाचे आखात तंतोतंत जुळते.

2)भूगर्भशास्त्रीय पुरावा (Geological Evidence) : वेगनरने केलेल्या सर्वेक्षणात व संकलित केलेल्या खडकांच्या नमुन्यात अटलांटिक महासागराच्या पूर्व व पश्चिम किनाऱ्यालगतच्या प्रदेशात सापडणाऱ्या खडकांच्या गुणधर्मात व वयात तसेच पर्वत श्रेणीच्या भूगर्भीय रचना व क्रमात बरेच साम्य आहे, असे त्यास आढळून आले.

3) जीवाश्मशास्त्रीय पुरावे (Palaeontological Evidence) : खडकांत आढळणाऱ्या वनस्पती व प्राण्यांच्या अवशेषात द. आफ्रिका, दक्षिण अमेरिका येथे सिनोन्बस या सरपटणाऱ्या प्राण्यांचे अवशेष सापडतात. भारत व ऑस्ट्रेलियन किनारपट्टीत खूपच साम्य आहे, यावरून हे चारही भूभाग मूळच्या गोंडवन भूमीचे भाग असावेत हे पुराव्यानिशी वेगनरने दाखवून दिले.

4) ज्यामितीय पुरावा (Geodesy Evidence) पृथ्वीवरील वेगवेगळ्या खंडांमधील अंतरात होणाऱ्या बदलांच्या अभ्यासावरून वेगनरच्या सिद्धान्ताला पुष्टी मिळते उत्तर अमेरिका व ग्रीनलँडमधील अंतर हळूहळू वाढत आहे. इ.स. 1823 ते 1913 या 90 वर्षांच्या कालखंडात या दोन खंडांमधील अंतर 23 मीटरने वाढले आहे. आधुनिक उपकरणांच्या साहाय्याने हे अंतर मोजले असता आजही दरवर्षी या दोन खंडांमधील अंतर 2 सें.मी. ने वाढत असल्याचे दिसून येते. तर बॉक्यूअर व ओटावा यांच्यातील अंतर 34 वर्षांत 6 मीटरने कमी झाले आहे. भारतीय उपखंड आजही उत्तरेकडे अत्यंत मंद गतीने सरकत आहे.

5) जीवशास्त्रविषयक पुरावे (Biological Evidence) प्राणी व पक्ष्यांची स्थलांतर करण्याची सवय या सिद्धान्तास पुष्टी देते. युरोपच्या उत्तर भागातील स्कॅडिनेव्हिया जवळच्या बेटांवर लेमिंग नावाच्या पक्ष्यांची संख्या दर 10 ते 15 वर्षांनंतर वाढते. अन्नाचा तुटवडा भासू लागला की अन्नाच्या शोधार्थ हे पक्षी पश्चिमेकडे स्थलांतर करू लागतात व शेवटी मोठ्या प्रमाणात सागरात पडून मरण पावतात. पूर्वी खंड एकच असताना संख्या वाढल्यानंतर त्यांचे पूर्वज पश्चिमेकडे स्थलांतरित होत असावेत. काळाच्या ओघात खंड दूर सरकले. परंतु लेमिंगची पश्चिमेकडे स्थलांतराची वंशपरंपरागत प्रेरणा तशीच राहिल्यामुळे ते पश्चिमेकडे स्थलांतरित होत असावेत.

6) पुरातन हवामानशास्त्रविषयक पुरावे (Paleoclimatic Evidence) : दक्षिण अमेरिका, आफ्रिका, भारत, ऑस्ट्रेलिया या उष्ण कटिबंधीय प्रदेशात प्राचीन काळातील हिमावरणाची चिन्हे आजही आढळतात. यावरून प्राचीन काळात हा भाग हिमावरणाने आच्छादलेल्या शीत कटिबंधात असावा हेच स्पष्ट होते.

7)धुवांचे भरकटणे (Polar Wandering): वेगनरच्या मते वेगवेगळ्या कालखंडात धुवांचेही स्थानांतर झाले आहे. सध्याचा अंटार्क्टिका खंड पूर्वी दक्षिण आफ्रिकेचा भाग होता. कार्बोनिफेरस कालखंडानंतर मात्र तो दक्षिणेकडे सरकला. त्यामुळेच अंटार्क्टिका खंडावर दगडी कोळसा भूगर्भात आढळतो.

वेगनरच्या सिद्धान्तावरील आक्षेप / दोष किंवा टीका

वेगनरने त्याच्या सिद्धान्ताच्या पुष्ट्यर्थ अनेक पुरावे दिलेले असले तरी त्यावर काही टीकाही झालेल्या आहेत त्या पुढीलप्रमाणे-

1)शक्तीचा उल्लेख नाही : वेगनरने आपल्या सिद्धान्तात ज्या शक्तीमुळे अवाढव्य अशा पंजिया भूखंडाचे विखंडन झाले त्या शक्तीचा कुठेही उल्लेख केला नाही. टीकाकारांच्या मते सध्याच्या भरतीच्या शक्तीच्या एक हजार कोटी पटींनी जास्त असलेल्या शक्तीने या प्रकारची खंडवहनाची क्रिया घडू शकते. परंतु प्रचंड शक्ती पृथ्वीवर अस्तित्वात असणे शक्य नाही. एवढी प्रचंड शक्ती पृथ्वीवर असती तर पृथ्वीचे सूर्याभोवतीचे परिभ्रमण थांबले असते, जेफरी, शुच व विलिस यांनी या शक्तीचा प्रश्न उपस्थित केला आहे.

2)सागरजल पातळी व भूगर्भरचनेतील तपशिलात फरक : ग्रेगरीच्या मते पूर्वी सागरजल पातळी खोल होती. आताच्या सामुद्रधुन्या जसे की बेरिंग, जिब्राल्टर इ. त्या काळी भूमिपूल होत्या. त्यांच्या साहाय्याने प्राणी व वनस्पती जीवांचा प्रसार झाला असावा. तसेच खंडांच्या भूगर्भरचनेत जसे की ब्राझीलचा फुगवटा व गियानाचे आखात यात साम्य वाटले तरी अनेक ठिकाणी खूप फरक आढळतो.

3)खंडवहनाचा कालावधी व संडवहनाची दिशा वेगनरने आपल्या सिद्धान्तात खंडवहन क्रियेसाठी जो कालावधी दिलेला आहे त्या विषयी काही शास्त्रज्ञांनी शंका उपस्थित केली आहे. तसेच खंडवहनाच्या अचूक विशेचाही बोध या सिद्धान्तातून होत नाही.

4)सर्वच पर्वतश्रेणींचे स्पष्टीकरण होत नाही : वेगनरने हिमालय आल्प्स, रॉकी, अंडिज यांच्या निर्मितीवर प्रकाश टाकला. परंतु यातून सर्वच पर्वतश्रेणींच्या उत्पत्तीचे संपूर्ण स्पष्टीकरण होत नाही. उदाहरणार्थ, अरवलीसारखा अतिप्राचीन पर्वत.

5) ऊर्ध्वगामी हालचाल शक्य: जॉली या भूगर्भशास्त्रज्ञाच्या मते सियालच्या थरात ऊर्ध्वगामी हालचाली शक्य असून त्या वेगनरच्या मताप्रमाणे एवढ्या मोठ्या स्वरूपात क्षितिजसमांतर शक्य नाही.

6)संतुलन तत्त्वामुळे खंडांची निर्मिती संतुलन तत्त्व सिद्धान्त पुरस्कर्त्यांच्या मते भूखंड व महासागराच्या निर्मितीस खंडवहनापेक्षा संतुलन तत्त्व अधिक लागू पडते. नेऊटन, ग्रेट या तज्ज्ञांनी संतुलन तत्त्वास महत्त्व दिले आहे.

वेगनरच्या सिद्धान्ताचे महत्त्व

जागतिक मान्यता मिळालेल्या वेगनरच्या खंडवहन सिद्धान्तावर काही टीका झाल्या असल्या तरी या सिद्धान्तास पुढील दृष्टीने अनन्यसाधारण महत्त्व आहे.

1) **संशोधनास प्रेरणा** : नवीन तंत्र व संशोधनाच्या साहाय्याने मिळविलेल्या माहितीवरून वेगनरच्या सिद्धान्तास पुन्हा महत्त्व प्राप्त होऊ लागले आहे. या सिद्धान्तामुळे संशोधनास प्रेरणा मिळाली आहे. हा सिद्धान्त निरीक्षणे व शास्त्रीय पुरावे यांच्यावर आधारलेला असल्याने त्यास वैज्ञानिक व भौगोलिक बैठक आहे. वेगनरच्या सिद्धान्तामुळे नवीन संशोधनास चालना मिळाली आहे.

2) **अंटार्क्टिका खंडावरील खनिजसंपदेवर प्रकाश**: अलीकडच्या काळातील संशोधनात अंटार्क्टिका खंडावर दगडी कोळसा, युरेनिअम, तांबे ही खनिजे सापडली आहेत. सध्याच्या अतिशीत हवामानात ही खनिजे निर्माण होणे शक्य नाही. हा खंड पूर्वी गौडवना या मोठ्या खंडाचा उष्ण कटिबंधातील भाग असावा, तेथील दाट जंगल जमिनीखाली गाडले जाऊन त्यापासून दगडी कोळशाची निर्मिती झाली असावी. येथील खनिजांच्या संशोधनास वेगनरच्या सिद्धान्तामुळे चालना मिळाली आहे.

3) **चुंबकीय क्षेत्रात झालेल्या बदलांचे स्पष्टीकरण** : भूगर्भशास्त्रज्ञ स्कॉर्न यांच्या मते उत्तर व दक्षिण चुंबकीय ध्रुवांच्या स्थानात पूर्वीच्या काळात अनेक वेळा अदलाबदल झाली असावी. निरनिराळ्या खंडांतील एकाच काळातील खडकांतील चुंबकीय क्षेत्रे चुंबकीय उत्तर ध्रुवाची वेगवेगळी दिशा दाखवितात. खडकांची निर्मिती होताना त्यांच्या कणांच्या रचनेवर व कणांच्या चुंबकत्वावर पृथ्वीच्या चुंबकत्वाचा परिणाम होत असतो. खडकांतील चुंबकत्वाची ही दिशा एकच असावयास पाहिजे. परंतु खडकांच्या मूळ रचनेनंतर खंड एकमेकांपासून दूर भरकटल्यामुळे ही दिशा वेगवेगळी दिसत असावी.

4) **पर्वतनिर्मिती प्रक्रियेवर प्रकाश** : वेगनरच्या खंडवहन सिद्धान्तामुळेच सर्वात प्रथम पर्वताच्या निर्मिती प्रक्रियेवर शास्त्रीय दृष्टिकोनातून प्रकाश पडला आहे.

5) **भूखंड व महासागरांचे स्थान परिवर्तनीय** : आजही भूखंड व महासागरांचे स्थान परिवर्तनीय आहे. हे वेगनरच्या विचारांचे समर्थन आजही भूखंड व महासागरांचे स्थानांतर होत आहे. या अभ्यासासाठी उपयुक्त ठरत आहे.

डब्ल्यू. एम. डेव्हिसची क्षरणचक्र (खनन) संकल्पना

(Davis Concept of Cycle of erosion)

निर्मिती, विकास व हास हा निसर्गाचा नियम फक्त जैविक घटकांनाच लागू आहे असे नाही तर निसर्गातील सर्वच जैविक व अजैविक घटकांना तो सारखाच लागू आहे. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर अंतर्गत शक्ती (शीघ्र व मंद तसेच ऊर्ध्व व अधोगामी) व बाह्य कारकांच्या (नदी, हिमनदी, वारा, सागरी लाटा, भूमिगत पाणी इ.) प्रभावामुळे विविध भूआकारांची निर्मिती होत असते. या भूआकारांच्या

निर्मितीबरोबरच त्यांच्या विकास व ज्हासाचे चक्र सुरु होते. विदारण, क्षरण व वहन या तिन्ही प्रक्रियेच्या स्वरूपात हे चक्र फिरू लागते. त्यालाच 'अनाच्छादन' (Denudation) असे म्हणतात.

क्षरणाशिवाय अनाच्छादनाचे कार्य अपुरे राहते. क्षरण चक्रालाच 'भौगोलिक चक्र' (Geographical Cycle) 'भूरूपिकीय चक्र' (Geomorphic Cycle) किंवा 'जीवनचक्र' (Life Cycle) असे म्हणतात. भूपृष्ठाची सतत झीज होऊन भूरूपांची उत्क्रांती होत असते. या उत्क्रांती प्रक्रियेबद्दल रिशथोपेन डटन, डेव्हिस, कॉटन किंग, चोर्ले यांनी आपले विचार मांडले आहेत. यातील डब्ल्यू. एम. डेव्हिस यांनी भूरूपांच्या उत्क्रांतीविषयी मांडलेला सिद्धान्त 'क्षरणचक्राची' संकल्पना' (Concept of Cycle of Erosion) या नावाने प्रसिद्ध आहे.'

विलियम डेव्हिस (1850-1934)

विलियम मॉरिश डेव्हिस (W. M. Devis) या अमेरिकन भूरूपशास्त्रज्ञाने 1884 साली भूरूपांची उत्क्रांती कशी होत असावी याविषयी शास्त्रीय स्वरूपात आपले विचार मांडले, हेच त्याचे विचार पुढे 'डेव्हिसची क्षरणचक्र संकल्पना' (Davis Concept of Cycle Erosion) म्हणून प्रसिद्ध झाली. डेव्हिसच्या विचारांवर उत्क्रांतिवादाचा जनक चार्ल्स डार्विनच्या विचारांचा प्रभाव होता. त्याने भूरूपांचेही जीवनचक्र आहे असे स्पष्ट केले. डेव्हिसने त्याच्या अखेरपर्यंत (1934) या संकल्पनेचा पुरस्कार केला.

डेव्हिसच्या सिद्धान्ताचे स्पष्टीकरण

डेव्हिसच्या मते नव्यानेच उंचावलेल्या किंवा समुद्रातून बाहेर आलेल्या भूपृष्ठावर क्षरणाचे कारक (Agent of Erosion) कार्य करतात व या क्षरण कार्यामुळे हळूहळू उंच भाग झिजत जातो व शेवटी निम्नतम पातळीशी किंवा सागरपातळीशी समपातळी राखलेले अतिमंद उताराचे सपाट प्रदेश निर्माण होतात. त्याच्या मते कोणतेही भूरूप विकसित होताना किंवा उत्क्रांत होताना तीन घटकांचा सहभाग अत्यंत महत्त्वाचा असतो. ते तीन घटक म्हणजे-

(1) संरचना (Structure)

(2) प्रक्रिया (Process)

(3) कालावस्था (Time or Stage)

या घटकांनाच डेव्हिसचे 'घटकत्रयी' 'Trio of Davis' असे म्हणतात. त्यांच्या मते "प्रत्येक भूदृश्य तेथील भूसंरचना, क्षरण प्रक्रिया व कालावस्था यांच्या परिणामातून घडत असते. " डेव्हिस

"Landscape is a function of structure, process and stage (time)". भूपावरील जास्तीत जास्त क्षरणाचे कार्य वाहत्या पाण्यामुळे होते. म्हणून डेव्हिसने त्याच कारकाचा विचार करून आपला सिद्धान्त मांडलेला आहे असे असले तरी इतर कारकांनी निर्माण केलेल्या भूरूपांनाही त्याचा हा

सिद्धान्त लागू पडतो. क्षरण क्रिया होताना नुसते पाणी वाहिले व क्षरण क्रिया घडून आली असे साधे सरळ हे काम नाही. त्यासाठी डेसिसच्या वरील घटकवरींची विचार करावा लागतो.

- (1) **संरचना (Structure)** भूप्रदेशाची संरचना ही संकल्पना डेव्हिसने अत्यंत व्यापक अर्थाने घेतलेली आहे. क्षरण क्रियेत खडकाचा प्रकार, खडकातील मेगा, संधी, खडकाची सच्छिद्र स्तररचना, कठीणपणा, मृदुपणा, या विविध स्तरांतील खडकांचे रासायनिक गुणधर्म हे सर्व घटक वेगवेगळ्या स्वरूपात झरणाच्या कार्यावर प्रभाव पाडत असतात. या घटकांच्या स्वभावगुणधर्मानुसार भूरूपाचा विकास होत असतो.
- (2) **प्रक्रिया (Process)** डेव्हिसला अंतर्गत व बहिर्गत शक्तीमुळे निर्माण झालेली भूरूपे अभिप्रेत आहेत. यात भूपाची झीज व भरण करणाऱ्या नानाविध कारकांच्या संयुक्त कार्याचा विचार केला जातो. पाणी, वारा, बर्फ, गुरुत्वाकर्षण अशा अनेक शक्ती वर कार्य करित असतात. परंतु जलप्रवाह हेच सामान्यपणे जोरदार कार्य करत असल्याने क्षरणचक्राची चर्चा जलप्रवाहाच्या संदर्भातच होते. आर्द्र व समशीतोष्ण हवामानाच्या पात जलप्रवाह प्रभावी कारक असतात. नदी आपले कार्य करताना 'V' आकाराची दरी तयार करते तर हिमनदी 'U' आकाराची दरी तयार करते. थोडक्यात, भूरूपांच्या निर्मितीवर व आकारावर तेथील हवामानाचाही प्रभाव पडलेला असतो.
- (3) **कालावस्था (Time / Stage)** : कालावस्था (Stage) हा केवळ अनाच्छादन प्रक्रियेस लागणारा काळ या अर्थाने येथे घेतलेला शब्द नसून भूमी स्वरूपाच्या बदलाची ती एक अवस्था आहे. झीज भर करणाऱ्या कारकांनी विशिष्ट भूदृश्यांमध्ये कालगतीनुसार कितपत बदल केले त्याचा तो एक आढावा असतो. क्षरणचक्राच्या विकासाचे युवावस्था, प्रौढावस्था व वृद्धावस्था असे तीन गट असले तरी त्यांचा निश्चित कालखंड नसतो. भूसंरचना व भूरूपांवर कार्य करणाऱ्या शक्ती यांच्या परस्पर प्रक्रियेतून भूरूपांची उत्क्रांती होत असते. अरुंद दऱ्या संद होतात किंवा टेकड्यांची उंची कमी होते. हा विकास अव्याहत सुरू असतो.

भूरूपांचे निरीक्षण, परीक्षण व विश्लेषण करून विविध कालावस्था (Stages) ठरवाव्या लागतात. नदीच्या अपक्षय चक्रात काळाच्या ओघात भूआकारांची निर्मिती कशी होते हे। पुढील अवस्थांवरून स्पष्ट होते.

अ) युवावस्था/ तारुण्यावस्था (Youth Stage) : डेव्हिसच्या मते भू-हालचालींमुळे जमीन सागरपातळीच्या वर उचलली जाऊन एक नवा भूप्रदेश निर्माण होतो. आर्द्र प्रदेशात पाण्याच्या प्रवाहांमुळे भूदृश्याला दऱ्याखोऱ्यांचे व पर्वतश्रेण्यांचे स्वरूप प्राप्त होते. त्याला अनुसरून जलप्रवाह वाह

लागतात. या प्रकारच्या प्रवाहाला अनुवर्ती (Consequent) प्रवाह असे म्हणतात. अनुवर्ती प्रवाह झपाट्याने खनन करून दरीची खोली वाढवतात. युवावस्थेत पुढील भूरूपे तयार होतात. (i) 'V' आकाराच्या दऱ्या, (ii) घळई, (iii) धावत्या / धावऱ्या, (iv) धबधबे, (v) उंच व विस्तृत जलविभाजक इत्यादी.

युवावस्थेच्या उत्तर काळात मुख्य जलप्रवाहाला उपप्रवाह येऊन मिळतात, त्यामुळे दऱ्यांचे उतार मागे-मागे झिजत जातात.

ब) प्रौढावस्था (Mature Stage) : या अवस्थेत दऱ्याचे तळ खोदण्याचे कार्य मंद होते व काठ किंवा बाजू वेगाने खणल्या जातात. वरीची रुंदी वाढून तिचा विकास होऊ लागतो. यामागील महत्त्वाचे कारण म्हणजे निम्नतम पातळीचा प्रभाव होय. सागरपातळीला पॉवेलने (1875) निम्नतम पातळी म्हटले आहे. या अवस्थेत नदीप्रवाहात धबधब्यांचा अभाव आढळतो. नदीपात्रात प्रौढावस्थेत पुढील भूरूपे निर्माण होतात. (i) नागमोडी वळणे (ii) पूरतट (iii) पुरमैवाने इत्यादी

क) वृद्धावस्था (Old Stage) : या अवस्थेत नदीप्रवाह फारच संध होतो. अपक्षय क्रियेचा जवळजवळ अभाव असतो. भूपृष्ठाचा उतार 5 अंशाहूनही कमी होतो. येथे नदीचे क्षरणापेक्षा भरणाचे कार्य मोठ्या प्रमाणात चालते. म्हणूनच पिटर हॅगेटने (1972) या सिद्धान्तास 'क्षरण व भरणाचे चक्र' असे नाव दिले. या अवस्थेत नदीत पुढील भूरूपे तयार होतात. (i) विस्तृत पूरमैदान, (ii) कुंडालकासार सरोवरे, (iii) गाळाचे बांध, (iv) त्रिभुज प्रदेश इत्यादी.

अशा प्रकारे डब्ल्यू. एम. डेव्हिसने नवीच्या तीनस्तरीय अवस्थेतून आपले क्षरणाचे चक्र मांडले आहे.

डेव्हिसच्या सिद्धान्ताचे गुण / सकारात्मक बाजू

1. भूरूपांच्या उत्क्रांतीवर प्रकाश टाकणारा पहिला शास्त्रीय सिद्धान्त म्हणून हा सिद्धान्त ओळखला जातो.
2. डेव्हिसची क्षरणचक्राची संकल्पना अत्यंत साधी, सुस्पष्ट आणि उपयोजित स्वरूपाची आहे.
3. भूरूपांची निर्मिती, स्पष्टीकरण, विश्लेषण आणि सुलभता अभ्यासताना सिद्धान्त उपयुक्त ठरतो.
4. क्षरणचक्र संकल्पना विस्तृत व सूक्ष्म निरीक्षणावर आधारित आहे.
5. हा सिद्धान्त भूरूप उत्क्रांतीचा सामान्य परंतु अग्रगण्य सिद्धान्त म्हणून ओळखला जातो.
6. चार्ल्स डार्विनचा प्रभाव असलेल्या डेव्हिसने आपल्या सिद्धान्तात भूरूपांना सजीवांच्या जीवनक्रमाप्रमाणे अभ्यासले.
7. भूरूपांची उत्क्रांती व झीज या संबंधित अनेक प्रारूपे, सिद्धान्त व नियम विकसित होण्यास हा सिद्धान्त मदत ठरला आहे.

8. जॉन्सन व ईस्टर ब्रँड यांनी हा सिद्धान्त 'आजही अबाधित व सार्थ आहे' असे म्हटले आहे.
9. या सिद्धान्ताच्या साहाय्याने भ्रूपांच्या उत्क्रांतीबद्दल खात्रीशीर भविष्यवाणी करता येऊ शकते.

डेव्हिसच्या सिद्धान्तावरील टीका / दोष

डेव्हिसची क्षरणचक्र संकल्पना जागतिक स्तरावर स्वीकारली गेली असली तरी त्यावर काही टीकाही झाल्या आहेत त्या पुढीलप्रमाणे-

डेव्हिसने गृहीत धरले की भ्रूपांची उत्क्रांती ऊर्ध्व दिशेत अत्यंत वेगाने व अल्पकाळात भ्रूपृष्ठ उंचावून झालेली आहे. परंतु तबकडी सिद्धांतानुसार भ्रूपृष्ठ उंचावण्याची दिशा अत्यंत हळू व दीर्घकालीन आहे.

1)डेव्हिसच्या मते भ्रूपृष्ठ उंचावण्याची क्रिया पूर्ण झाल्यानंतरच क्षरणाची क्रिया सुरू होते. परंतु हे निसर्गनियमाला धरून नाही,

2)दीर्घकाळ भ्रूपृष्ठ स्थिर राहिल्यानंतर क्षरणचक्र पूर्ण होते हे डेव्हिसने धरलेले गृहीतक सत्य नाही. तबकड्यांची सतत हालचाल होतच असते. तसेच सागरतळाचाही विस्तार होत असतो, त्यामुळे त्याचे हे गृहीतक स्वीकाराई नाही.

3)अलबर्ट पैक यांनी 'क्षरणचक्र सिद्धान्त' ज्या घटकायींवर (संरचना, प्रक्रिया व कालावस्था) आधारित आहे त्यावरच प्रश्न उपस्थित केले आहेत.

डेव्हिसच्या सिद्धान्ताचे महत्त्व

जागतिक स्तरावर स्वीकारल्या गेलेल्या या डब्ल्यू. एम. डेव्हिसच्या क्षरणचक्र सिद्धान्तावर काही टीका झाल्या असल्या तरी त्याचे आधुनिक काळातील महत्त्व अनन्य- साधारण आहे. भ्रूपांच्या उत्क्रांतीविषयी विवेचन करणारा हा सिद्धान्त एक महत्त्वाचा टप्पा ठरला आहे.